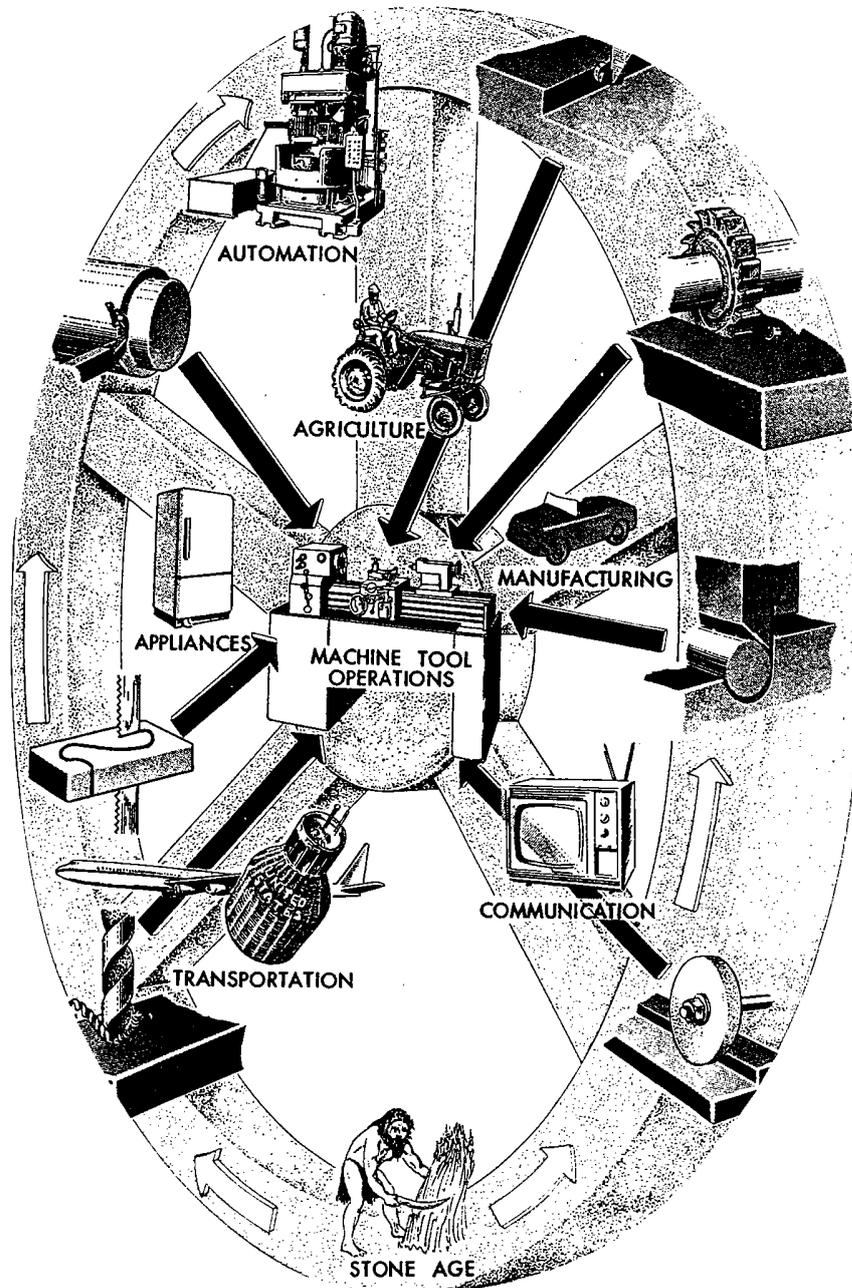


DIKTAT TEORI PEMESINAN I



Oleh :
Sutopo
Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
2004

MOTTO

- Jika anda mengharapkan sesuatu mulailah dengan berkarya dan jangan mengharapkan belas kasih dari orang lain.
- Tak ada orang yang mampu membuat anda pintar kecuali diri anda sendiri.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan sebuah diktat yang berjudul TEORI PROSES PEMESINAN I.

Lingkup materi Teori Proses Pemesinan yang sangat luas memang menjadi kesulitan yang tersendiri bagi penulis. Untuk itu diktat ini hanya berisi hal-hal yang penulis anggap penting yang berkaitan dengan materi pembelajaran Teori Pemesinan maupun Proses Pemesinan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Tujuan penulisan diktat ini adalah untuk membantu para mahasiswa semester I jurusan teknik mesin agar lebih memahami bidang pemesinan, sehingga wawasan mahasiswa menjadi luas yang pada akhirnya diharapkan dapat memberi kontribusi yang positif terhadap kemampuan lulusan dalam berkompetisi di pasar kerja maupun berwira usaha.

Penulis menyadari ketidaksempurnaan diktat ini, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar diktat ini dapat lebih sempurna di kemudian hari. Terima kasih kepada istriku Sri Lailiyah, S.Pd. dan anakku Fathnan Mahendra Assidiqie yang telah memberi dorongan semangat untuk terus berkarya, terima kasih yang tak terhingga kepada Prof. Suyanto, Ph.D selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta dan Dekan Fakultas Teknik UNY Prof. DR. H. Sugiyono, M.Pd., yang telah membuat kebijakan untuk mendanai pembuatan diktat ini. Terima kasih juga saya haturkan kepada Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menyusun diktat ini, semoga bermanfaat. Amin.

Yogyakarta, Januari 2004

Penulis,

Sutopo

DAFTAR ISI

MOTTO	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II KERJA BANGKU DAN ALAT-ALAT UKUR	6
A. KERJA BANGKU	6
1. Tempat kerja	6
2. Ragum	7
3. Pengikiran	8
4. Klasifikasi kikir	10
B. ALAT-ALAT UKUR	12
1. Alat ukur semi presisi	12
2. Alat ukur presisi	13
BAB III KLASIFIKASI DAN ELEMEN DASAR PROSES PEMESINAN	14
A. KLASIFIKASI PROSES PEMESINAN	14
B. ELEMEN DASAR PROSES PEMESINAN	23
BAB IV MESIN BUBUT	25
A. BENTUK BENDA KERJA	25
B. PRINSIP GERAKAN PAHAT PADA MESIN BUBUT	25
C. BENTUK Pengerjaan Benda Kerja di Mesin Bubut	26
D. PAHAT BUBUT	28
1. Material pahat bubut	28
2. Geometri pahat	29
3. Cara memasang pahat bubut	32
4. Kecepatan potong	33
E. ELEMEN DASAR PROSES BUBUT	36
BAB V MESIN SKRAP	38
A. GERAKAN-GERAKAN MESIN SKRAP	39
B. KOMPONEN MESIN SKRAP	40
C. ELEMEN DASAR PROSES SKRAP	43
D. MENGGATUR JUMLAH LANGKAH	45
BAB VI MESIN GURDI (BOR)	48
A. PROSES DRILLING DENGAN MESIN GURDI	48
B. MACAM, JENIS DAN BENTUK MESIN GURDI	50
C. PAHAT GURDI	54
BAB VII MESIN FREIS	57
A. DESAIN DAN TIPE MESIN FREIS	58
B. PISAU FREIS	60
C. ELEMEN DASAR PROSES FREIS	63
DAFTAR PUSTAKA	65

BAB I

PENDAHULUAN

Secara teknis proses pemesinan mulai dilakukan orang sejak diperkembangkan mesin koter (*boring machine*) oleh Wilkinson pada tahun 1775 sewaktu dipergunakan untuk membuat komponen mesin uapnya James Watt. Saat itu konsep ketelitian dan ketepatan mulai dianut secara luas.

Sampai saat ini perkembangan teknologi pemesinan sudah sedemikian tinggi dan kompleks. Tidak dapat dipungkiri bahwa proses pemesinan mendorong laju perkembangan kemajuan sebuah negara. Hampir semua barang-barang disekitar kita, dari penjepit kertas sampai dengan komponen mesin ruang angkasa adalah hasil proses pemesinan. Jadi tidaklah terlalu berlebihan apabila ada pernyataan "*Machine tools determine how much a nation produces and how well its people live*".

Walaupun kemajuan teknologi pemesinan sudah sedemikian tinggi tetapi pada awalnya kemajuan itu didasari oleh kemampuan mengoperasikan alat-alat tangan (*hand tools*). Bahkan setiap finishing hasil proses pemesinan selalu melibatkan alat-alat tangan. Berdasarkan argumen tersebut, maka dipandang masih perlu untuk membahas dan mengulas apa itu alat-alat tangan dan macamnya, sehingga walaupun sedikit dalam diktat ini akan dibahas tentang alat-alat tangan dan macamnya.

Mesin Perkakas sebagai Basis Sebuah Industri

Perhatikan gambar 1.1, bahwa dahulu gerakan manusia hanya dibatasi oleh tangan atau lengan dalam mengerjakan sesuatu. Seorang ahli teknik di bidang pengerjaan logam di jaman dahulu, hanya mengandalkan otot dan alat-alat tangan. Saat ini pengerjaan logam sudah menggunakan mesin-mesin perkakas dari yang sederhana sampai dengan yang besar dan kompleks, dengan teknologi sederhana sampai yang canggih. Tetapi pada prinsipnya, sebuah komponen yang dikerjakan oleh mesin-mesin perkakas dikelompokkan menjadi :

1. Bentuk bulat pejal (*solid concentric*)
2. Bentuk datar (*flats & flanges*)

3. Bentuk tirus (*cups & cones*)
4. Bentuk tak sepusat (*non-concentric*)
5. Bentuk spiral/pengulangan (*spiral repetitive*)

Untuk memahami kategori bentuk-bentuk hasil pengerjaan dengan mesin perkakas dapat dilihat pada gambar 1.2. Semua bentuk tersebut di atas, memerlukan pengerjaan dengan mesin perkakas agar komponen yang kita rencanakan dapat sesuai dengan standar toleransi dan kualitas pengerjaan yang diharapkan.

Biasanya walaupun mesin perkakas tidak langsung dipergunakan untuk memproduksi suatu komponen atau barang, mesin perkakas digunakan untuk membuat komponen mesin atau peralatan untuk proses produksi suatu barang tersebut. Jadi tanpa adanya mesin-mesin perkakas proses kemajuan yang dicapai oleh manusia tidak akan terjadi seperti sekarang ini.

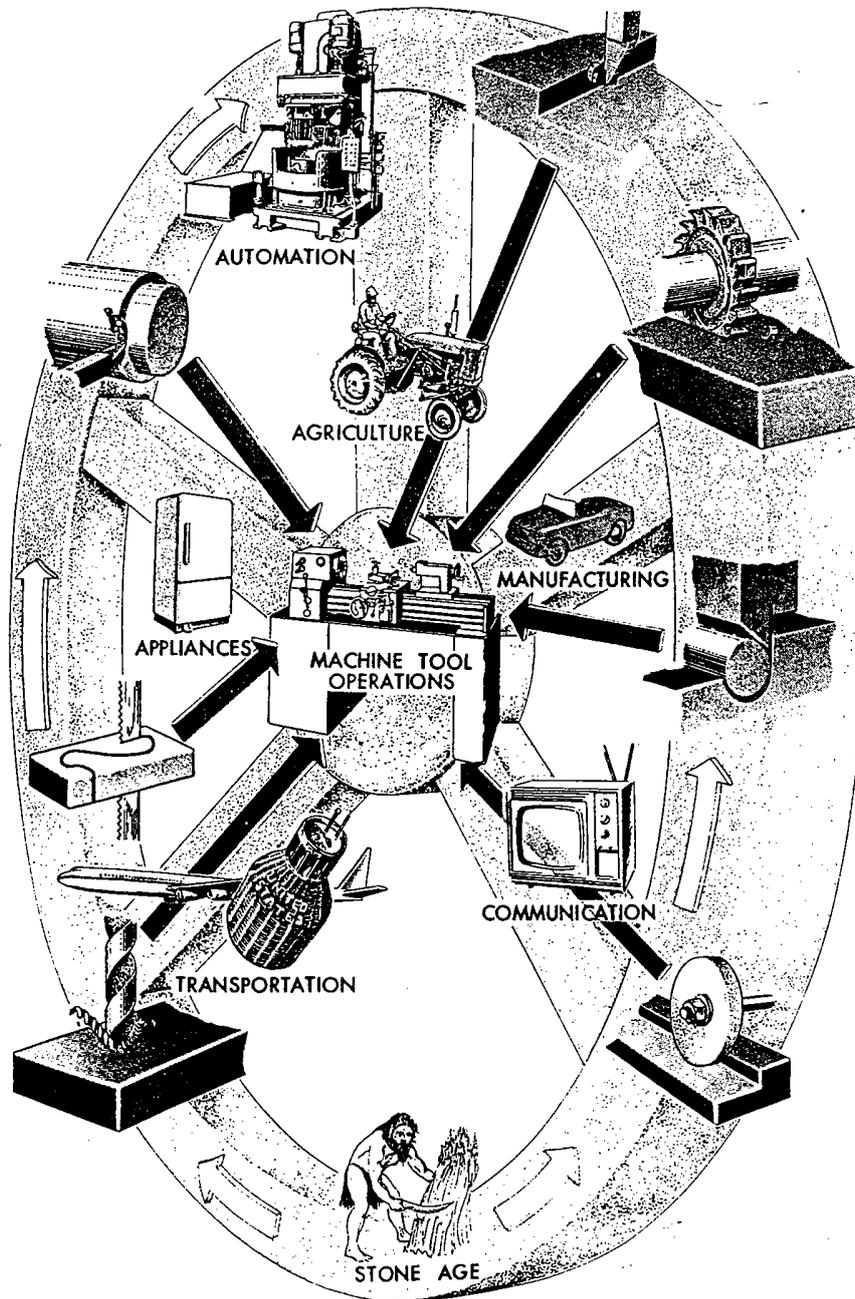
Pengertian Mesin Perkakas

Apa yang dimaksud mesin perkakas ?. Menurut "*The National Tool Builders Association*" mesin perkakas adalah "*a power driven machine not portable by hand, used to shape or form metals or materials by cutting, impacting, eroding, deplating or combination of these processes*".

Dari pengertian di atas mesin perkakas dikelompokkan dalam tiga kategori besar yaitu :

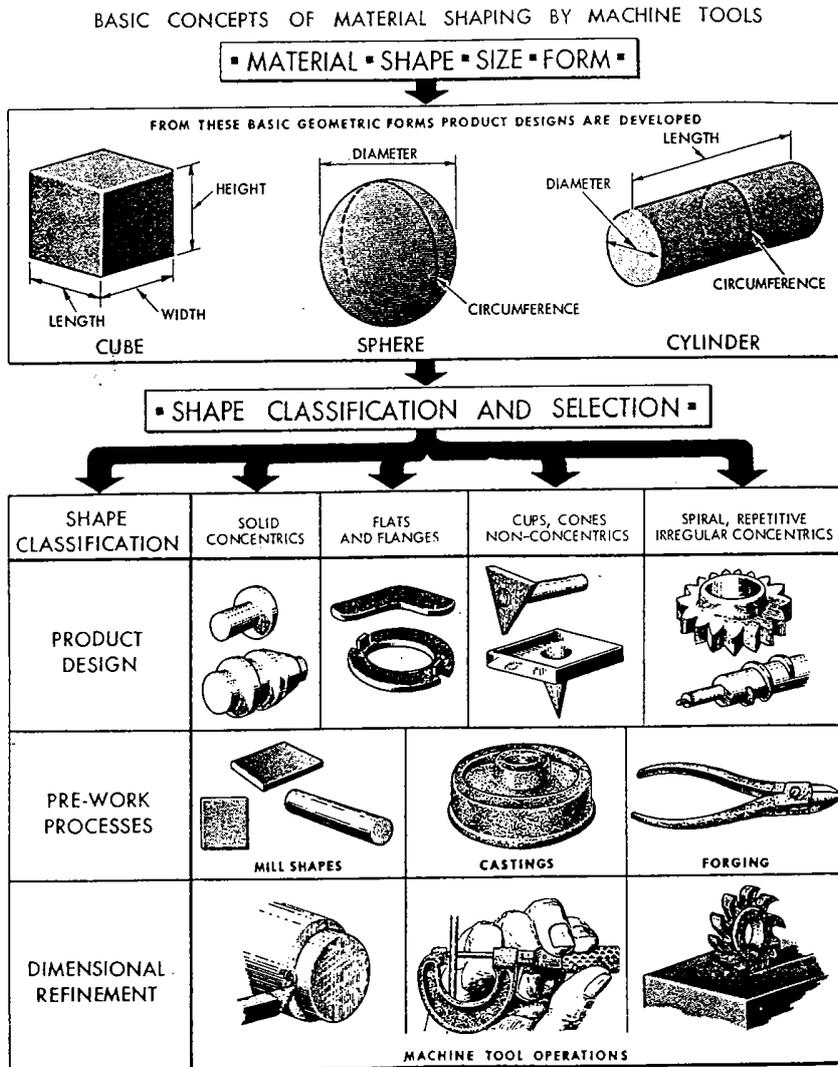
1. *Conventional chip producing tools*, adalah mesin perkakas yang digunakan untuk merubah bentuk dan ukuran benda kerja melalui pemotongan (*cutting*) bagian-bagian yang tidak diinginkan (*unwanted portion*) dengan menggunakan pahat (*cutter*) sebagai alat potongnya serta adanya tatal (*chip*) akibat proses pemotongan tersebut.
2. *Conventional non-chip producing tools*, adalah mesin perkakas yang digunakan untuk merubah bentuk dan ukuran benda kerja tanpa menghasilkan tatal akibat proses pengerjaannya. Contohnya adalah proses *Shearing, Pressing dan Drawing*.

MESIN PERKAKAS MEMBERIKAN KONTRIBUSI TERHADAP KEMAJUAN SUATU BANGSA



Gambar 1.1 Mesin perkakas menentukan kemajuan peradaban suatu bangsa

KONSEP DASAR PEMBENTUKAN BENDA KERJA DENGAN MESIN PERKAKAS



Gambar 1.2 Tiga konsep dasar bentuk geometris yang digunakan untuk mengembangkan semua desain produk

3. *New generation of Machine Tools* (Mesin perkakas non konvensional), adalah mesin perkakas yang dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan mesin-mesin perkakas konvensional. Contoh mesin ini adalah ***Electrical Discharge Machine (EDM), Wire Cutting, Electro Chemical Machine (ECM), Laser Beam Machining*** dan sebagainya.

Berdasarkan penjelasan tersebut di atas tidaklah mungkin membahas lingkup proses pemesinan yang begitu luas hanya dalam satu diktat saja, sehingga bagian yang akan mendapat porsi lebih banyak untuk dibahas adalah mengenai mesin-mesin perkakas konvensional (*Conventional chip producing tools*) saja.

BAB II

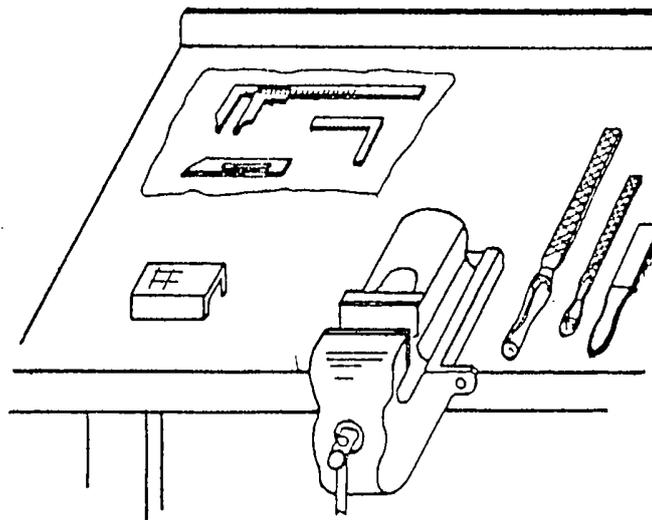
KERJA BANGKU DAN ALAT-ALAT UKUR

A. Kerja Bangku

1. Tempat Kerja

Produktivitas seseorang antara lain tergantung dari kualitas dan kondisi alat-alat yang tersedia serta kebersihan tempat kerjanya. Susunan alat-alat kerja dan perlengkapannya harus terjaga dengan baik sehingga efisiensi kerja dapat tercapai dengan baik pula. Pada gambar 2.1 dapat dijelaskan bahwa :

- a. Hanya alat-alat yang dibutuhkan untuk bekerja, ada di atas bangku kerja.
- b. Alat-alat yang sensitif atau alat-alat yang sejenis di letakkan terpisah dari kikir, martil, sikat dan lain-lain.
- c. Kikir tidak boleh diletakkan bertumpukan atau bersilangan untuk menghindari keausan gigi-giginya.



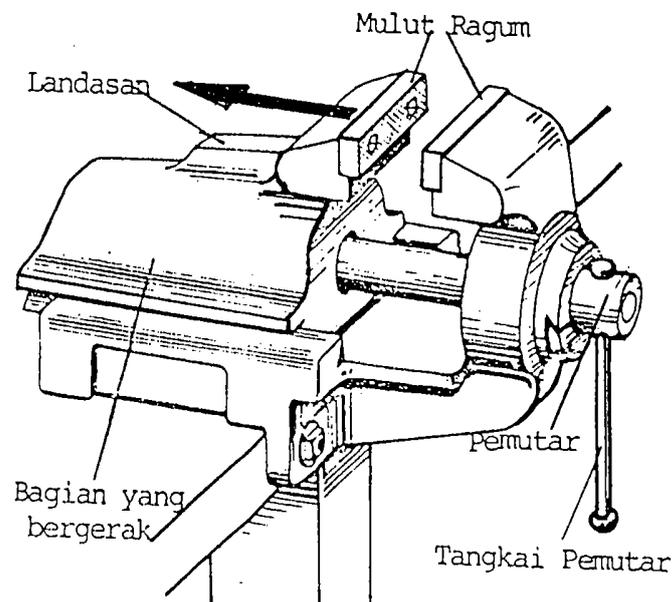
Gambar 2.1. Susunan alat-alat di atas bangku kerja

Demikian juga penyusunan alat-alat di dalam almari alat juga harus diatur dengan baik sehingga masing-masing tempat di mana tiap perkakas atau alat diletakkan dapat dikontrol dengan baik (misalnya tiap alat diberi warna tertentu) untuk mempermudah dan mempercepat pemeriksaan inventaris.

Kebersihan lantai juga harus dijaga sehingga kondisinya selalu bersih dan rapi. Setiap terjadi tumpahan minyak atau oli segera dibersihkan agar tidak membahayakan setiap orang yang melaluinya.

2. Ragum

Ragum adalah suatu alat yang digunakan untuk menjepit benda kerja pada waktu mekanik melakukan pekerjaan mengikir, mengebor, memahat dan lain-lain. Pada umumnya ragum dibuat dari besi tuang atau baja tempa. Di dalam kerja bangku ragum di pasang pada bangku kerja dengan kokoh/kuat. Gambar 2.2 menunjukkan salah satu jenis ragum yang digunakan dalam kerja bangku dan nama-nama komponennya.

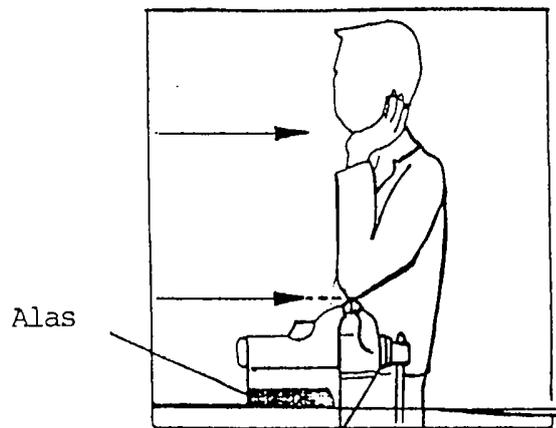


Gambar 2.2. Ragum sejajar

Tinggi ragum disesuaikan dengan bentuk dari benda yang dikerjakan dan tinggi orang yang menggunakan. Untuk pengikiran dengan tenaga yang besar, ragum akan dipasang lebih rendah.

Contoh pemasangan ragum dapat diilustrasikan sebagai berikut :

Untuk pekerjaan yang teliti, apabila mekanik yang mengerjakan pekerjaan mengikir tersebut berpostur tinggi, ketinggian dari ragum biasanya diatur oleh alas yang rata. Untuk orang yang pendek, tinggi ragum yang sesuai dapat diatur dengan alas kayu/ganjal di atas lantai. Perhatikan gambar 2.3 di bawah ini.

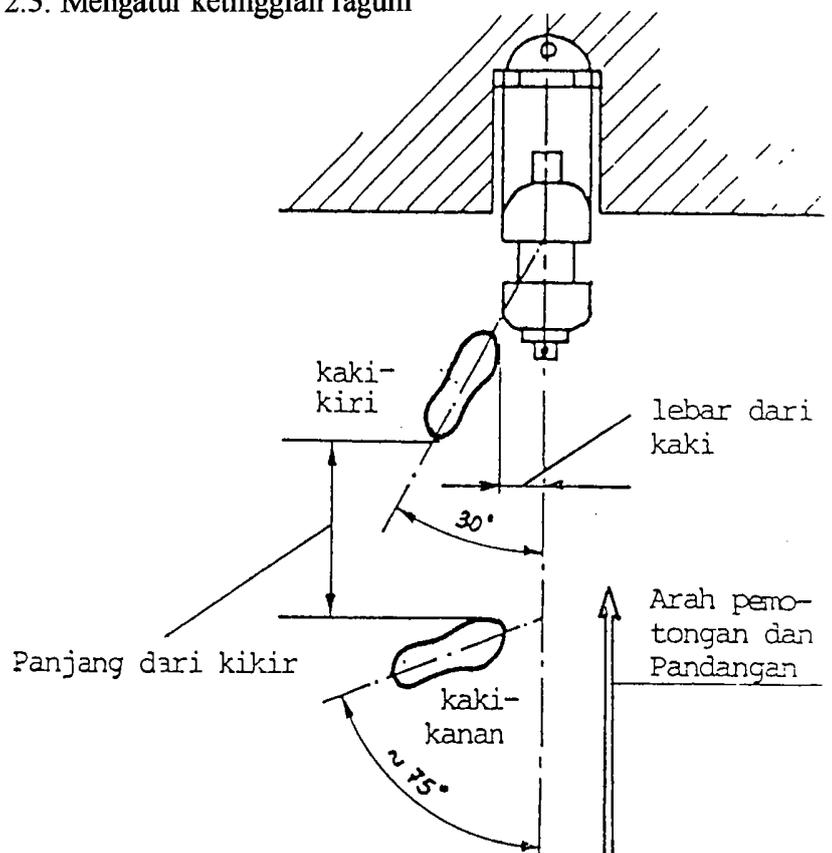


Gambar 2.3. Mengatur ketinggian ragum

3. Pengikiran

a. Posisi kaki

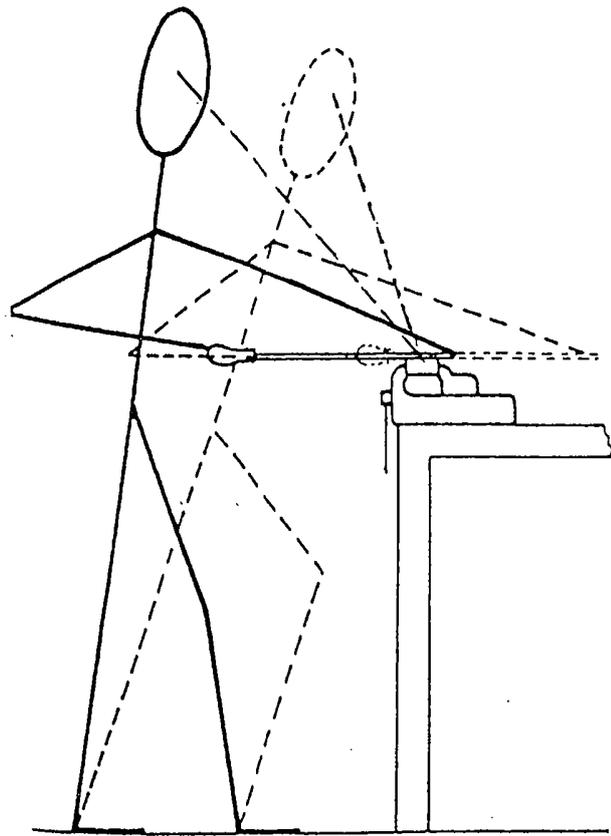
Selama mengikir, berdiri di sebelah kiri ragum dengan kaki tetap pada tempatnya. Lutut harus dibentangkan. Jarak antara kaki disesuaikan dengan panjang kikir. Sudut antara poros ragum dan kaki kiri kira-kira 30° dan lebih kurang 75° untuk kaki kanan. Perhatikan gambar 2.4



Gambar 2.4. Posisi kaki waktu mengikir

b. Gerakan badan dan lutut

Badan berdiri tegak pada posisi permulaan dan selanjutnya dicondongkan ke depan selama gerakan pemotongan. Kaki kanan tetap lurus selama pengikiran berlangsung dan lutut kiri dibengkokkan ke dalam. Pandangan mata selalu ke arah benda kerja. Perhatikan gambar 2.5.

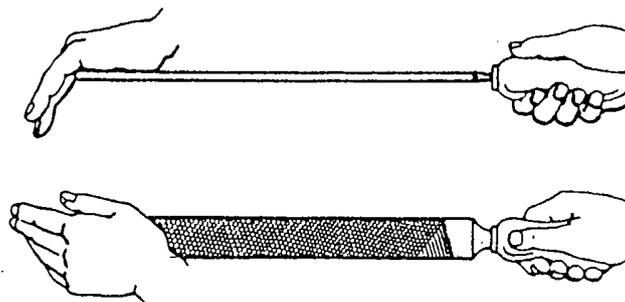


Gambar 2.5. Gerakan mengikir

c. Cara memegang kikir

Tangan kanan : peganglah ga-gang kikir dengan teguh dan tekanlah ujung gagang kikir tersebut dengan telapak tangan bagian tengah. Ibu jari terletak di atas dan jari-jari lainnya di bawah gagang.

Tangan kiri : Tempatkan telapak tangan dan ibu jari pada ujung kikir. Jari-jari yang lainnya terletak di luar ujung kikir tersebut dengan keadaan rapat satu sama lainnya dan melipat ke bawah tetapi tidak memegang ujung kikir tersebut. Perhatikan gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6. Cara memegang kikir

4. Klasifikasi kikir

Kikir dibedakan menurut panjang, bentuk dan gigi pemotongnya. Perhatikan gambar 2.7 panjang dari sebuah kikir diukur dari Heel ke ujung kikir. Bagian yang masuk ke dalam gagang kikir (Tang) tidak termasuk ke dalam pengukuran panjang kikir. Menurut bentuk gigi dan derajat kekasarannya, kikir digolongkan menjadi :

- a. *Single cut* (bermata potong tunggal)
- b. *Double cut* (bermata potong ganda-kasar)
- c. *Bastard cut* (bermata potong ganda-setengah kasar)
- d. *Second cut* (bermata potong ganda-halus)
- e. *Smooth cut* (bermata potong ganda-sangat halus)

Apabila ditinjau dari bentuknya, kikir yang umum dipergunakan pada bengkel pemesinan adalah :

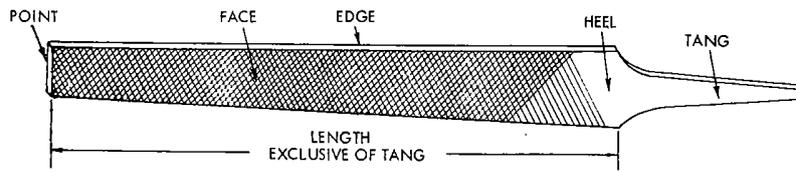
- a. *Flat* (segi empat)
- b. *Mill* (segi empat pipih)
- c. *Slim taper* (segi tiga)
- d. *Round* (bulat)
- e. *Square* (bujur sangkar)
- f. *Half Round* (setengah bulat)

Tentu saja masih banyak bentuk-bentuk kikir yang lain, di mana peruntukannya disesuaikan dengan pekerjaan pada masing-masing bengkel/industri.

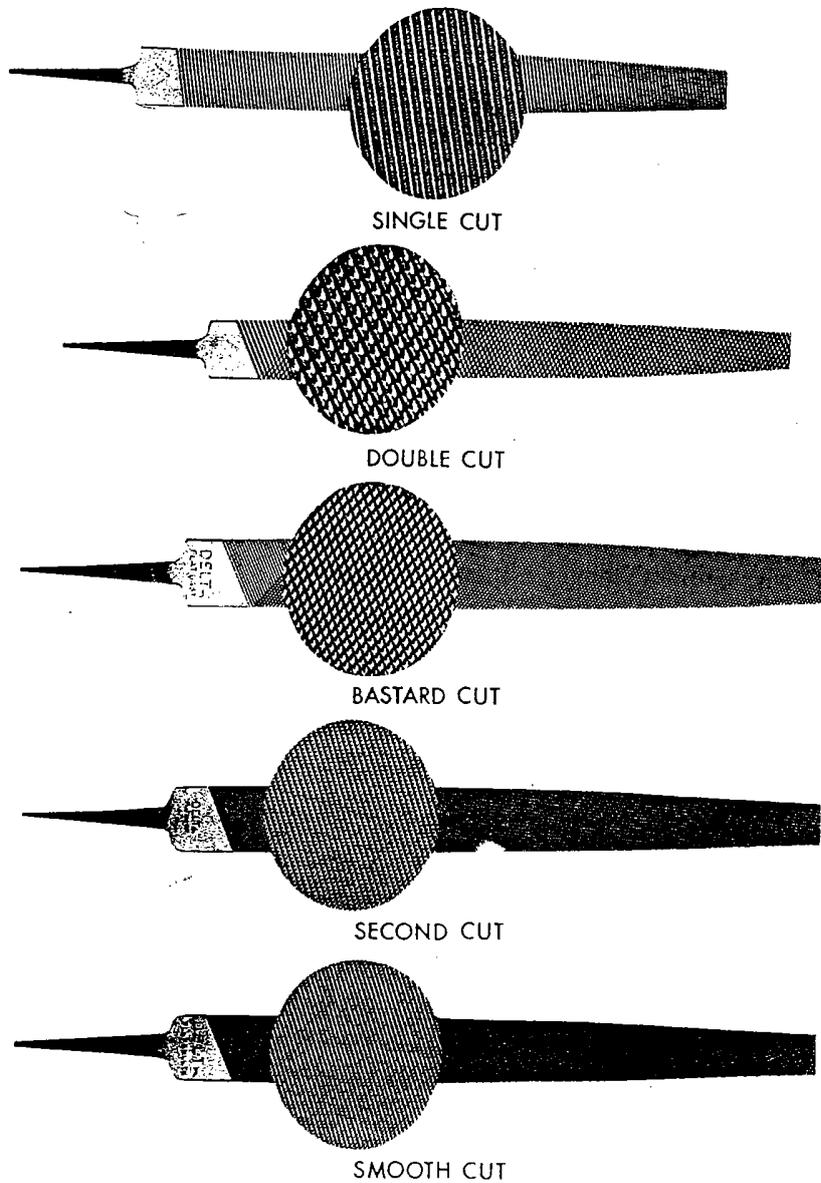
Jenis logam yang akan dikerjakan dengan kikir merupakan faktor penting yang dapat dijadikan penentu perlu tidaknya menggunakan kikir. Contoh material besi tuang akan susah untuk dikikir walaupun digunakan kikir baru. Dua kiat dalam memilih kikir adalah :

- a. Apabila benda yang dikerjakan adalah material yang keras (baja), gunakanlah *Second-cut file*.
- b. Apabila benda kerja yang dikikir lunak, (misal dari bahan kuningan, bronz, atau tembaga) gunakanlah kikir yang kasar.

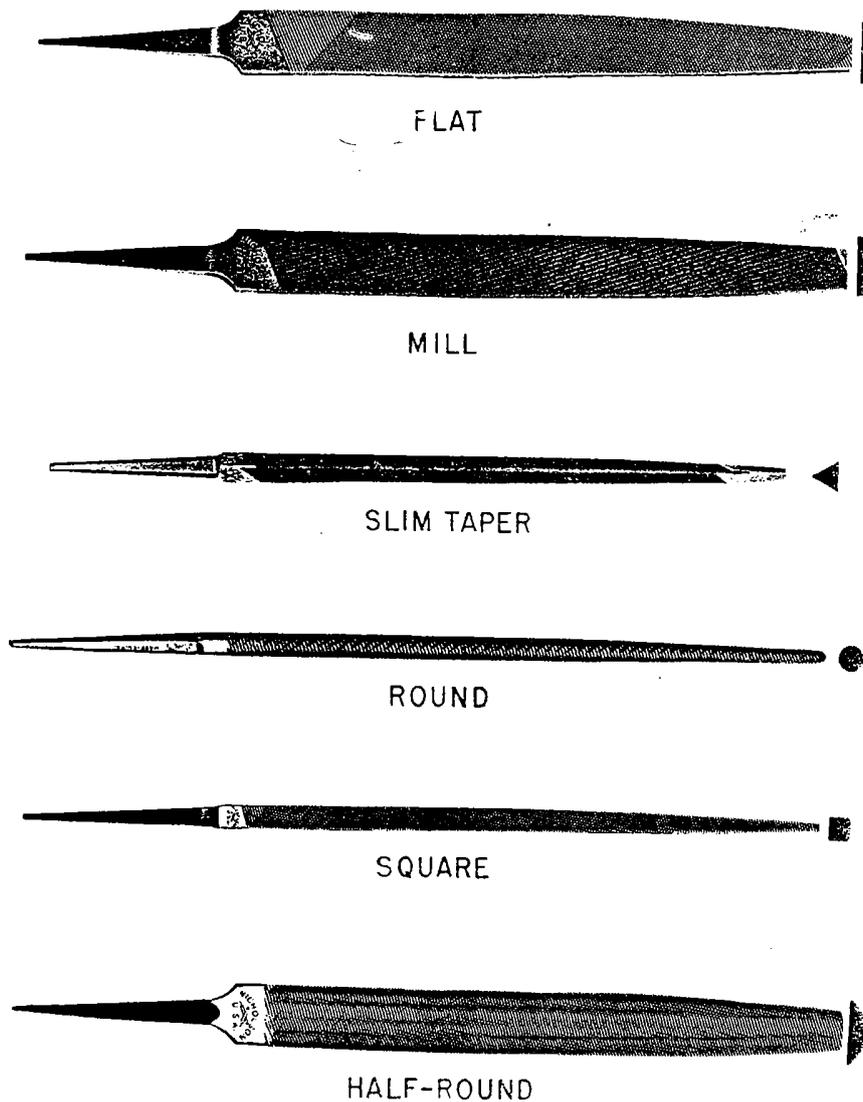
Untuk lebih jelasnya cermati gambar 2.8 dan 2.9.



Gambar 2.7 Bagian-bagian kikir



Gambar 2.8 Klasifikasi kikir menurut bentuk gigi dan derajat kekasarannya



Gambar 2.9 Bentuk-bentuk kikir yang biasa digunakan pada bengkel pemesinan

B. Alat-Alat Ukur

1. Alat ukur semi presisi (semi precision measuring tools)

Dalam industri pemesinan, setiap benda kerja (komponen) harus dikerjakan secara akurat dan teliti sampai mendekati batas toleransi yang

dijinkan. Kehati-hatian dalam melakukan pengukuran benda kerja sangat diperlukan untuk menjamin ketepatan dan kepuasan, apabila komponen tersebut dirakit (diasembling). **Ketidaktelitian dan kecerobohan dalam pengukuran adalah kesalahan besar !**

Pengukuran linier sistem Inggris banyak diadopsi oleh industri-industri di Amerika. Satuan yang lazim digunakan adalah **inchi**. Di Indonesia satuan yang biasa digunakan adalah sistem metris (*metric system*), walaupun untuk pekerjaan-pekerjaan tertentu satuan inchi juga digunakan. Macam alat-alat ukur linier semi presisi antara lain :

- a. Mistar baja
- b. *Combination set*
- c. *Dept gauge* dan lain-lain.

Pengukuran linier dengan kontak langsung (*measuring by contact*), banyak digunakan untuk pengukuran **non presisi**. Contoh alat ukur ini adalah jangka bengkok, jangka kaki, jangka garis, jangka tusuk dan lain-lain.

2. Alat ukur presisi

Alat ukur presisi digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang menuntut ketelitian dan ketepatan tinggi. Yang termasuk alat ukur presisi antara lain jangka sorong, mikrometer, dial indicator dan kaliber. Alat-alat ukur ini mempunyai ketelitian antara 0,05 mm sampai dengan 0,001 mm. Bentuk dan fungsinya telah dibuat bervariasi sesuai dengan komponen yang akan diukur.

BAB III

KLASIFIKASI DAN ELEMEN DASAR PROSES PEMESINAN

Komponen mesin yang terbuat dari logam mempunyai bentuk yang beraneka ragam. Umumnya komponen dibuat dengan proses pemesinan dari bahan yang berasal dari proses sebelumnya misalnya proses casting atau pengolahan bentuk (metal forming). Agar dapat dipahami dengan mudah, proses pembuatan suatu komponen mesin dapat dikelompokkan dalam dua kategori yaitu :

1. Proses Non-Cutting ; terdiri dari proses casting, rolling, drawing, forging dan shearing.
2. Proses Cutting ; terdiri dari proses sawing, drilling, turning, planing, milling dan lain-lain.

Karena bentuk komponen mesin yang beraneka ragam tersebut (lihat lampiran 1 dan lampiran 2), maka proses pemesinan yang dilakukannyapun dapat bermacam-macam sesuai dengan bidang yang dihasilkan yaitu :

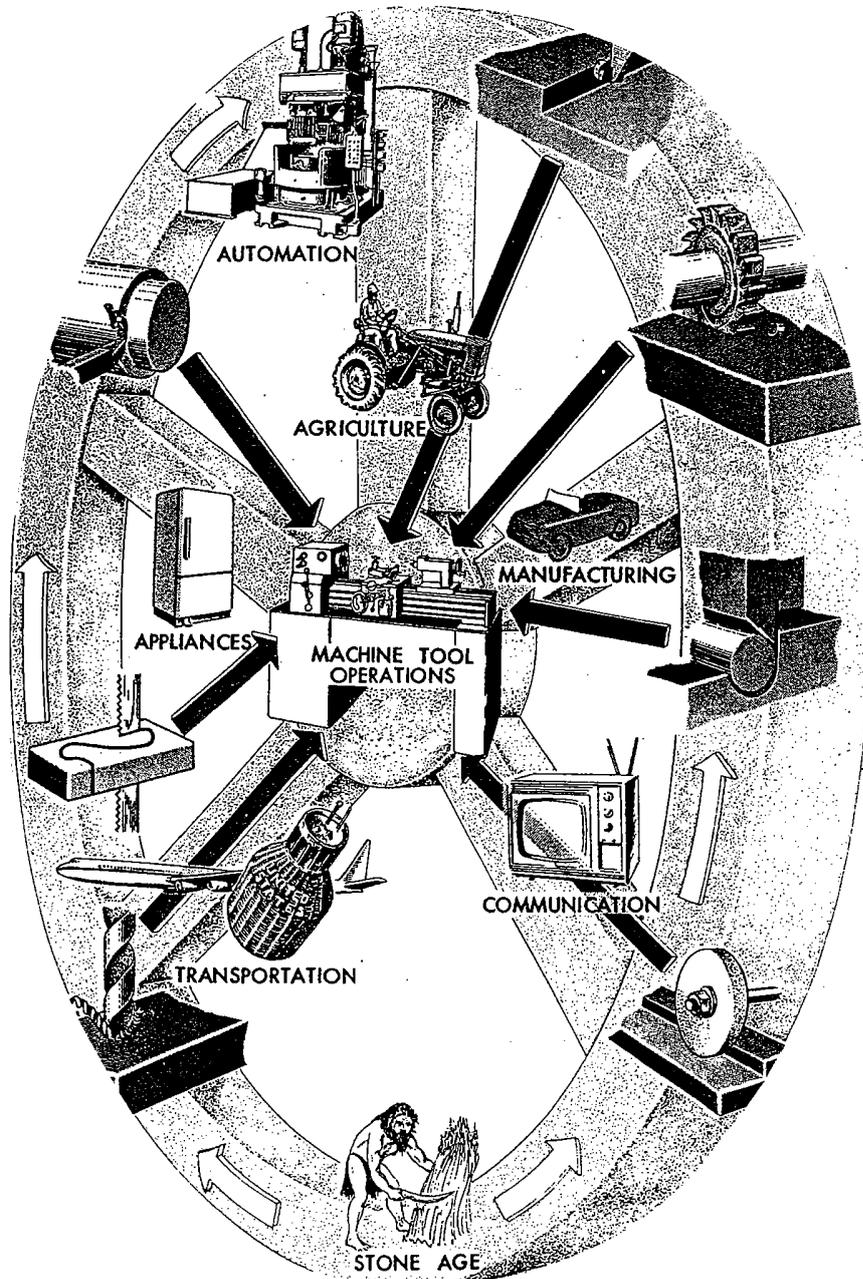
1. Bentuk bulat pejal (*solid concentric*)
2. Bentuk datar (*flats & flanges*)
3. Bentuk tirus (*cups & cones*)
4. Bentuk tak sepusat (*non-concentric*)
5. Bentuk spiral/pengulangan (*spiral repetitive*)

Dalam bab ini akan dibahas klasifikasi proses pemesinan ditinjau dari jenis pahat dan gerak relatif antara pahat (*tool*) dengan benda kerja (*work piece*).

A. Klasifikasi Proses Pemesinan

Pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja akan menghasilkan tatal dan sementara itu permukaan benda kerja secara bertahap akan terbentuk menjadi komponen yang dikehendaki. Pahat dipasang pada tool post suatu mesin perkakas, dan dapat merupakan salah satu dari berbagai jenis pahat (perkakas potong) yang disesuaikan dengan cara pemotongan dan bentuk kondisi akhir suatu produk.

DIKTAT TEORI PEMESINAN I



Oleh :
Sutopo
Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
2004

MOTTO

- Jika anda mengharapkan sesuatu mulailah dengan berkarya dan jangan mengharapkan belas kasih dari orang lain.
- Tak ada orang yang mampu membuat anda pintar kecuali diri anda sendiri.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan sebuah diktat yang berjudul TEORI PROSES PEMESINAN I.

Lingkup materi Teori Proses Pemesinan yang sangat luas memang menjadi kesulitan yang tersendiri bagi penulis. Untuk itu diktat ini hanya berisi hal-hal yang penulis anggap penting yang berkaitan dengan materi pembelajaran Teori Pemesinan maupun Proses Pemesinan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Tujuan penulisan diktat ini adalah untuk membantu para mahasiswa semester I jurusan teknik mesin agar lebih memahami bidang pemesinan, sehingga wawasan mahasiswa menjadi luas yang pada akhirnya diharapkan dapat memberi kontribusi yang positif terhadap kemampuan lulusan dalam berkompetisi di pasar kerja maupun berwira usaha.

Penulis menyadari ketidaksempurnaan diktat ini, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar diktat ini dapat lebih sempurna di kemudian hari. Terima kasih kepada istriku Sri Lailiyah, S.Pd. dan anakku Fathnan Mahendra Assidiqie yang telah memberi dorongan semangat untuk terus berkarya, terima kasih yang tak terhingga kepada Prof. Suyanto, Ph.D selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta dan Dekan Fakultas Teknik UNY Prof. DR. H. Sugiyono, M.Pd., yang telah membuat kebijakan untuk mendanai pembuatan diktat ini. Terima kasih juga saya haturkan kepada Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menyusun diktat ini, semoga bermanfaat. Amin.

Yogyakarta, Januari 2004

Penulis,

Sutopo

DAFTAR ISI

MOTTO	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II KERJA BANGKU DAN ALAT-ALAT UKUR	6
A. KERJA BANGKU	6
1. Tempat kerja	6
2. Ragum	7
3. Pengikiran	8
4. Klasifikasi kikir	10
B. ALAT-ALAT UKUR	12
1. Alat ukur semi presisi	12
2. Alat ukur presisi	13
BAB III KLASIFIKASI DAN ELEMEN DASAR PROSES PEMESINAN	14
A. KLASIFIKASI PROSES PEMESINAN	14
B. ELEMEN DASAR PROSES PEMESINAN	23
BAB IV MESIN BUBUT	25
A. BENTUK BENDA KERJA	25
B. PRINSIP GERAKAN PAHAT PADA MESIN BUBUT	25
C. BENTUK Pengerjaan Benda Kerja di Mesin Bubut	26
D. PAHAT BUBUT	28
1. Material pahat bubut	28
2. Geometri pahat	29
3. Cara memasang pahat bubut	32
4. Kecepatan potong	33
E. ELEMEN DASAR PROSES BUBUT	36
BAB V MESIN SKRAP	38
A. GERAKAN-GERAKAN MESIN SKRAP	39
B. KOMPONEN MESIN SKRAP	40
C. ELEMEN DASAR PROSES SKRAP	43
D. MENGGATUR JUMLAH LANGKAH	45
BAB VI MESIN GURDI (BOR)	48
A. PROSES DRILLING DENGAN MESIN GURDI	48
B. MACAM, JENIS DAN BENTUK MESIN GURDI	50
C. PAHAT GURDI	54
BAB VII MESIN FREIS	57
A. DESAIN DAN TIPE MESIN FREIS	58
B. PISAU FREIS	60
C. ELEMEN DASAR PROSES FREIS	63
DAFTAR PUSTAKA	65

BAB I

PENDAHULUAN

Secara teknis proses pemesinan mulai dilakukan orang sejak diperkembangkan mesin koter (*boring machine*) oleh Wilkinson pada tahun 1775 sewaktu dipergunakan untuk membuat komponen mesin uapnya James Watt. Saat itu konsep ketelitian dan ketepatan mulai dianut secara luas.

Sampai saat ini perkembangan teknologi pemesinan sudah sedemikian tinggi dan kompleks. Tidak dapat dipungkiri bahwa proses pemesinan mendorong laju perkembangan kemajuan sebuah negara. Hampir semua barang-barang disekitar kita, dari penjepit kertas sampai dengan komponen mesin ruang angkasa adalah hasil proses pemesinan. Jadi tidaklah terlalu berlebihan apabila ada pernyataan "*Machine tools determine how much a nation produces and how well its people live*".

Walaupun kemajuan teknologi pemesinan sudah sedemikian tinggi tetapi pada awalnya kemajuan itu didasari oleh kemampuan mengoperasikan alat-alat tangan (*hand tools*). Bahkan setiap finishing hasil proses pemesinan selalu melibatkan alat-alat tangan. Berdasarkan argumen tersebut, maka dipandang masih perlu untuk membahas dan mengulas apa itu alat-alat tangan dan macamnya, sehingga walaupun sedikit dalam diktat ini akan dibahas tentang alat-alat tangan dan macamnya.

Mesin Perkakas sebagai Basis Sebuah Industri

Perhatikan gambar 1.1, bahwa dahulu gerakan manusia hanya dibatasi oleh tangan atau lengan dalam mengerjakan sesuatu. Seorang ahli teknik di bidang pengerjaan logam di jaman dahulu, hanya mengandalkan otot dan alat-alat tangan. Saat ini pengerjaan logam sudah menggunakan mesin-mesin perkakas dari yang sederhana sampai dengan yang besar dan kompleks, dengan teknologi sederhana sampai yang canggih. Tetapi pada prinsipnya, sebuah komponen yang dikerjakan oleh mesin-mesin perkakas dikelompokkan menjadi :

1. Bentuk bulat pejal (*solid concentric*)
2. Bentuk datar (*flats & flanges*)

3. Bentuk tirus (*cups & cones*)
4. Bentuk tak sepusat (*non-concentric*)
5. Bentuk spiral/pengulangan (*spiral repetitive*)

Untuk memahami kategori bentuk-bentuk hasil pengerjaan dengan mesin perkakas dapat dilihat pada gambar 1.2. Semua bentuk tersebut di atas, memerlukan pengerjaan dengan mesin perkakas agar komponen yang kita rencanakan dapat sesuai dengan standar toleransi dan kualitas pengerjaan yang diharapkan.

Biasanya walaupun mesin perkakas tidak langsung dipergunakan untuk memproduksi suatu komponen atau barang, mesin perkakas digunakan untuk membuat komponen mesin atau peralatan untuk proses produksi suatu barang tersebut. Jadi tanpa adanya mesin-mesin perkakas proses kemajuan yang dicapai oleh manusia tidak akan terjadi seperti sekarang ini.

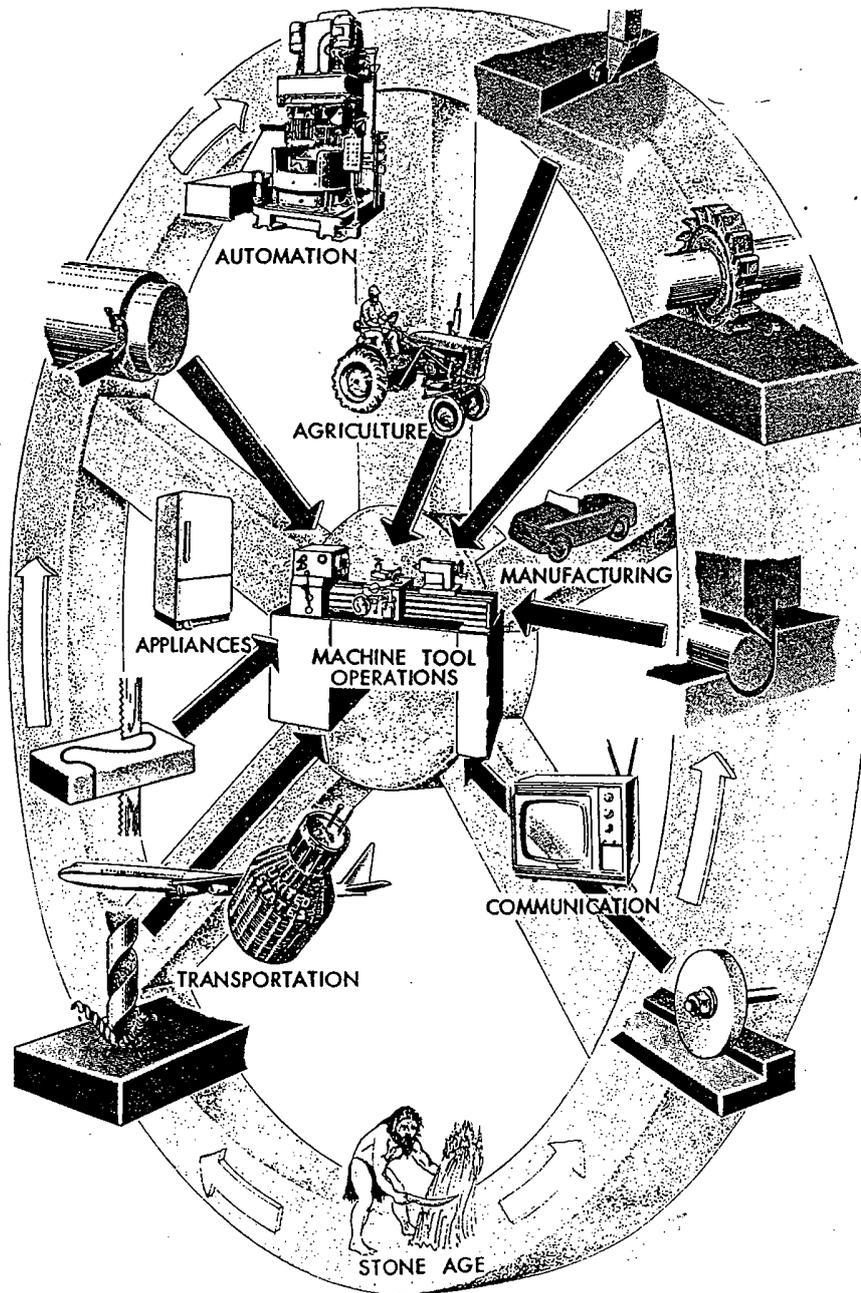
Pengertian Mesin Perkakas

Apa yang dimaksud mesin perkakas ?. Menurut "*The National Tool Builders Association*" mesin perkakas adalah "*a power driven machine not portable by hand, used to shape or form metals or materials by cutting, impacting, eroding, deplating or combination of these processes*".

Dari pengertian di atas mesin perkakas dikelompokkan dalam tiga kategori besar yaitu :

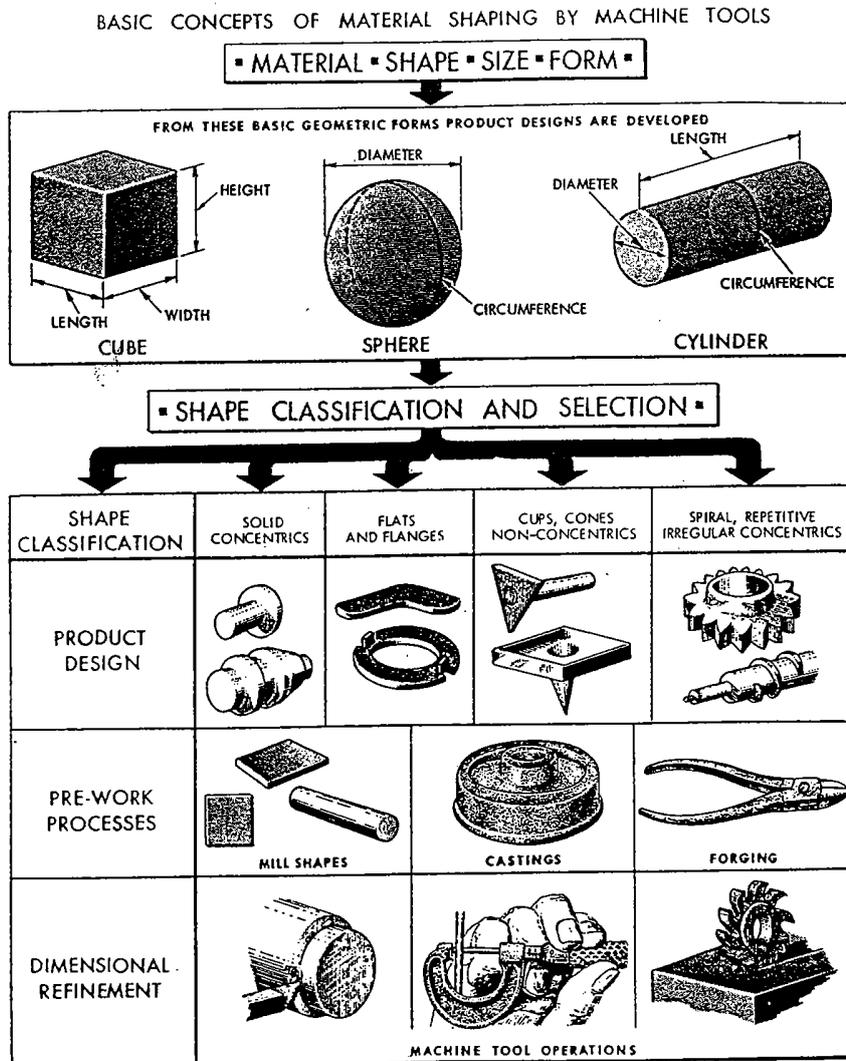
1. *Conventional chip producing tools*, adalah mesin perkakas yang digunakan untuk merubah bentuk dan ukuran benda kerja melalui pemotongan (*cutting*) bagian-bagian yang tidak diinginkan (*unwanted portion*) dengan menggunakan pahat (*cutter*) sebagai alat potongnya serta adanya tatal (*chip*) akibat proses pemotongan tersebut.
2. *Conventional non-chip producing tools*, adalah mesin perkakas yang digunakan untuk merubah bentuk dan ukuran benda kerja tanpa menghasilkan tatal akibat proses pengerjaannya. Contohnya adalah proses *Shearing, Pressing dan Drawing*.

MESIN PERKAKAS MEMBERIKAN KONTRIBUSI TERHADAP KEMAJUAN SUATU BANGSA



Gambar 1.1 Mesin perkakas menentukan kemajuan peradaban suatu bangsa

KONSEP DASAR PEMBENTUKAN BENDA KERJA DENGAN MESIN PERKAKAS



Gambar 1.2 Tiga konsep dasar bentuk geometris yang digunakan untuk mengembangkan semua desain produk

3. *New generation of Machine Tools* (Mesin perkakas non konvensional), adalah mesin perkakas yang dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan mesin-mesin perkakas konvensional. Contoh mesin ini adalah *Electrical Discharge Machine (EDM)*, *Wire Cutting*, *Electro Chemical Machine (ECM)*, *Laser Beam Machining* dan sebagainya.

Berdasarkan penjelasan tersebut di atas tidaklah mungkin membahas lingkup proses pemesinan yang begitu luas hanya dalam satu diktat saja, sehingga bagian yang akan mendapat porsi lebih banyak untuk dibahas adalah mengenai mesin-mesin perkakas konvensional (*Conventional chip producing tools*) saja.

BAB II

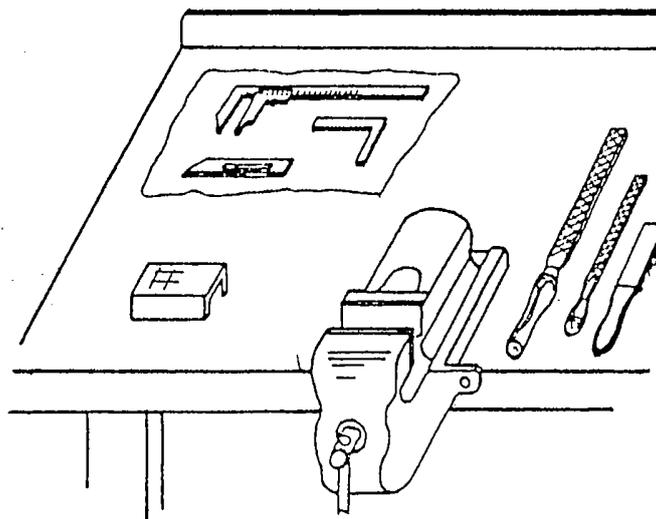
KERJA BANGKU DAN ALAT-ALAT UKUR

A. Kerja Bangku

1. Tempat Kerja

Produktivitas seseorang antara lain tergantung dari kualitas dan kondisi alat-alat yang tersedia serta kebersihan tempat kerjanya. Susunan alat-alat kerja dan perlengkapannya harus terjaga dengan baik sehingga efisiensi kerja dapat tercapai dengan baik pula. Pada gambar 2.1 dapat dijelaskan bahwa :

- a. Hanya alat-alat yang dibutuhkan untuk bekerja, ada di atas bangku kerja.
- b. Alat-alat yang sensitif atau alat-alat yang sejenis di letakkan terpisah dari kikir, martil, sikat dan lain-lain.
- c. Kikir tidak boleh diletakkan bertumpukan atau bersilangan untuk menghindari keausan gigi-giginya.



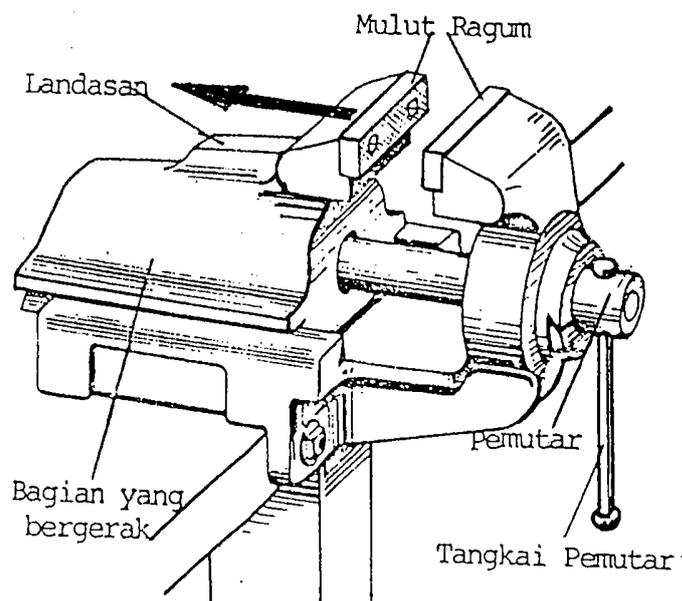
Gambar 2.1. Susunan alat-alat di atas bangku kerja

Demikian juga penyusunan alat-alat di dalam almari alat juga harus diatur dengan baik sehingga masing-masing tempat di mana tiap perkakas atau alat diletakkan dapat dikontrol dengan baik (misalnya tiap alat diberi warna tertentu) untuk mempermudah dan mempercepat pemeriksaan inventaris.

Kebersihan lantai juga harus dijaga sehingga kondisinya selalu bersih dan rapi. Setiap terjadi tumpahan minyak atau oli segera dibersihkan agar tidak membahayakan setiap orang yang melaluinya.

2. Ragum

Ragum adalah suatu alat yang digunakan untuk menjepit benda kerja pada waktu mekanik melakukan pekerjaan mengikir, mengebor, memahat dan lain-lain. Pada umumnya ragum dibuat dari besi tuang atau baja tempa. Di dalam kerja bangku ragum di pasang pada bangku kerja dengan kokoh/kuat. Gambar 2.2 menunjukkan salah satu jenis ragum yang digunakan dalam kerja bangku dan nama-nama komponennya.

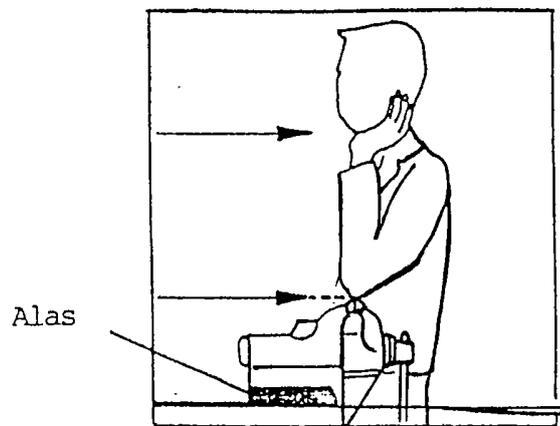


Gambar 2.2. Ragum sejajar

Tinggi ragum disesuaikan dengan bentuk dari benda yang dikerjakan dan tinggi orang yang menggunakan. Untuk pengikiran dengan tenaga yang besar, ragum akan dipasang lebih rendah.

Contoh pemasangan ragam dapat diilustrasikan sebagai berikut :

Untuk pekerjaan yang teliti, apabila mekanik yang mengerjakan pekerjaan mengikir tersebut berpostur tinggi, ketinggian dari ragam biasanya diatur oleh alas yang rata. Untuk orang yang pendek, tinggi ragam yang sesuai dapat diatur dengan alas kayu/ganjal di atas lantai. Perhatikan gambar 2.3 di bawah ini.

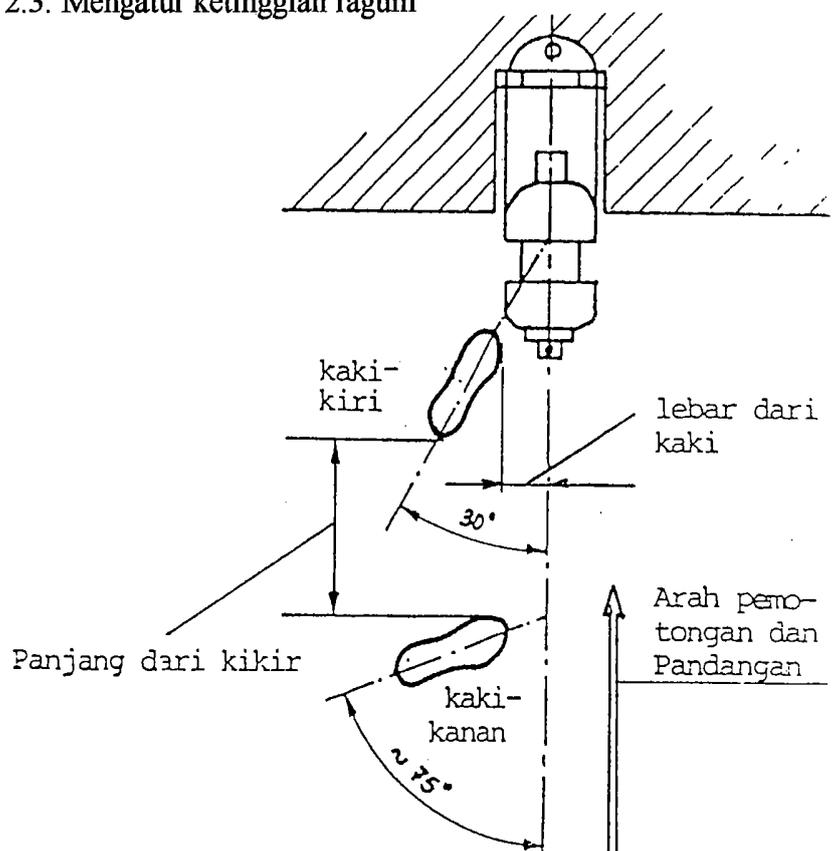


Gambar 2.3. Mengatur ketinggian ragam

3. Pengikiran

a. Posisi kaki

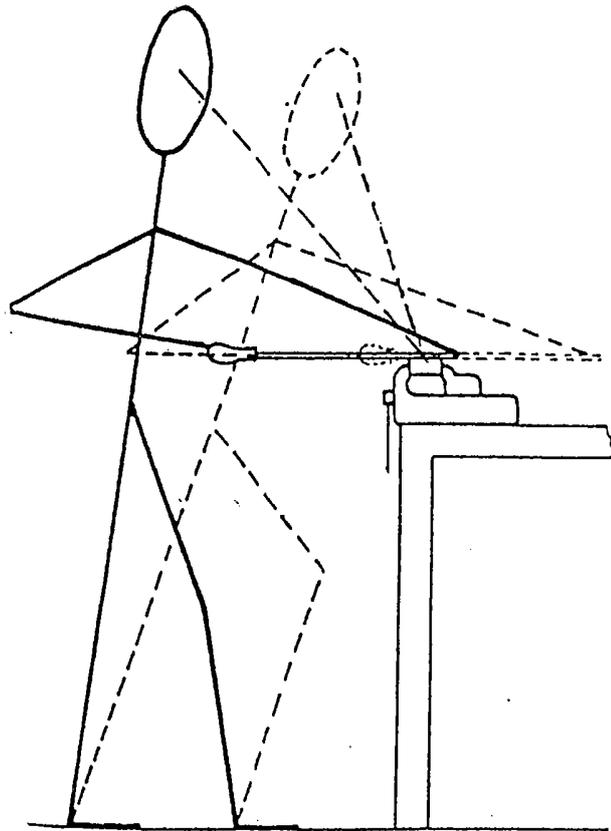
Selama mengikir, berdiri di sebelah kiri ragam dengan kaki tetap pada tempatnya. Lutut harus dibentangkan. Jarak antara kaki disesuaikan dengan panjang kikir. Sudut antara poros ragam dan kaki kiri kira-kira 30° dan lebih kurang 75° untuk kaki kanan. Perhatikan gambar 2.4



Gambar 2.4. Posisi kaki waktu mengikir

b. Gerakan badan dan lutut

Badan berdiri tegak pada posisi permulaan dan selanjutnya dicondongkan ke depan selama gerakan pemotongan. Kaki kanan tetap lurus selama pengikiran berlangsung dan lutut kiri dibengkokkan ke dalam. Pandangan mata selalu ke arah benda kerja. Perhatikan gambar 2.5.

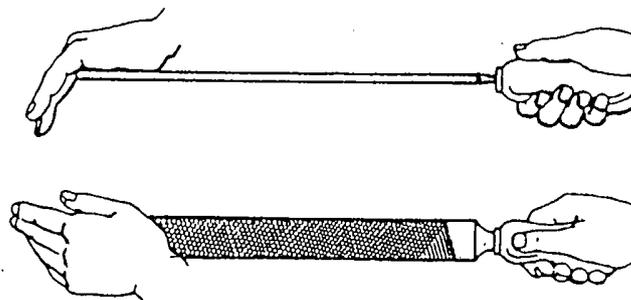


Gambar 2.5. Gerakan mengikir

c. Cara memegang kikir

Tangan kanan : peganglah ga-gang kikir dengan teguh dan tekanlah ujung gagang kikir tersebut dengan telapak tangan bagian tengah. Ibu jari terletak di atas dan jari-jari lainnya di bawah gagang.

Tangan kiri : Tempatkan telapak tangan dan ibu jari pada ujung kikir. Jari-jari yang lainnya terletak di luar ujung kikir tersebut dengan keadaan rapat satu sama lainnya dan melipat ke bawah tetapi tidak memegang ujung kikir tersebut. Perhatikan gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6. Cara memegang kikir

4. Klasifikasi kikir

Kikir dibedakan menurut panjang, bentuk dan gigi pemotongnya. Perhatikan gambar 2.7 panjang dari sebuah kikir diukur dari Heel ke ujung kikir. Bagian yang masuk ke dalam gagang kikir (Tang) tidak termasuk ke dalam pengukuran panjang kikir. Menurut bentuk gigi dan derajat kekasarannya, kikir digolongkan menjadi :

- a. *Single cut* (bermata potong tunggal)
- b. *Double cut* (bermata potong ganda-kasar)
- c. *Bastard cut* (bermata potong ganda-setengah kasar)
- d. *Second cut* (bermata potong ganda-halus)
- e. *Smooth cut* (bermata potong ganda-sangat halus)

Apabila ditinjau dari bentuknya, kikir yang umum dipergunakan pada bengkel pemesinan adalah :

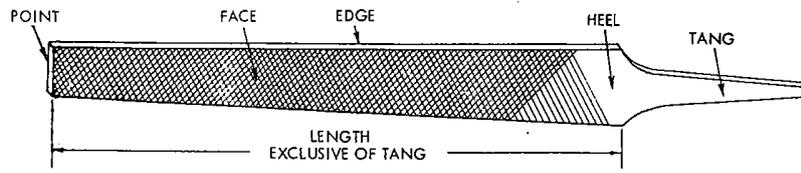
- a. *Flat* (segi empat)
- b. *Mill* (segi empat pipih)
- c. *Slim taper* (segi tiga)
- d. *Round* (bulat)
- e. *Square* (bujur sangkar)
- f. *Half Round* (setengah bulat)

Tentu saja masih banyak bentuk-bentuk kikir yang lain, di mana peruntukannya disesuaikan dengan pekerjaan pada masing-masing bengkel/industri.

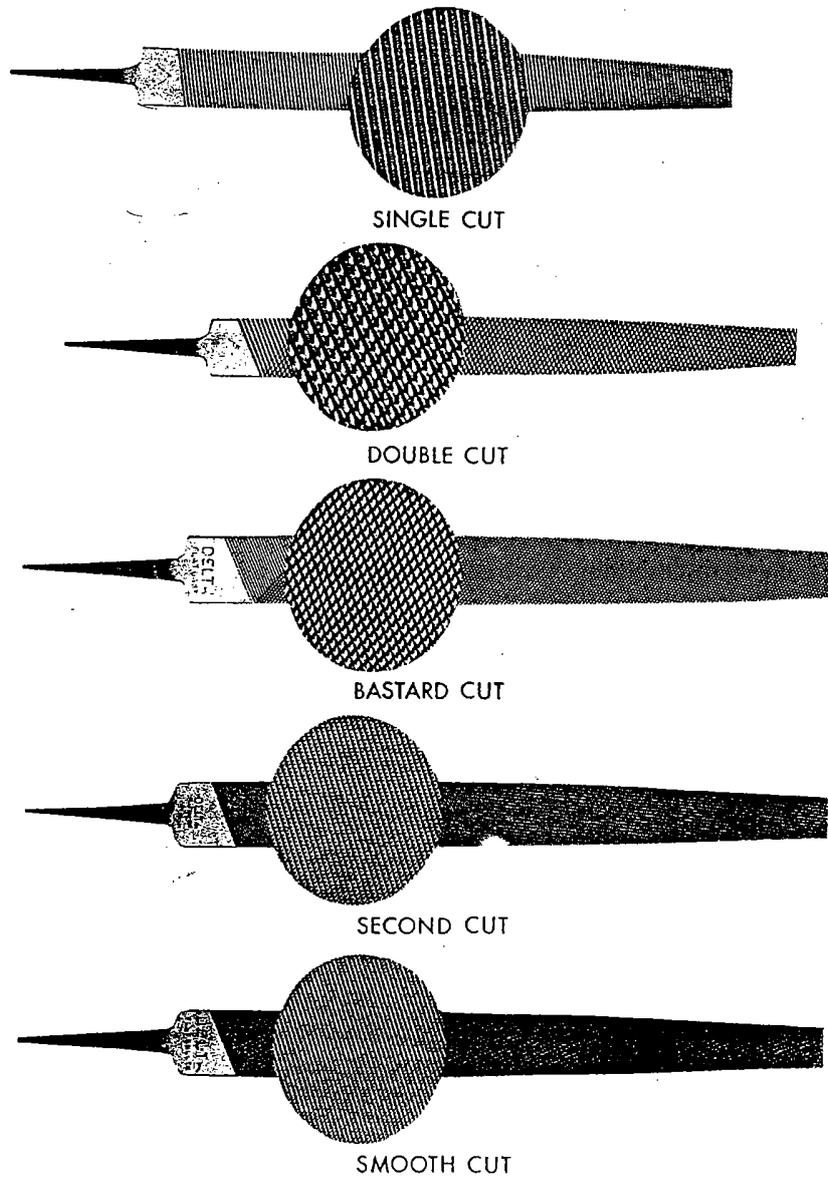
Jenis logam yang akan dikerjakan dengan kikir merupakan faktor penting yang dapat dijadikan penentu perlu tidaknya menggunakan kikir. Contoh material besi tuang akan susah untuk dikikir walaupun digunakan kikir baru. Dua kiat dalam memilih kikir adalah :

- a. Apabila benda yang dikerjakan adalah material yang keras (baja), gunakanlah *Second-cut file*.
- b. Apabila benda kerja yang dikikir lunak, (misal dari bahan kuningan, bronz, atau tembaga) gunakanlah kikir yang kasar.

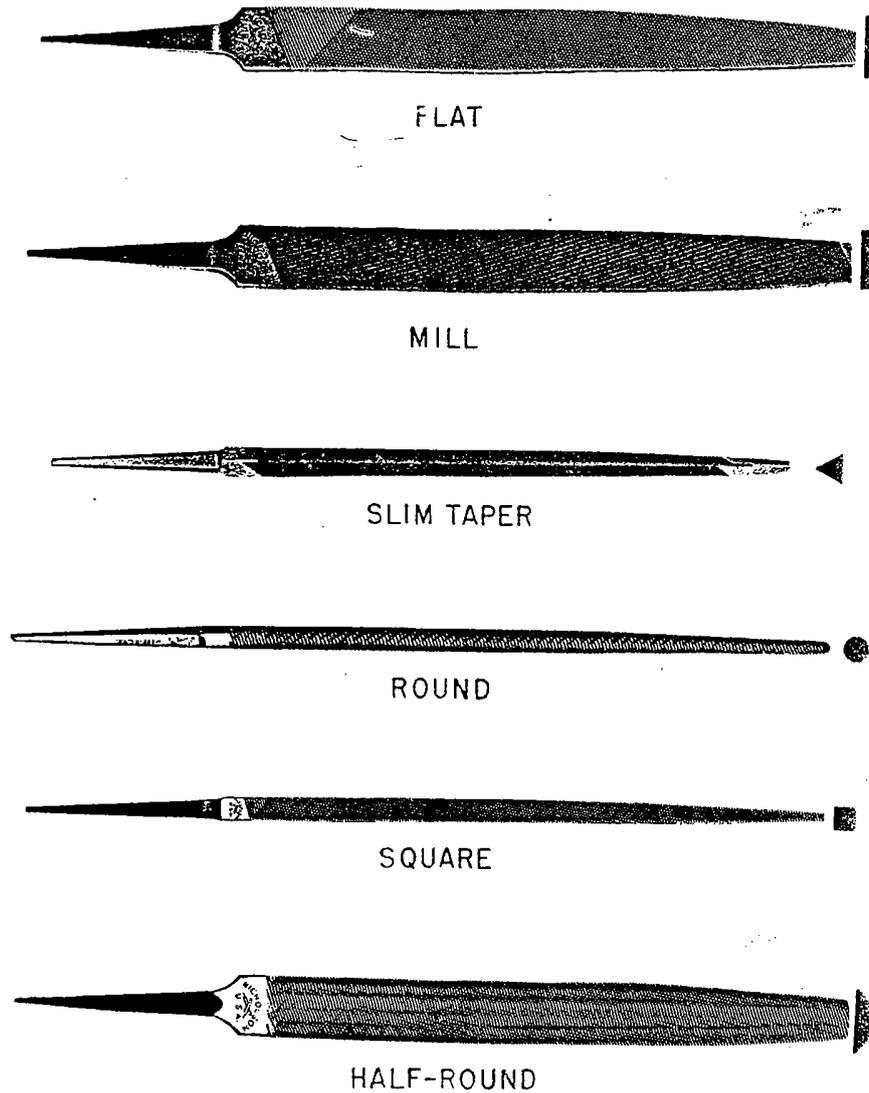
Untuk lebih jelasnya cermati gambar 2.8 dan 2.9.



Gambar 2.7 Bagian-bagian kikir



Gambar 2.8 Klasifikasi kikir menurut bentuk gigi dan derajat kekasarannya



Gambar 2.9 Bentuk-bentuk kikir yang biasa digunakan pada bengkel pemesinan

B. Alat-Alat Ukur

1. Alat ukur semi presisi (semi precision measuring tools)

Dalam industri pemesinan, setiap benda kerja (komponen) harus dikerjakan secara akurat dan teliti sampai mendekati batas toleransi yang

dijijinkan. Kehati-hatian dalam melakukan pengukuran benda kerja sangat diperlukan untuk menjamin ketepatan dan kepuasan, apabila komponen tersebut dirakit (diasembling). **Ketidaktelitian dan kecerobohan dalam pengukuran adalah kesalahan besar !**

Pengukuran linier sistem Inggris banyak diadopsi oleh industri-industri di Amerika. Satuan yang lazim digunakan adalah **inchi**. Di Indonesia satuan yang biasa digunakan adalah sistem metris (*metric system*), walaupun untuk pekerjaan-pekerjaan tertentu satuan inchi juga digunakan. Macam alat-alat ukur linier semi presisi antara lain :

- a. Mistar baja
- b. *Combination set*
- c. *Dept gauge* dan lain-lain.

Pengukuran linier dengan kontak langsung (*measuring by contact*), banyak digunakan untuk pengukuran **non presisi**. Contoh alat ukur ini adalah jangka bengkok, jangka kaki, jangka garis, jangka tusuk dan lain-lain.

2. Alat ukur presisi

Alat ukur presisi digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang menuntut ketelitian dan ketepatan tinggi. Yang termasuk alat ukur presisi antara lain jangka sorong, mikrometer, dial indicator dan kaliber. Alat-alat ukur ini mempunyai ketelitian antara 0,05 mm sampai dengan 0,001 mm. Bentuk dan fungsinya telah dibuat bervariasi sesuai dengan komponen yang akan diukur.

BAB III

KLASIFIKASI DAN ELEMEN DASAR PROSES PEMESINAN

Komponen mesin yang terbuat dari logam mempunyai bentuk yang beraneka ragam. Umumnya komponen dibuat dengan proses pemesinan dari bahan yang berasal dari proses sebelumnya misalnya proses casting atau pengolahan bentuk (metal forming). Agar dapat dipahami dengan mudah, proses pembuatan suatu komponen mesin dapat dikelompokkan dalam dua kategori yaitu :

1. Proses Non-Cutting ; terdiri dari proses casting, rolling, drawing, forging dan shearing.
2. Proses Cutting ; terdiri dari proses sawing, drilling, turning, planing, milling dan lain-lain.

Karena bentuk komponen mesin yang beraneka ragam tersebut (lihat lampiran 1 dan lampiran 2), maka proses pemesinan yang dilakukannyapun dapat bermacam-macam sesuai dengan bidang yang dihasilkan yaitu :

1. Bentuk bulat pejal (*solid concentric*)
2. Bentuk datar (*flats & flanges*)
3. Bentuk tirus (*cups & cones*)
4. Bentuk tak sepusat (*non-concentric*)
5. Bentuk spiral/pengulangan (*spiral repetitive*)

Dalam bab ini akan dibahas klasifikasi proses pemesinan ditinjau dari jenis pahat dan gerak relatif antara pahat (*tool*) dengan benda kerja (*work piece*).

A. Klasifikasi Proses Pemesinan

Pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja akan menghasilkan tatal dan sementara itu permukaan benda kerja secara bertahap akan terbentuk menjadi komponen yang dikehendaki. Pahat dipasang pada tool post suatu mesin perkakas, dan dapat merupakan salah satu dari berbagai jenis pahat (perkakas potong) yang disesuaikan dengan cara pemotongan dan bentuk kondisi akhir suatu produk.

Klasifikasi jenis pahat yang sering ditemui dalam proses pemesinan adalah :

1. Pahat bermata potong tunggal (*single point cutting tools*)
2. Pahat bermata potong jamak (*multiple points cutting tools*)

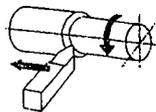
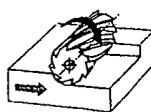
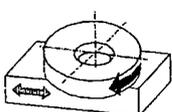
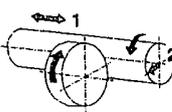
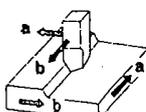
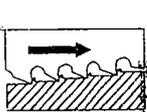
Gerak relatif pahat terhadap benda kerja dapat dipisahkan menjadi dua macam komponen gerakan yaitu **gerak potong** (*cutting movement*) dan **gerak makan** (*feeding movement*). Menurut jenis kombinasi dari gerak potong dan gerak makan maka proses pemesinan dikelompokkan menjadi (lihat tabel 3.1) :

1. Proses bubut (*turning*)
2. Proses Gurdi (*drilling*)
3. Proses Frais (*milling*)
4. Proses Gerinda rata (*Surface grinding*)
5. Proses Gerinda silinder (*Cylindrical grinding*)
6. Proses Sekrap (*shaping, planing*)
7. Proses gergaji atau parut (*sawing, broaching*).

Klasifikasi menurut gerak relatif pahat terhadap benda kerja, secara lebih rinci proses pemesinan dapat diklasifikasikan menurut tujuan dan cara pengerjaan atau mesin perkakas yang digunakan sesuai tabel 3.2. Tabel tersebut menggambarkan jenis proses pemesinan dan mesin perkakas yang biasanya digunakan untuk mengerjakan. Beberapa jenis proses mungkin dapat dilakukan pada satu mesin perkakas. Misalnya, mesin bubut selain dapat digunakan untuk membubut juga dapat digunakan untuk mengebor (menggurdi), mengkotter, mengefrais dan menggerinda dengan cara mengganti pahat dengan yang sesuai atau melengkapi mesin bubut tersebut dengan peralatan tambahan. Proses no.8 sampai dengan no.12 merupakan proses penghalusan, oleh sebab itu biasanya merupakan proses akhir (*finishing*). Dari bentuk tatal dan mekanisme terbentuknya tatal, proses penghalusan tersebut berbeda dengan proses pemesinan yang lain (no.1 s/d no.7). Selain ditinjau dari segi gerakan dan segi mesin yang digunakan, proses pemesinan dapat diklasifikasikan menurut proses terbentuknya permukaan (*surface generation*). Dalam hal ini proses tersebut dikelompokkan dalam dua garis besar yaitu :

- generasi permukaan silindrik atau konis, dan
- generasi permukaan rata/lurus dengan atau tanpa putaran benda kerja.

Tabel 3.1 Klasifikasi proses pemesinan menurut jenis gerakan relatif pahat terhadap benda kerja

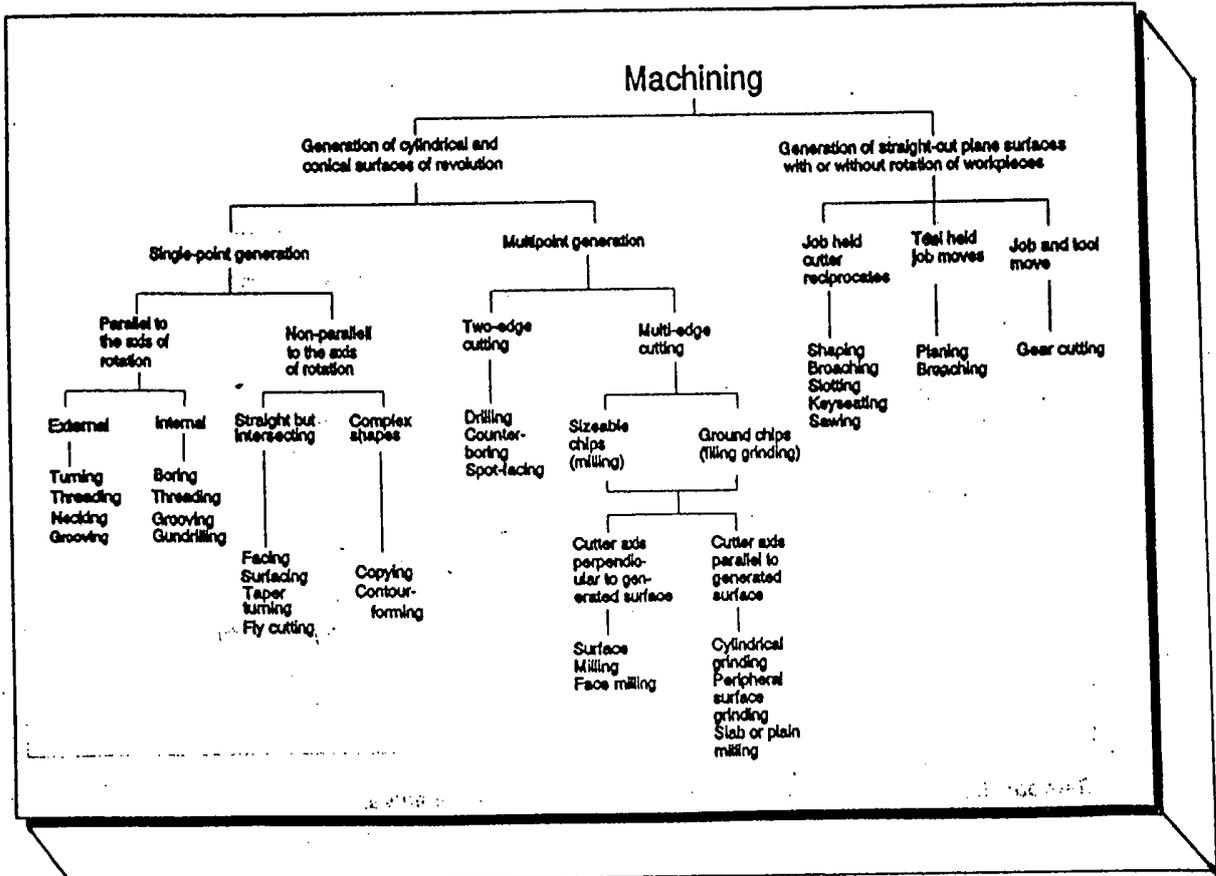
Jenis proses		Gerak potong →	Gerak makan →
Bubut		benda kerja m/min	pahat mm/min
Gurdi		pahat m/min	pahat mm/min
Freis		pahat m/min	benda kerja mm/min
Gerinda rata		pahat m/s	benda kerja
Gerinda silindrik		pahat m/s	benda kerja 1&2
Sekrap meja (a) Sekrap (b)		a benda kerja b pahat m/min	a pahat b benda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

Tabel 3.2 Klasifikasi proses pemesinan menurut jenis mesin perkakas yang digunakan

Jenis Proses	Mesin Perkakas Yang Digunakan
1. Bubut (Turning)	1. Mesin Bubut (Lathe)
2. Gurdi (Drilling)	2. Mesin Gurdi (Drilling Machine)
3. Sekrap (Shaping, Planing)	3. Mesin Sekrap (Shaping Machine) dan Mesin Sekrap Meja (Planing Machine)
4. Freis (Milling)	4. Mesin Freis (Milling Machine)
5. Gergaji (Sawing)	5. Mesin Gergaji (Sawing Machine)
6. Koter/Pelebaran lubang (Boring)	6. Mesin Koter (Boring Machine)
7. Parut (Broaching)	7. Mesin Parut/Mesin Broc (Broaching Machine)
8. Gerinda (Grinding)	8. Mesin Gerinda (Grinding Machine)
9. Asah (Honing)	9. Mesin Asah (Honing Machine)
10. Asah Halus (Lapping)	10. Mesin Asah Halus (Lapping Machine)
11. Asah Super Halus (Super Finishing)	11. Mesin Asah Super Halus/Mesin Asah Kaca (Super/Mirror Finishing)
12. Kilap (Polishing & Buffing)	12. Mesin Pengkilap (Polisher & Buffer)

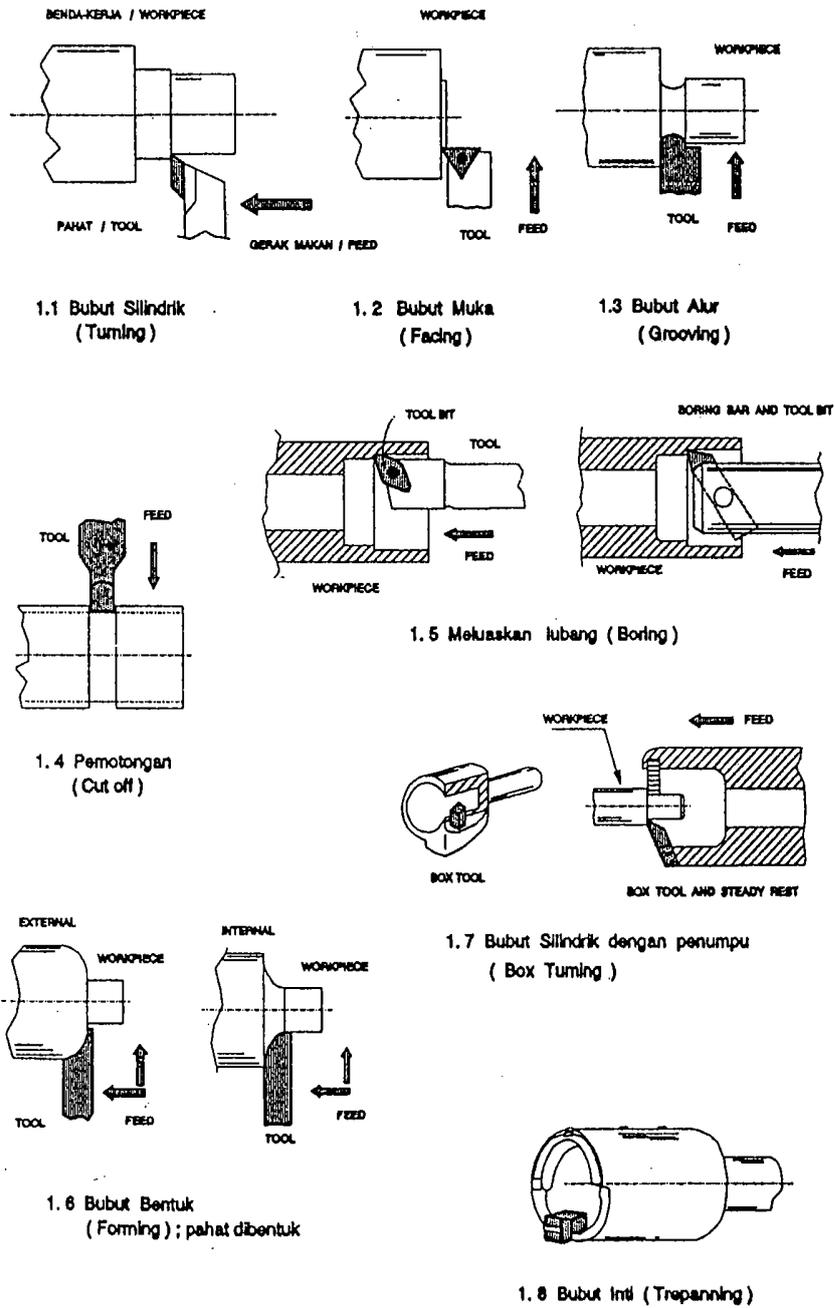
Selanjutnya berdasarkan mata potong pahat serta gerakan relatif terhadap benda kerja proses pemesinan dapat diklasifikasikan lebih lanjut sebagaimana diperlihatkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Klasifikasi proses pemesinan menurut generasi pembentukan permukaan



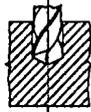
Pada setiap proses pemesinan tersebut di atas selalu memerlukan alat potong dengan bentuk khusus yang berbeda dengan alat potong yang digunakan untuk proses pemesinan lainnya. Gambar 3.1 memperlihatkan beberapa contoh bentuk pahat dari berbagai proses pemesinan yang dimaksud.

1. Proses yang biasanya dilakukan pada Mesin Bubut (pahat bermata potong tunggal gerak potong berupa putaran benda kerja dan gerak makan berupa gerak translasi pahat.

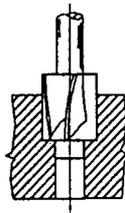


Gambar 3.1 Contoh proses pemesinan beserta bentuk pahatnya

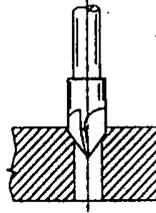
2. Proses yang biasanya dilakukan pada Mesin Girdl (pahat bermata potong jamak, gerak potong berupa putaran yang biasanya dilakukan pahat dan gerak makan berupa translasi oleh pahat).



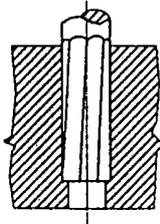
2.1 Girdl (Drilling)



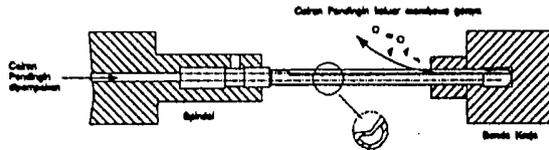
2.2 Perkusan Ujung Lubang (Counter Boring)



2.3 Penyerongan Ujung Lubang (Counter Sinking)

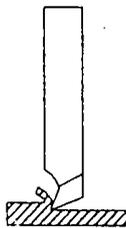


2.4 Perkusan / Penghalusan Lubang (Reaming)

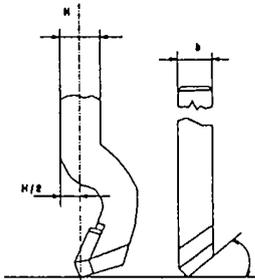


2.5 Girdl Lubang Dalam (Gun Drilling); batang pahat bertubang untuk cairan pendingin, biasanya benda kerja berputar.

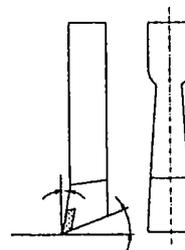
3. Proses yang biasa dilakukan pada Mesin Sekrap (pahat bermata potong tunggal yang melakukan gerak potong (shaping) atau gerak makan (planing), benda kerja melakukan gerak makan (shaping) atau gerak potong (planing), kedua gerakan tersebut berupa translasi bertahap).



3.1 Sekrap (Shaping)



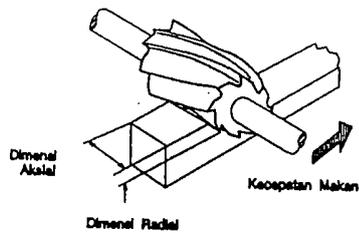
3.2 Sekrap Meja (Planing)



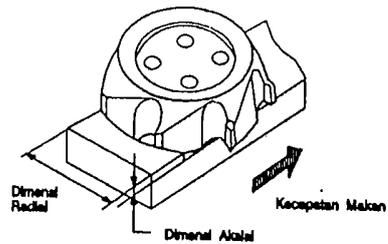
3.3 Sekrap Alur (Slotting)

Gambar 3.1(lanjutan) Contoh proses pemesinan beserta bentuk pahatnya

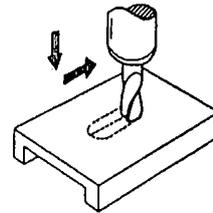
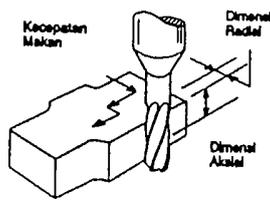
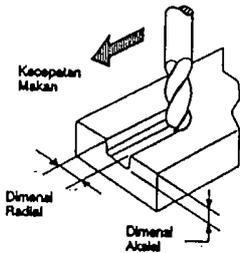
4. Proses yang biasanya dilakukan pada Mesin Freis (pahat bermata potong jamak melakukan gerak potong yang berupa putaran, benda-kerja bergerak translasi yang merupakan gerak makan.



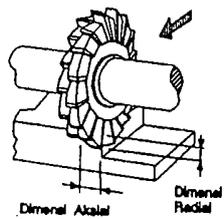
4.1 Freis Selubung (Slab Milling)



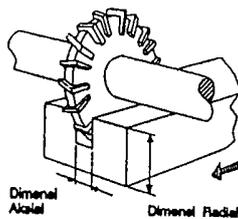
4.2 Freis Muka (Face Milling)



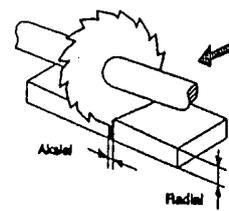
4.3 Freis Ujung (End Milling), untuk membuat alur, sisi profil dan lubang alur.



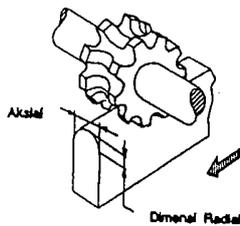
4.4 Freis Sisi (Side Milling)



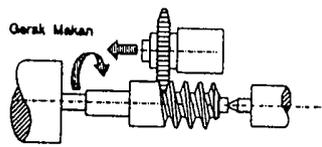
4.5 Freis Alur (Slotting)



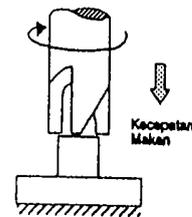
4.6 Pemotongan (Sawing)



4.7 Freis Bentuk (Form Milling)



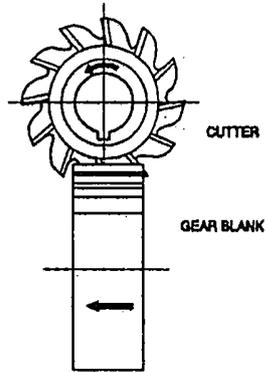
4.8 Freis Ulir (Thread Milling)



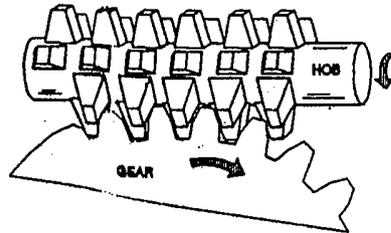
4.9 Freis Inti (Hollow Milling)

Gambar 3.1(lanjutan) Contoh proses pemesinan beserta bentuk pahatnya

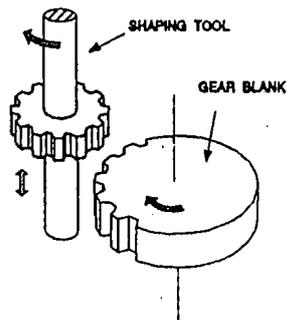
5. Proses Pemesinan Roda Gigi



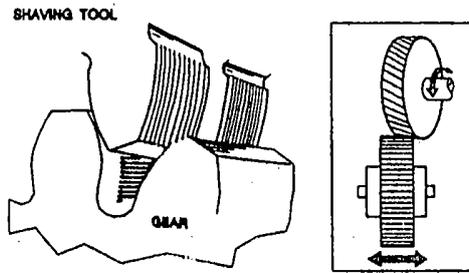
5.1 Frels Gigi (cutting)



5.2 Gear Hobbing; metoda generasi

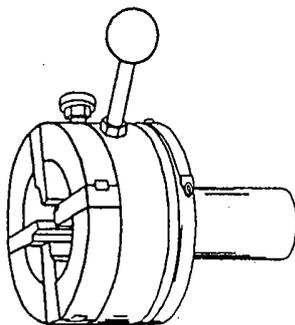


5.3 Gear Shaping; metoda generasi

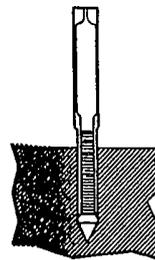


5.4 Gear Shaving; proses penghalusan

6. Proses Pemesinan Ulir Sekrup



6.1 Thread Chaser; ulir luar

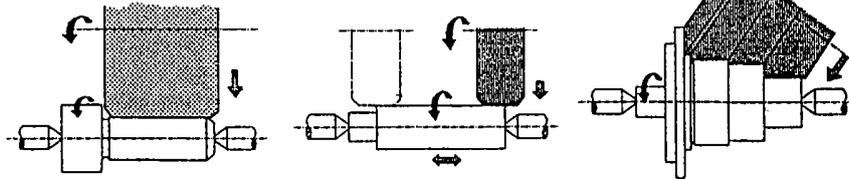


6.2 Tapping; ulir dalam

Gambar 3.1(lanjutan) Contoh proses pemesinan beserta bentuk pahatnya

1. Proses gerinda (grinding), dilakukan dengan batu gerinda dengan jumlah mata potong tak terhingga yang merupakan serbuk abrasif dipermukaannya.

Proses Gerinda Silindris Luar (External Cylindrical Grinding)

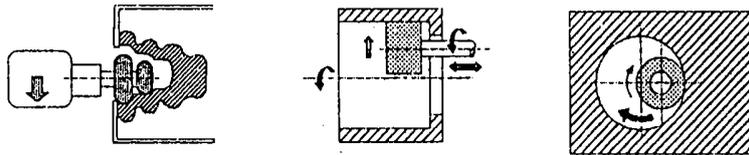


7.1 Pemakanan radial (Plunge Grinding)

7.2 Pemakanan Melintang (Transverse Grinding)

7.3 Pemakanan Miring (Angular Approach Plunge Grinding)

Proses Gerinda Silindris Dalam (Internal Cylindrical Grinding)

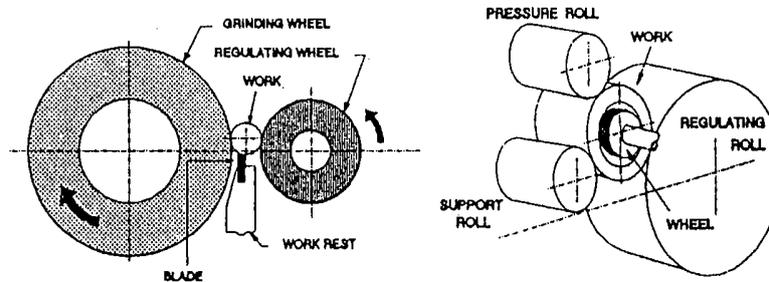


7.4 Pemakanan Radial

7.5 Pemakanan Melintang

7.8 Planetary Grinding

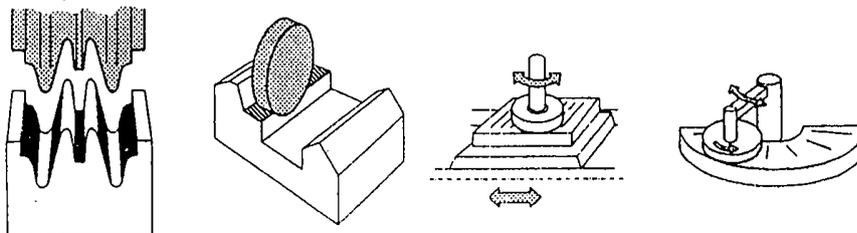
Proses Gerinda Silindris Tanpa Senter (Centerless Cylindrical Grinding)



7.7 Silinder luar

7.8 Silinder Dalam

Proses Gerinda Rata (Surface Grinding)



7.9 Permukaan aktif sekelung (Peripheral Surface Grinding)

7.10 Permukaan Aktif Muka (Face Surface Grinding)

Gambar 3.1(lanjutan) Contoh proses pemesinan beserta bentuk pahatnya

B. Elemen Dasar Proses Pemesinan

Dalam proses pembuatan suatu komponen mesin, spesifikasi geometrik produk yang akan dibuat sudah dicantumkan dalam gambar teknik. Salah satu atau beberapa jenis proses pemesinan yang telah disinggung dimuka harus dipilih sebagai suatu proses atau urutan proses yang digunakan untuk membuat komponen atau produk tersebut. Bagi suatu tingkatan proses, ukuran obyektif telah ditentukan dan pahat (alat potong) harus membuang sebagian material benda kerja sampai ukuran obyektif tersebut dapat tercapai. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menentukan penampang tatal sebelum dipotong. Setelah berbagai aspek teknologi ditinjau, kecepatan pembuangan tatal (geram) dapat dipilih sehingga waktu pemotongan sesuai dengan yang dikehendaki. Dalam perencanaan proses pemesinan, lima elemen dasar proses pemesinan yang harus diperhatikan adalah:

1. Kecepatan potong (cutting speed) ; (m/min)
2. Kecepatan makan (feeding speed) ; (mm/min)
3. Kedalaman potong (dept of cut) ; (mm)
4. Waktu pemotongan (cutting time) ; (min)
5. Kecepatan penghasilan tatal (rate of metal removal) ; (cm³/min)

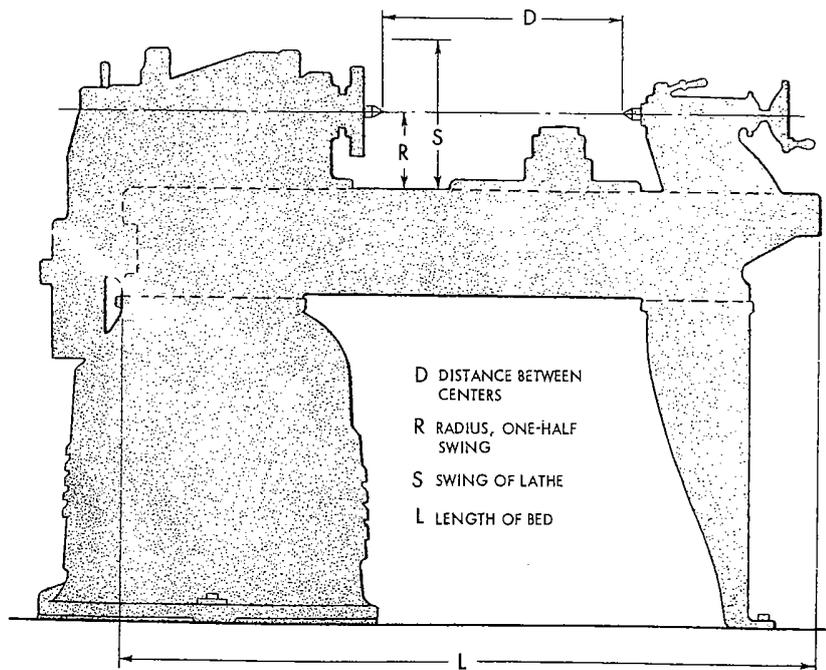
Elemen dasar proses pemesinan tersebut dihitung berdasarkan dimensi benda kerja dan atau pahat serta besaran mesin perkakas yang digunakan. Besaran mesin perkakas yang dapat diatur ada bermacam-macam tergantung dari jenis mesin perkakas. Sehingga rumus yang dipakai untuk menghitung elemen dasar proses pemesinan dapat berlainan.

BAB IV

MESIN BUBUT

Setiap industri konstruksi dan pengerjaan logam hampir dapat dipastikan memiliki mesin bubut. Fungsi mesin ini adalah untuk merubah bentuk dan ukuran benda kerja dengan jalan menyayat benda kerja yang berputar dengan menggunakan pahat. Benda kerja yang berputar tersebut dipasang pada alat penjepit (cekam), kemudian pahat bergerak secara memanjang maupun melintang atau kombinasi dari gerak tersebut.

Putaran sumbu utama diperoleh dari motor listrik, dengan perantara sabuk penggerak. Bentuk dan ukuran mesin bubut bermacam-macam dari ukuran kecil sederhana sampai dengan yang besar dan lengkap. Teknologi yang digunakan untuk mengoperasikan juga telah berkembang sangat pesat dari yang manual sampai yang canggih. Ukuran utama mesin bubut ditentukan oleh jarak antara sumbu utama dengan alas mesin dan jarak antara senter kepala tetap dengan senter kepala lepas. Ukuran ini menunjukkan kapasitas kerja yang dapat dilakukan di mesin bubut (lihat gambar 4.1)

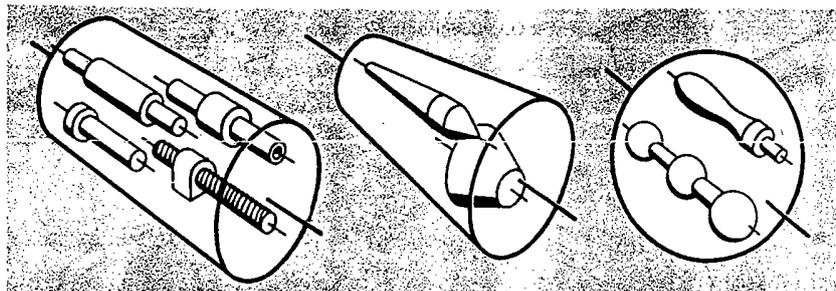


Gambar 4.1. Ukuran utama mesin bubut

A. Bentuk Benda Kerja

Setiap proses bubut selalu menghasilkan benda kerja dengan penampang berbentuk bulat. Komponen-komponen mesin yang ada di sekitar kita, seperti baut, poros, poros eksentrik, bushing, rumah-rumah bearing, ring, handle dan bahan-bahan (*blank*) roda gigi adalah produk dari mesin bubut. Begitu juga dengan pisau (*cutter*) frais, tap, snay, reamer, dan mata bor adalah benda kerja berpenampang bulat hasil dari proses bubut.

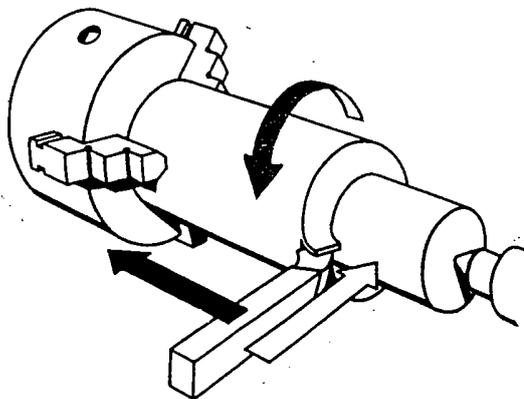
Benda-benda yang disebutkan di atas dapat dibuat dari berbagai macam material dengan tingkat ketelitian dan kualitas permukaan yang berbeda-beda tergantung dari kebutuhan. Contoh hasil pekerjaan bubut dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Contoh benda kerja hasil proses bubut

B. Prinsip Gerakan Pahat pada Mesin Bubut

Prinsip gerakan pahat pada waktu membubut dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Prinsip gerakan dalam membubut

Berdasarkan gambar tersebut secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut :

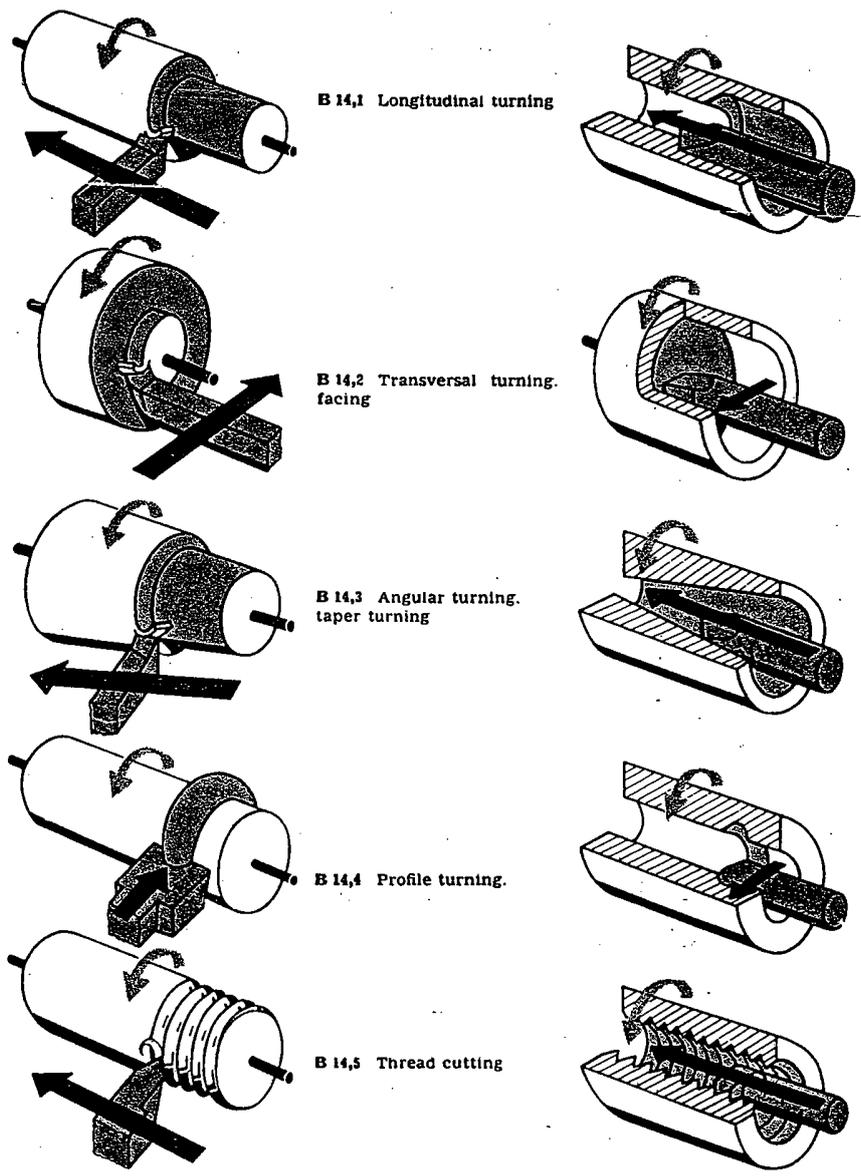
1. Gerakan berputar benda kerja (a), disebut dengan putaran utama (*main motion*).
2. Kecepatan benda kerja terpotong oleh pahat akibat putaran utama disebut kecepatan potong (*cutting speed*).
3. Pahat yang bergerak maju ke arah memanjang, melintang atau kombinasi gerak memanjang dan melintang secara teratur menyayat benda kerja disebut kecepatan pemakanan (*feed motion*).
4. Apabila ketebalan pemotongan (*depth of cut*) diatur sesuai dengan kedalaman pemotongan yang dikehendaki disebut *adjusting motion*.

C. Bentuk Pengerjaan Benda Kerja di Mesin Bubut

Macam-macam benda kerja yang dihasilkan oleh mesin bubut dapat dibedakan menurut proses pengerjaannya. Proses bubut dikelompokkan dalam dua kategori yaitu pengerjaan pada bagian luar benda kerja disebut **OUTSIDE TURNING** dan pengerjaan pada bagian dalam disebut **INSIDE TURNING**. Secara umum proses pengerjaan tersebut adalah :

1. Membubut memanjang (*longitudinal turning*), proses ini dapat dilakukan pada bagian luar dan dalam benda kerja.
2. Membubut melintang (*transversal turning*), proses ini dapat dilakukan pada bagian luar dan dalam benda kerja.
3. Membubut tirus (*taper turning*), proses ini dapat dilakukan pada bagian luar dan dalam benda kerja.
4. Membubut profil (*profile turning*), proses ini dapat dilakukan pada bagian luar dan dalam benda kerja.
5. Membubut ulir (*thread cutting*), proses ini dapat dilakukan pada bagian luar dan dalam benda kerja.

Proses-proses pengerjaan tersebut di atas dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Proses-proses pengerjaan di mesin bubut

D. Pahat Bubut

1. Material pahat bubut

Bahan dasar pahat bubut harus mempunyai sifat-sifat :

- Keras, agar sisi potong (*cutting edge*) dapat memotong benda kerja,
- Ulet, agar sisi potong tidak mudah patah,
- Tahan panas supaya sisi potong tidak mudah aus atau rusak,
- Secara ekonomis menguntungkan.

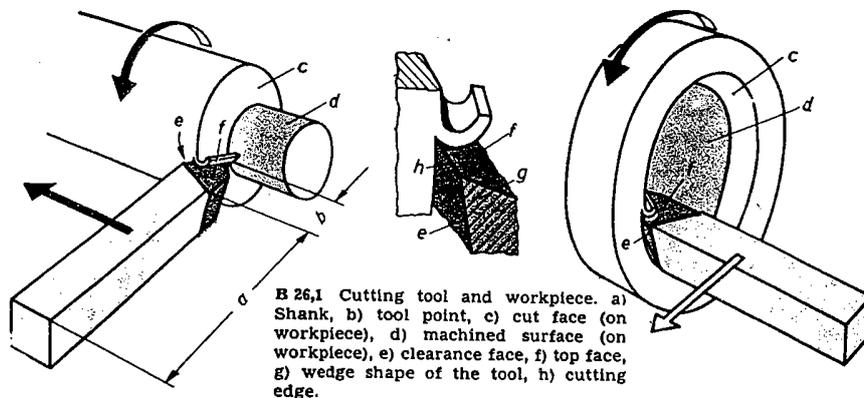
Beberapa material pahat bubut yang sering digunakan adalah :

- a. **Unalloy tool steel** adalah baja perkakas bukan paduan dengan kadar karbon 0,5-1,5 %. Kekerasannya akan hilang bila suhu kerja mencapai 250° C. Oleh sebab itu material ini tidak cocok untuk kecepatan potong yang tinggi.
- b. **Alloy tool steel** adalah baja perkakas paduan yang mengandung karbon, kromium, vanadium dan molybdenum. Tentang macamnya baja ini terdiri dari baja paduan tinggi dan paduan rendah. HSS (**high speed steel**) adalah baja paduan tinggi yang tahan terhadap keausan sampai suhu 600° C.
- c. **Cemented carbide**. Susunan bahan ini adalah terdiri dari tungsten atau molybdenum, kobalt serta karbon. Cemented carbide biasanya dibuat dalam bentuk tip dan *dibrassing* atau dibaut pada holdernya (pemegang pahat). Pada suhu 900° C bahan ini masih mampu memotong dengan baik. Sehingga cemented carbide sangat cocok untuk proses bubut dengan kecepatan potong tinggi. Dengan demikian waktu pemotongan dapat dipersingkat dan putaran yang tinggi dapat menghasilkan kualitas permukaan yang halus.
- d. **Diamond tips** adalah bahan yang sangat keras dan penggunaannya untuk pekerjaan finishing yang menuntut perlakuan khusus.
- e. **Ceramic** adalah bahan yang juga sangat keras dan cara pemasangannya sama seperti cemented carbide.

2. Geometri pahat

Pada waktu pahat bubut menyayat benda kerja baik dalam proses bubut memanjang maupun melintang, bidang-bidang pada pahat maupun benda kerja dapat dijelaskan sebagai berikut (lihat gambar 4.5) :

- a. Tangkai pahat (*shank*)
- b. Ujung pahat (*tool point*)
- c. Bidang yang terpotong (*cut face*) pada bubut luar
- d. Bidang yang terpotong (*machine surface*) pada bubut dalam
- e. Bidang kebebasan pahat dengan benda kerja (*clearance face*)
- f. Bidang kebebasan tatal (*top face*)
- g. Bentuk irisan (penampang) dari sisi potong (*wedge shape of the tool*)
- h. Sisi potong (*cutting edge*)

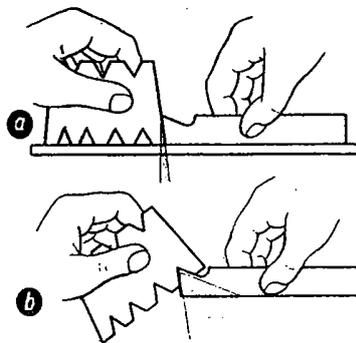


Gambar 4.6 Alat potong (pahat bubut) dan benda kerja

Bentuk sisi potong dari sebuah pahat dapat dibedakan dengan mudah dari tangkainya. Tangkai pahat hanya berfungsi sebagai tempat untuk mengikat pahat dengan tool post, sedangkan ujung pahat bubut berfungsi sebagai sisi potong yang digunakan untuk menyayat benda kerja. Tetapi hal ini dapat disesuaikan dengan material pahat yang digunakan. Apabila kita menggunakan tipe pahat sisipan maka tangkai dengan pahat terbuat dari material yang berbeda. Jika kita menggunakan pahat HSS, maka material ujung pahat dan tangkainya dapat

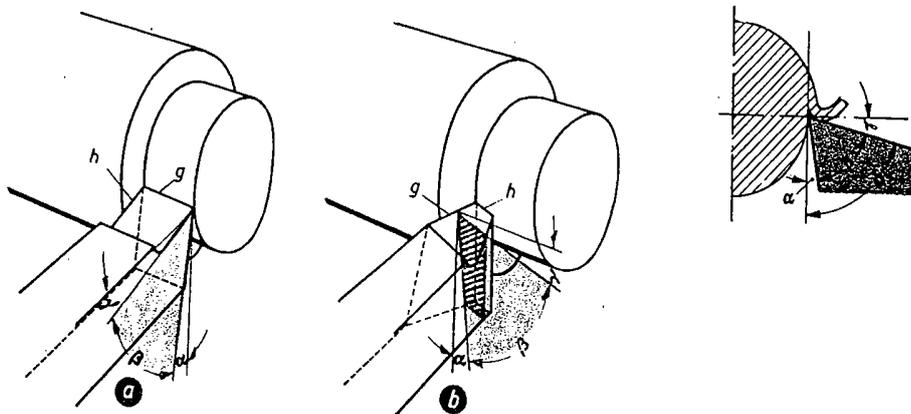
terpisah atau bagian pahat yang tak digerinda sebagai sisi potong dan masih mencukupi untuk dijepit dapat berfungsi sebagai shank (tangkai).

Sudut-sudut pahat bubut dapat diasah sesuai dengan material benda kerja yang akan kita kerjakan. Para ahli di bidang pemesinan telah membuat suatu penelitian tentang geometri pahat yang sesuai untuk material –material tertentu. Bila material yang akan dibubut bersifat keras, agar sisi potong tidak rusak maka sudut baji perlu dibuat lebih besar dari pada bila materialnya lunak. Perhatikan gambar 4.7 di bawah ini.



Gambar 4.7 Memeriksa sudut bebas depan dan sudut baji

Sudut bebas depan harus dibuat sedemikian rupa sehingga permukaan pahat tidak bersinggungan dengan benda kerja. Sudut bebas tatal (rake angle) yang besar sangat membantu untuk menghilangkan tatal dari ujung pahat. Namun demikian rake angle tidak boleh diperbesar sembarangan karena mengakibatkan sudut baji menjadi rapuh (mudah rusak/patah).

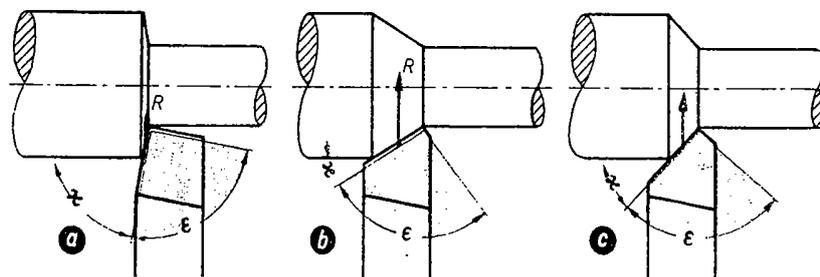


Gambar 4.8 Sudut-sudut pada pahat bubut.

Keterangan gambar 4.8 :

- g = sisi potong utama (main cutting edge)
- h = sisi potong sekunder (secondary cutting edge)
- α = sudut bebas depan (clearance angle)
- β = sudut baji (wedge angle)
- γ = sudut rake (rake angle)
- δ = sudut potong (cutting angle)

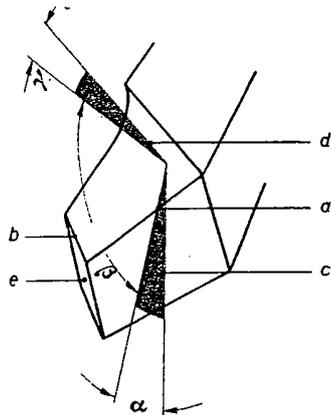
Sudut yang diukur dari bidang sisi potong utama dengan bidang benda kerja yang disayat sejajar sumbu utama disebut *plan angle* (perhatikan gambar 4.9). Apabila plan angle terlalu besar, tatal yang dihasilkan menjadi tipis dan tekanan pemotongan (*cutting pressure*) akan disalurkan pada bidang yang pendek dari sisi potong. Dengan demikian sisi potong tertekan sangat berat, sehingga pahat akan menjadi cepat aus. Plan angle yang terlalu kecil, akan mengakibatkan tatal yang terpotong menjadi tebal pada kedalaman yang sama, dan pahat akan berumur lebih lama. Biasanya plan angle kita pertahankan sekitar 45° . Plan angle yang kecil juga mengakibatkan tekanan yang besar (R), yang akan mengakibatkan pembengkokan pahat.



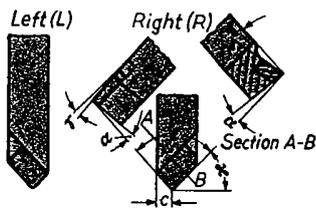
Gambar 4.9 a) Plan angle besar, b) plan angle kecil c) plan angle normal (45°)

Berikut ini diberikan contoh tabel penggerindaan sudut-sudut pahat bubut dengan berbagai macam material benda kerja apabila kita menggunakan pahat dari HSS dan Cemented Carbide.

Tabel 4.1 Sudut-sudut pahat bubut dari bahan HSS dan Cemented Carbide



B 28,2 Angles and faces on the right-hand roughing tool. a) Clearance angle, β) wedge angle, γ) rake angle, a) primary cutting edge, b) secondary cutting edge, c) clearance face of the primary cutting edge, d) top-face, e) clearance face of the secondary cutting edge.



T 28,1 Reference values for cutting angles when turning with tools of high-speed steel and cemented carbides.

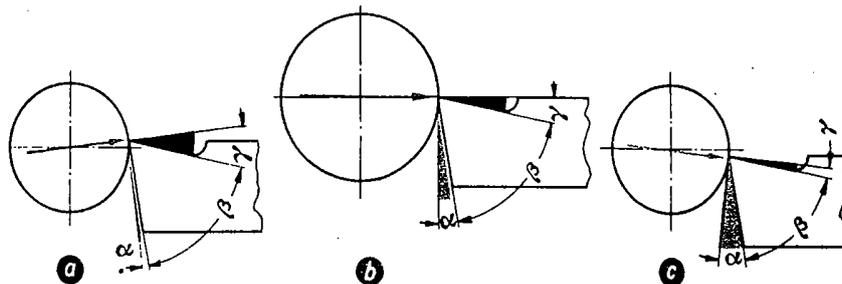
High-speed steel			Material	Cemented carbide		
α°	β°	γ°		α°	β°	γ°
8	68	14	Carbon steel up to 70 Kgf/mm ²	5	75	10
8	72	10	Cast steel up to 50 Kgf/mm ²	5	79	6
8	68	14	Alloyed steel up to 85 Kgf/mm ²	5	75	10
8	72	10	Alloyed steel up to 100 Kgf/mm ²	5	77	8
8	72	10	Malleable cast iron	5	75	10
8	82	0	Cast iron	5	85	0
8	64	18	Copper	8	64	18
8	82	0	Brass, gunmetal, cast bronze	5	79	6
12	48	30	Pure aluminium	12	48	30
12	64	14	Alum, casting and certain plastic	12	60	18
8	76	6	Magnesium alloy	5	79	6
12	64	14	Insulation materials (fibre, bakelite)	12	64	14
12	68	10	Hard rubber, hard paper	12	68	10
—	—	—	Porcelain	5	85	0

B 28,3 Straight turning tools, IS 3019. Example of a right hand turning tool (R) with a shank cross section of 32 mm square: clearance angle $\alpha=8^\circ$, rake angle $\gamma=10^\circ$ and plane angle $\kappa=60^\circ$: Straight Turning Tool R 3232 IS 3019-1965.

Pahat bubut harus disimpan dengan baik agar sisi potongnya tidak mudah tumpul. Sisi potong yang tumpul menyebabkan getaran yang besar, sehingga mengakibatkan panas dan permukaan yang kasar. Oleh sebab itu pahat jangan ditunggu sampai sisi potongnya tumpul.

3. Cara memasang pahat bubut

Apabila pahat bubut dipasang di atas atau di bawah sumbu benda kerja, maka besarnya sudut bebas dan sudut rake akan berubah. Perhatikan gambar 4.10 di bawah ini.



Gambar 4.10 Pemasangan pahat bubut

Jika pemasangan ujung sisi potong di atas sumbu benda kerja, maka α menjadi lebih kecil sehingga gesekan yang terjadi di antara sudut bebas pahat dengan benda kerja menjadi lebih besar. Sudut γ menjadi lebih besar sehingga tatal dapat terpotong dengan mudah. Untuk pemotongan kasar (*roughing*) kadang-kadang pahat dipasang di atas sumbu benda kerja (*centre*) sampai sekitar 2 % dari diameter benda kerja.

Jika pemasangan di bawah sumbu benda kerja α menjadi lebih besar sehingga memperkecil gesekan antara sudut bebas dengan benda kerja. Sudut γ menjadi lebih kecil sehingga tatal sukar terlepas.

4. Kecepatan Potong

Apabila benda kerja berputar satu kali, jarak yang ditempuh ujung pahat sama dengan keliling benda kerja tersebut. Misal benda kerja dengan diameter (d), maka kelilingnya adalah :

$$K = \pi \times d$$

Bila diameter benda kerja $d = 85 \text{ mm}$, maka kelilingnya adalah :

$$K = 3,14 \times 85 = 267 \text{ mm} = 0,267 \text{ m}$$

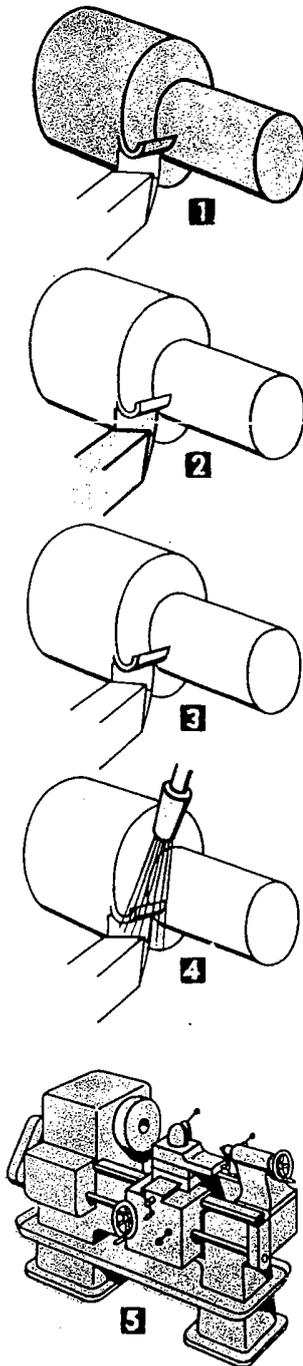
Bila benda kerja berputar 100 kali tiap menit, maka panjang tatal yang tersayat :

$$3,14 \times 85 \times 100 = 26,7 \text{ m/min}$$

Jadi jarak yang ditempuh pada satuan waktu tertentu disebut kecepatan (speed), kecepatan putaran dari benda kerja disebut **kecepatan keliling**. Panjang pemotongan dalam satu menit disebut kecepatan keliling atau sama dengan kecepatan tatal tersayat. Jadi kecepatan potong adalah panjang tatal yang tersayat tiap satu menit. Rumus untuk menentukan kecepatan potong adalah :

$$v = \frac{\pi d n}{1000} \dots\dots\dots \text{m/min}$$

Kecepatan potong tidak boleh dipilih sembarangan. Bila kecepatan potong terlalu rendah waktu pemotongan akan lebih lama, dan apabila kecepatan potong terlalu tinggi pahat akan cepat kehilangan kekerasannya (karena temperatur ujung pahat menjadi sedemikian tinggi). Untuk menentukan kecepatan potong berikut ini adalah hal-hal yang perlu dipertimbangkan :



Gambar 4.11 Penentuan kecepatan potong

a. Material benda kerja

Bahan atau material yang keras akan menimbulkan panas yang lebih tinggi dari pada bahan yang lunak, maka kecepatan potong bahan yang keras harus.

b. Material pahat

Cemented Carbide mempunyai ketahanan aus yang lebih tinggi dari pada HSS. Sehingga kecepatan potong untuk Cemented Carbide dapat diambil lebih tinggi daripada kecepatan potong pahat HSS.

c. Penampang dari tatal

Pada waktu membubut dengan ketebalan tatal yang tipis (*finishing*), kecepatan potong dapat lebih tinggi daripada membubut dengan tatal yang tebal (*roughing*).

d. Pendingin

Apabila kita menggunakan cairan pemotongan, maka kecepatan potong yang lebih tinggi dapat kita pilih

e. Kemampuan mesin

Mesin bubut yang besar tentu saja memiliki kemampuan kecepatan potong yang lebih besar dari pada mesin yang kecil.

Sehingga dapat disimpulkan, pemilihan kecepatan potong harus memperhatikan berbagai aspek.

Tabel 4.2 memperlihatkan penentuan kecepatan potong untuk material tertentu dengan ketebalan pemotongan yang bervariasi dan dilengkapi dengan media pendinginnya.

Tabel 4.2 Penentuan kecepatan potong, kecepatan pemakanan, ketebalan penyayatan dan media pendingin

T 35.1 Reference values for cutting angles — cutting speed — feed — depth of cut — coolant.

Material	Tool	Cutting angles.			Roughing ▽ Depth of cut $a \approx 4 \dots 10 \cdot s$			Finishing ▽▽ Depth of cut $a \approx 2 \dots 5 \cdot s$			Coolant and lubricant for	
					Cutting speed v m/min	Feed s mm/U	Depth of cut a mm	Cutting speed v m/min	Feed s mm/U	Depth of cut a mm	Rough- ing ▽	Finish- ing ▽▽
		α	β	γ								
Steel Strength 50 kgf/mm ²	TS	8°	52°	20°	14	0.5	4	20	0.2	1	E	E o. P
	HSS				22	1	10	30	0.5	1		
	H	5°	67°	18°	150	2.5	15	200	3.25	1.5		
50—70 kgf/mm ²	TS	8°	68°	14°	10	0.5	4	15	0.2	1	E	E o. P
	HSS				20	1	10	24	0.5	1		
	H	5°	75°	10°	120	2.5	15	200	0.25	1.5		
70—85 kgf/mm ²	TS	8°	68°	14°	8	0.5	4	12	0.2	1	E	E o. P
	HSS				15	1	10	20	0.5	1		
	H	5°	75°	10°	80	2	15	140	0.2	1.5		
Tool steel	TS	8°	76°	6°	6	0.5	3	8	0.2	1	E	E o. P
	HSS				12	1	8	16	0.5	1		
	H	5°	79°	6°	30	0.6	5	50	0.15	1		

TS = Tool steel
HSS = High-speed steel
H = cemented carbide
E = Water soluble oil
R = Rape oil
P = Kerosene
dr = dry

For thread cutting v will be about $1/2$ of the cutting speed for longitudinal turning.

Calculation of the rpm

Example I: The rpm has to be calculated.

Given: $d = 125$ mm; $v = 20$ m/min.

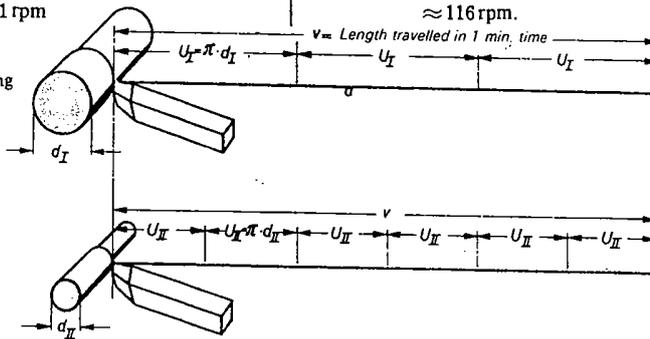
$$\text{Result: } n = \frac{1000 \times v}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 20 \text{ m/min.}}{3.14 \times 125 \text{ mm}} \approx 51 \text{ rpm}$$

Example II: The rpm has to be calculated.

Given: $d = 55$ mm; $v = 20$ m/min.

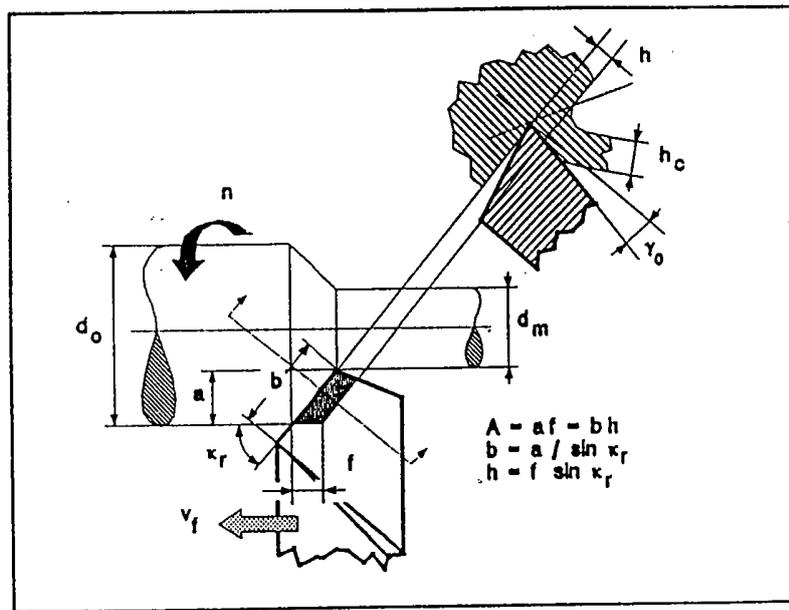
$$\text{Result: } n = \frac{1000 \times v}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 20 \text{ m/min.}}{3.14 \times 55 \text{ mm}} \approx 116 \text{ rpm.}$$

B 35.1 Calculating the rpm.



E. Elemen Dasar Proses Bubut

Selain kecepatan potong seperti dijelaskan di depan, elemen dasar proses bubut dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang diturunkan dari kondisi pemotongan selama proses tersebut dilakukan. Perhatikan gambar 4.12 di bawah ini.



Gambar 4.12 Parameter-parameter dalam proses bubut

Kondisi pemotongan dalam proses bubut harus memperhatikan :

Unsur	Simbol	Keterangan	Satuan
Benda kerja	d_o	diameter awal	mm
	d_m	diameter akhir	mm
	l_t	panjang pemesinan	mm
Pahat	x_r	sudut potong utama	$^{\circ}$ (derajad)
	γ_o	sudut tatal	$^{\circ}$ (derajad)
Mesin bubut	a	kedalaman potong	mm
	f	gerak makan	mm/rev
	n	putaran sumbu utama	rpm

Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus-rumus sebagai berikut :

a. Kecepatan potong

$$v = \frac{\pi d n}{1000} \dots\dots\dots \text{m/min}$$

dimana $d = (d_o - d_m)/2 = d_o$

b. Kecepatan makan

$$v_f = f \cdot n \dots\dots\dots \text{mm/min}$$

c. Waktu pemotongan

$$t_c = l_t / v_f \dots\dots\dots \text{min}$$

d. Kecepatan penghasilan tatal

$$Z = A \cdot v$$

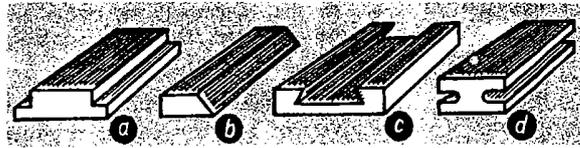
dimana penampang tatal sebelum terpotong adalah $A = f \cdot a \dots\dots\dots \text{mm}^2$,
atau ($A = b \cdot h$), sehingga :

$$Z = f \cdot a \cdot v \dots\dots\dots \text{cm}^3/\text{min}$$

BAB V

MESIN SKRAP

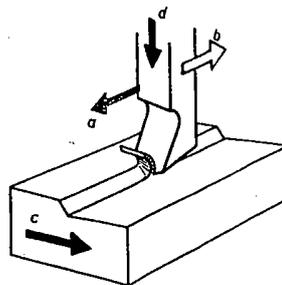
Selain proses bubut, dan proses frais, proses skrap juga merupakan proses yang penting untuk mengerjakan bidang-bidang datar, cembung maupun cekung. Kalau mesin bubut prinsipnya adalah gerak rotasi maka pada mesin skrap prinsipnya adalah gerak translasi yang dilakukan oleh pahat (pada mesin skrap). Pada mesin skrap meja (*planing machine*), gerak translasi dilakukan oleh benda kerja. Mesin skrap juga dapat disebut mesin *slotting horizontal*. Untuk menjalankannya diperlukan gerakan utama (maju – mundurnya lengan mesin), feed (langkah pemakanan), dan pengaturan dalamnya pemakanan (*dept of cut*). Pada gambar 5.1 diperlihatkan contoh pekerjaan-pekerjaan dari proses skrap.



Gambar 5.1 Contoh bentuk pekerjaan dari proses skrap

Berdasarkan gerakan pahat dan benda kerja, proses skrap dapat dilakukan secara horisontal atau vertikal. Untuk gerakan proses skrap horisontal dapat dijelaskan sebagai berikut (perhatikan gambar 5.2) :

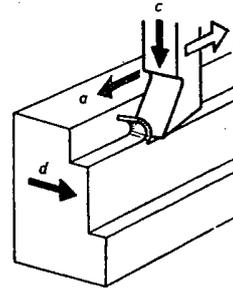
- Langkah maju
- Langkah mundur
- Gerak pemakanan mendatar
- Dalamnya pemakanan



Gambar 5.2 Proses horisontal

Sedangkan untuk proses skrap vertikal gerakan yang dibutuhkan adalah :

- a. langkah maju
- b. langkah mundur
- c. gerak pemakanan vertikal
- d. lebar pemakanan



Gambar 5.3 Proses skrap vertikal

A. Gerakan-gerakan Mesin Skrap

1. Gerakan utama

Gerak ini ditunjukkan oleh pahat. Ada dua gerakan utama ini yaitu gerak maju dan gerak mundur. Gerak **maju** dapat disebut juga **langkah kerja** dan langkah **mundur** disebut **langkah tidak kerja**. Hal ini disebabkan pada waktu langkah maju pahat akan menyayat benda kerja dan tatal akan terpotong, sedangkan pada waktu pahat bergerak mundur pahat tidak menyayat benda kerja.

2. Gerakan *feeding* (langkah pemakanan)

Gerakan ini akan menghasilkan ketebalan tatal yang terpotong. Pada proses penyekrapan horisontal gerakan atau langkah pemakanan diatur sedemikian rupa sehingga benda kerja cenderung diam akan tersayat oleh pahat yang bergerak turun. Pada proses penyekrapan vertikal, benda kerja cenderung bergerak ke arah samping ke kiri dan ke kanan sementara pahat diatur ketebalan pemotongannya.

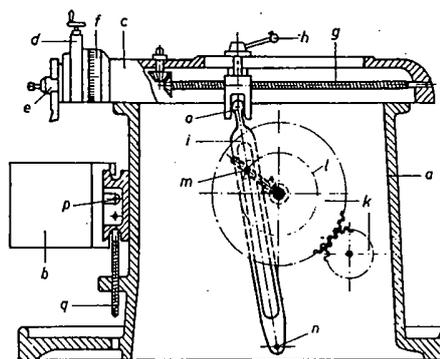
3. Pengaturan dalamnya pemakanan

Pengaturan ini akan menghasilkan kedalaman pemotongan. Kedalaman pemotongan erat kaitannya dengan perencanaan waktu pemesinan. Pertimbangan-pertimbangan tertentu perlu dilakukan agar kedalaman pemotongan yang diambil sudah cocok. Misalnya kekokohan mesin, daya motor penggerak yang digunakan, skill operator dan sebagainya.

B. Komponen Mesin Skrap

Secara garis besar mesin skrap terdiri dari badan mesin, meja, penggerak utama dan mekanisme penggerak langkah pemakanan. Secara lebih rinci bagian-bagian mesin skrap dapat dijelaskan sebagai berikut (lihat gambar 5.4) :

- a. Badan (*body*) mesin
- b. Meja
- c. *Ram* (lengan)
- d. *Tool slide* (pengaturan pahat)
- e. *Tool post* (tempat kedudukan pahat)
- f. Pembagi sudut
- g. Spindle untuk mengatur panjang sisi langkah
- h. Tangkai pengunci
- i. Rocker arm (lengan ayun)
- j. Roda gigi penggerak
- k. Roda gigi utama yang digerakkan
- l. Balok geser
- m. Titik tumpu (*fulcrum*)
- n. Penghubung (joint)
- o. Spindle pengatur gerak meja mendatar
- p. Spindle penggerak naik turun meja

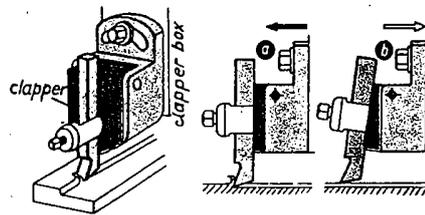


B 144,1 Design of the shaping machine. a) Machine body, b) table, c) ram, d) tool slide, e) tool post, f) graduations, g) spindle for setting the stroke position, h) locking lever, i) rocker arm, k) gear drive, l) gear, m) sliding block with pivot, n) fulcrum, o) joint, p) side adjustment of the table, q) vertical adjustment of the table.

Gambar 5.4 Komponen mesin skrap

1. Ram (lengan)

Lengan berada pada bidang luncur (*guideway*) dan menghasilkan gerakan utama. Pada bagian depan dari ram ini terdapat *tool slide* dan *tool post*. Pahat dipasang pada *tool post* yang mempunyai posisi tetap pada engsel *clapper box*. Pada saat langkah maju *clapper* ditekan oleh *clapper box* dengan gaya potong. Pada saat langkah mundur, *clapper* terangkat sehingga merusakkan pahat dan benda kerja dapat dihindari. Perhatikan gambar 5.5.



Gambar 5.5 Clapper dengan clapper box

2. Tool slide

Selain untuk menyekrap bidang datar *tool slide* dapat diatur untuk menyekrapan bidang-bidang miring atau bersudut. Untuk keperluan ini mesin skrap dilengkapi dengan pembagi sudut. Untuk pekerjaan pembuatan alur ekor burung dengan ketelitian yang tidak terlalu tinggi, dapat dikerjakan dengan menggunakan mesin ini.

3. Meja

Pada meja mesin skrap biasanya dipasang ragum *rotary* (ragum yang dapat diputar), untuk memegang benda kerja. Meja mesin skrap dapat digerakkan secara mendatar maupun vertikal. Untuk pekerjaan-pekerjaan pengasaran (*roughing*) harus dipastikan bahwa semua baut ragum *rotary* sudah dalam posisi dikeraskan dengan cukup, untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja.

4. Gerak utama

Gerak utama adalah gerakan lengan (*ram*) pada saat maju dan mundur. Gerakan ini diperoleh dari gerakan putar roda gigi penggerak yang dirubah

menjadi gerak translasi oleh batang ayun. Sebuah motor listrik digunakan untuk memutar roda penggerak ke roda gigi yang dipasang pada poros yang dapat diatur dengan baut spindle. Balok geser akan meluncur bolak-balik pada batang ayun. Dengan momen putar dari roda gigi, dan batang ayun mempunyai titik tumpuan di dasar mesin, maka batang ayun dapat bergerak bebas maju dan mundur.

5. Mengatur panjang langkah

Panjang langkah dapat diatur dengan menggerakkan poros roda gigi. Waktu yang diperlukan untuk langkah mundur adalah lebih cepat dari pada waktu yang dibutuhkan untuk langkah maju. Perhatikan gambar 5.6 bahwa untuk langkah maksimum, poros harus ditempatkan pada jarak maksimum dari titik pusat roda gigi. Pada waktu langkah maju, poros melintasi jarak dari A ke B (sudut α) dan akan melintasi jarak B ke A (sudut β) saat langkah mundur.

Contoh : diketahui $\alpha = 240^\circ$ dan $\beta = 120^\circ$, apabila waktu yang diperlukan tiap satu kali putaran roda gigi adalah 3 detik, hitunglah waktu kerja dan waktu tidak kerja.

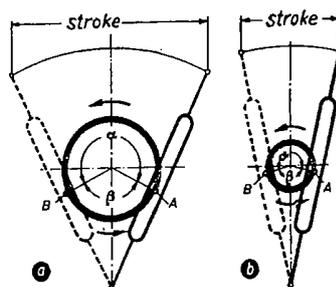
Jawab :

1 putaran 360° = 3 detik, berarti;

Langkah kerja 240° = 2 detik, dan

Langkah tak kerja 120° = 1 detik

Pada saat langkah pendek, poros terpasang dekat sekali dengan centre, sudut α dan sudut β sedikit sekali selisihnya sehingga perbedaan waktu langkah maju dan mundur tidak terlalu banyak.



Gambar 5.6 Panjang langkah mesin skrap ; a) panjang & b) pendek

C. Elemen Dasar Proses Skrap

Kondisi pemotongan dalam proses skrap harus memperhatikan :

Unsur	Simbol	Keterangan	Satuan
Benda kerja	l_w	Panjang pemotongan	mm
	l_v	Langkah pengawalan	mm
	l_n	Langkah pengakhiran	mm
	l_t	Panjang pemesinan ($l_w + l_v + l_n$)	mm
	w	Lebar pemotongan benda kerja	mm
Pahat	α_r	sudut potong utama	° (derajad)
	γ_o	sudut tatal	° (derajad)
Mesin skrap	a	kedalaman potong	mm
	f	gerak makan	mm/langkah
	np	jumlah langkah tiap menit	langkah/min
	R_s	perbandingan kecepatan	

Perbandingan kecepatan (R_s) adalah perbandingan antara kecepatan langkah maju (V_m) dibagi dengan kecepatan langkah mundur (V_r). Jadi :

$$R_s = \frac{\text{kecepatan maju}}{\text{kecepatan mundur}} = V_m/V_r < 1$$

Elemen dasar proses skrap dapat dihitung dengan rumus-rumus sebagai berikut :

a. Kecepatan potong rata-rata

$$v_m = \frac{np.l_t.(R_s + 1)}{2.1000} \dots\dots\dots \text{m/min}$$

b. Kecepatan makan

$$v_f = f . np \dots\dots\dots \text{mm/min}$$

D. Mengatur Jumlah langkah

Jumlah langkah tiap menit dari mesin skrap sangat tergantung dari kecepatan potong dan panjang langkah yang dipilih. Kecepatan potong beberapa material dapat dilihat pada tabel 5.1. Sedangkan jumlah langkah tiap menit dapat dilihat pada tabel mesin dengan mengacu pada kecepatan potong atau dapat juga ditentukan melalui perhitungan matematis. Sesuai dengan konstruksi dari mesin skrap, jumlah langkah tiap menit dapat diatur (lihat gambar 5.2).

Tabel 5.1 Kecepatan potong beberapa bahan

Tool made of	Steel, tensile strength in kgf/mm ²			Gray cast iron	Gun metal, brass
	40	60	80		
Tool steel	16	12	8	12	20
High-speed steel	22	16	12	14	30

Tabel 5.2 Jumlah langkah/min

Number of cycles per minute	Length of stroke in mm			
	100	200	300	400
	<i>v_m</i> in m/min			
28	5.3	10.2	14.2	18.2
52	9.8	19	26.2	33.6
80	15.2	29	41	52

1. Menentukan jumlah langkah tiap menit dengan tabel mesin

Contoh : Sebuah material yang terbuat dari besi tuang akan diskrap dengan menggunakan pahat HSS. Apabila panjang langkah penyekrapan 300 mm, tentukan jumlah langkah permenit yang diperlukan.

Jawab : Kecepatan potong besi tuang menurut tabel 5.1 = 14 m/min

Jumlah langkah permenit menurut tabel 5.2 = 28 langkah/min.

2. Menentukan jumlah langkah permenit dengan perhitungan

$$\text{jumlah langkah permenit}(np) = \frac{\text{kecepatan rata-rata}(m/\text{min})}{\text{panjang langkah}(m)}$$

$$np = \frac{vm}{2.lt} \dots\dots\dots \text{langkah/min}$$

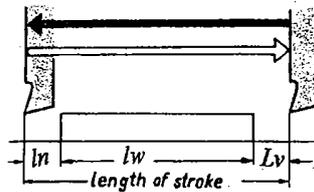
Contoh : panjang langkah 400 mm, kecepatan potong rata-rata 15 m/min.

Tentukan jumlah langkah permenit yang diperlukan.

Jawab : np = 15 : 2 x 0,4 = 20 langkah/min

3. Mengatur panjang langkah mesin skrap

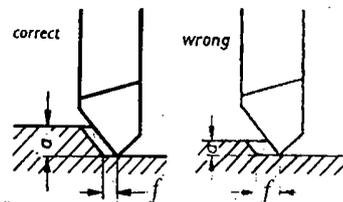
Panjang langkah pada mesin skrap meliputi panjang benda kerja (l_w ; mm), panjang langkah pengawalan (l_v ; mm), dan panjang langkah pengakhiran (l_n ; mm). Guna menghindari waktu yang tidak berguna panjang langkah kebebasan pahat l_v dan l_n jangan terlalu panjang. Sebagai contoh apabila $l_v = 20$ mm, maka $l_n = 10$ mm. (Perhatikan gambar 5.8 di bawah ini).



Gambar 5.8 Panjang langkah mesin skrap

4. Mengatur kedalaman pemotongan dan lebar pemakanan

Besarnya pemakanan tergantung dari macam pekerjaan yang di machining. Luas total (A) = kedalaman pemotongan (a) x lebar pemakanan (f). Jadi $A = a \times f$. Luas total yang terpotong juga sangat tergantung dengan kemampuan mesin. Untuk pemotongan kasar (roughing) kedalaman pemotongan dapat 3 – 5 kali lebih besar dari lebar pemakanan. Untuk finishing kedalaman pemotongan harus sekecil mungkin. Perhatikan gambar 5.9 dibawah ini.



Gambar 5.9 Kedalaman pemotongan dan lebar pemakanan

5. Menghitung waktu pemesinan dengan mesin skrap

Seperti yang telah dijelaskan dimuka panjang pemesinan merupakan total dari panjang benda kerja, panjang langkah pengawalan dan panjang langkah

pengakhiran ($t = l_v + l_w + l_n$). Dimana parameter lain yang berpengaruh dalam menentukan waktu pemesinan dengan mesin skrap adalah :

V_m = kecepatan potong/maju dalam m/ min

V_r = kecepatan mundur dalam m/min

f = lebar pemakanan tiap langkah pemotongan (mm)

Dasar perhitungannya adalah :

Waktu = Jarak yang ditempuh : Kecepatan

Yang dimaksudkan dengan jarak yang ditempuh adalah panjang langkah. Dengan V_m dan V_r maka waktu pemotongan dan waktu mundur dapat dihitung sebagai berikut :

-Waktu langkah kerja :

$t_m = l_t : V_m$ Menit

-Waktu mundur :

$t_r = l_t : V_r$ Menit

-Waktu total = waktu kerja + waktu tidak kerja

$t = t_m + t_r$ menit

BAB VI

MESIN GURDI (DRILLING MACHINE)

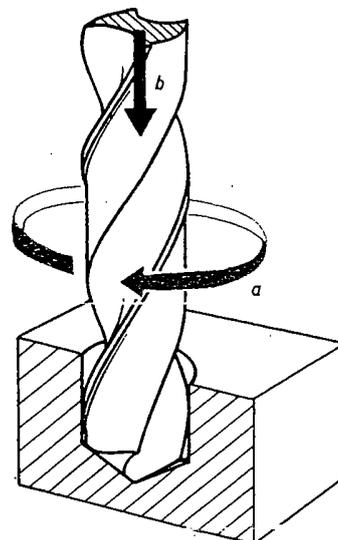
Tujuan utama dari proses gurdi adalah untuk membuat lubang baik tembus maupun tidak tembus. Membuat lubang dengan mesin gurdi dapat digunakan untuk memenuhi banyak keperluan, dari yang paling sederhana sampai pada pekerjaan-pekerjaan yang menuntut ketelitian tinggi. Proses gurdi dapat meliputi proses *drilling* dan *boring*. Drilling dan boring merupakan pekerjaan pemotongan yang menghasilkan suatu lubang bulat baik pada logam maupun bukan logam. Secara khusus memang diperlukan mesin gurdi untuk pekerjaan pengeboran, tetapi proses drilling dan boring juga dapat dilakukan di mesin bubut dan mesin frais.

A. Proses drilling dengan mesin gurdi (bor)

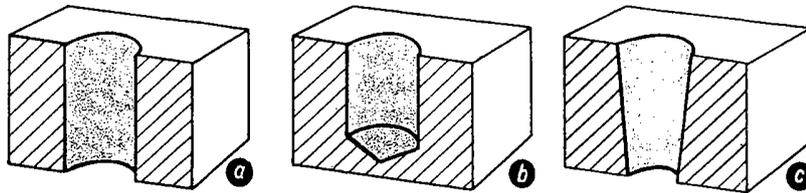
Alat yang digunakan untuk membuat lubang disebut twist drill (mata bor) yang memiliki dua mata potong. Agar sisi potong dapat menyayat benda kerja diperlukan dua gerak pendorong, yaitu tekanan ke arah pengeboran dan putaran dari mata bor itu sendiri.

1. Putaran mesin gurdi

Gerak putar dari mata bor disebut gerak utama atau gerak pemotongan. Dalam kondisi tertentu gerak putar dapat juga ditimbulkan dari benda kerja, misalnya mengebor dimesin bubut. Kecepatan potong tertinggi berada pada keliling terluar dari mata bor dan menurun ke arah titik tengah mata bor. Perhatikan gambar 6.1 di bawah ini



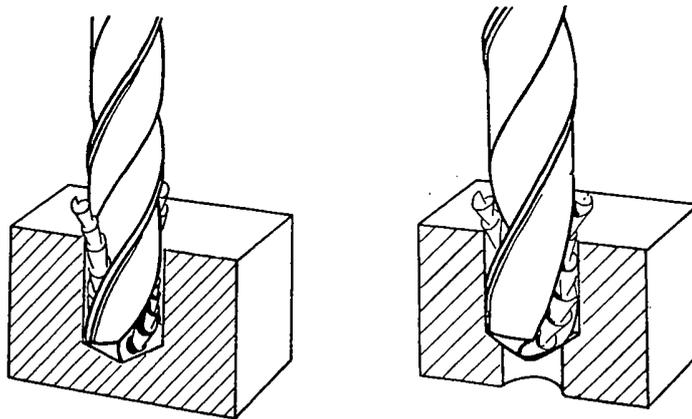
Gambar 6.1 Proses gurdi, a) gerak putar dan b) gerak pemakanan (feed)



Gambar 6.2 Macam-macam hasil pekerjaan proses gundi

2. Gerakan drilling dan boring

Gerakan ini disebut juga gerak pemakanan dan menentukan besarnya tatal yang terpotong. Gerak pemakanan dapat dilakukan dengan menggerakkan mata bor lurus ke arah benda kerja atau menggerakkan benda kerja ke arah mata bor. Gerak pemakanan biasanya diukur dalam mm/putaran. Karena mata bor memiliki dua sisi potong maka tebal tatal yang terpotong adalah setengah dari gerak pemakanan. Dengan adanya dua gerak pendorong yaitu gerak putar dan gerak pemakanan, maka pada mata bor beralur spiral akan menghasilkan tatal yang mengalir kontinyu dari kedua sisi mata potong.



Gambar 6.3 Mengebor (*drilling*) dan memperbesar lubang (*boring*)

Pada diktat ini dipergunakan istilah drilling untuk proses pengeboran material pejal dan boring untuk memperbesar lubang.

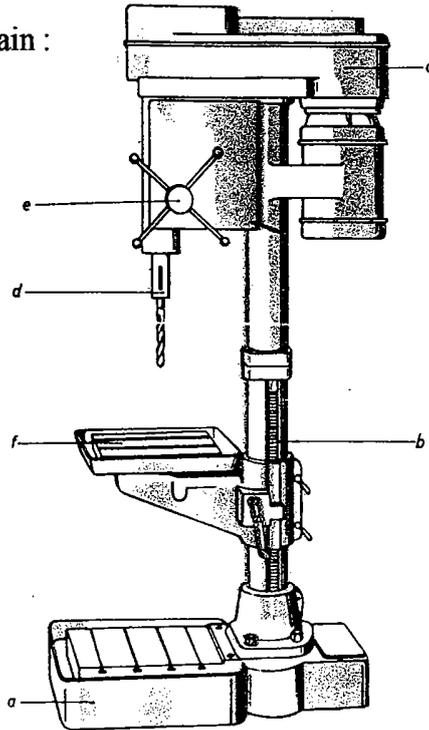
B. Macam, jenis dan bentuk mesin gurdi

Pada mesin bor selain untuk membuat lubang, dapat juga digunakan untuk mereamer, *countersink*, dan mengulir. Agar dapat digunakan untuk mengulir, mesin gurdi perlu dipasang sebuah alat bantu yang disebut dengan *threading attachment*. Adapun macam kedudukan spindlenya dapat digunakan untuk mengidentifikasi macam mesin gurdi, misalnya mesin gurdi vertikal dan horisontal. Bentuk-bentuk mesin gurdi antara lain :

1. *Pillar drilling machine*

Komponen utama dari mesin ini adalah :

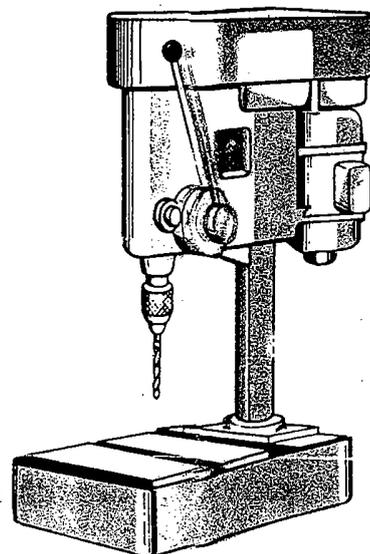
- a. dasar mesin (*base plate*)
- b. tiang (*pillar*)
- c. penggerak utama (*main drive*)
- d. arbor (*drill spindle*)
- e. pengatur pemakanan (*feed drive*)
- f. meja mesin (*table*)



Gambar 6.4. *Pillar drilling machine*

2. *Bench drilling machine*

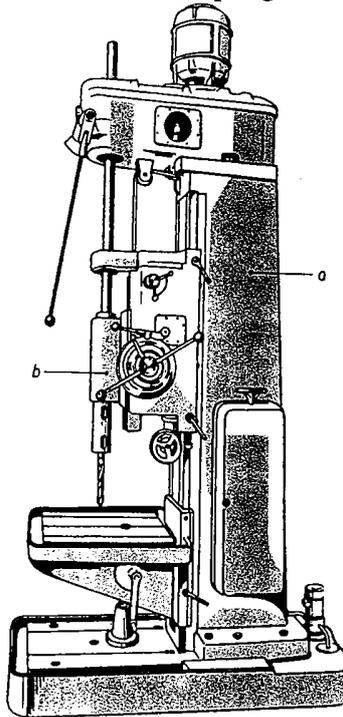
Mesin ini biasanya ditempatkan di atas bangku kerja dan pemakaiannya dibatasi sampai pada diameter mata bor 13 mm. Untuk pengeboran lebih besar dari diameter tersebut tidak dapat dikerjakan di mesin ini.



Gambar 6.5 Mesin gurdi/bor bangku

3. *Column drilling machine*

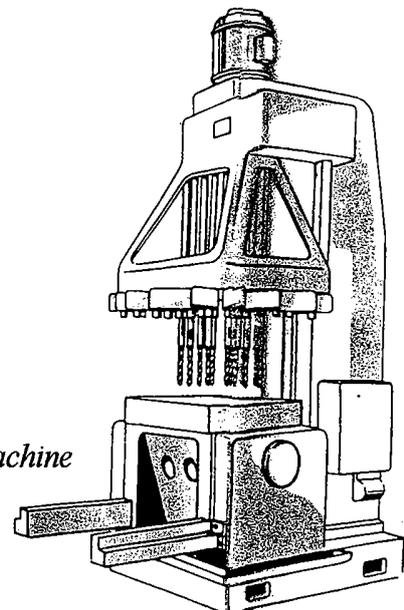
Mesin ini mempunyai ukuran tiang (*pillar*) yang besar dan kuat. Oleh sebab itu mesin ini cocok untuk pengeboran lubang-lubang yang besar. Gerak pemakanan dilakukan oleh pembawa yang terpasang pada tiang. Spindle bearing selalu ditempatkan dekat dengan benda kerja agar mudah dioperasikan serta bermanfaat untuk pengeboran lubang dalam.



Gambar 6.6 *Column drilling machine a) column, b) drill carriage*

4. *Multi spindle drilling machine*

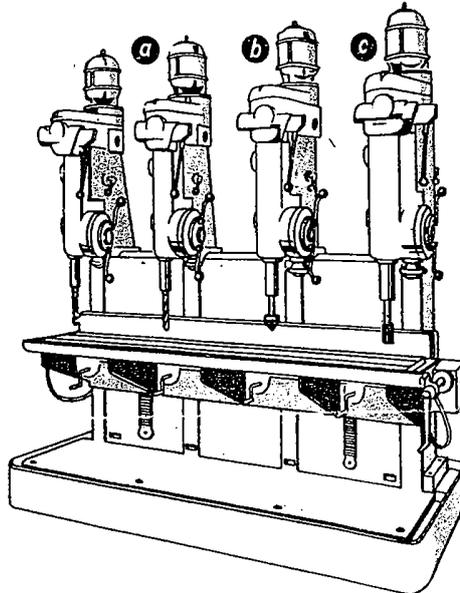
Kepala mesin ini dilengkapi beberapa spindle yang digerakkan oleh penggerak utama. Mesin ini dapat digunakan untuk membuat beberapa lubang dalam sekali jalan. Sehingga mesin ini cocok untuk produksi masal.



Gambar 6.7 *Multi spindle drilling machine*

5. *Gang spindle drilling machine*

Untuk pekerjaan-pekerjaan masal penggunaan mesin ini sangat cocok. Dengan mesin ini beberapa pekerjaan seperti mengebor, mengcountersink, mereamer dapat dikerjakan bersama-sama.



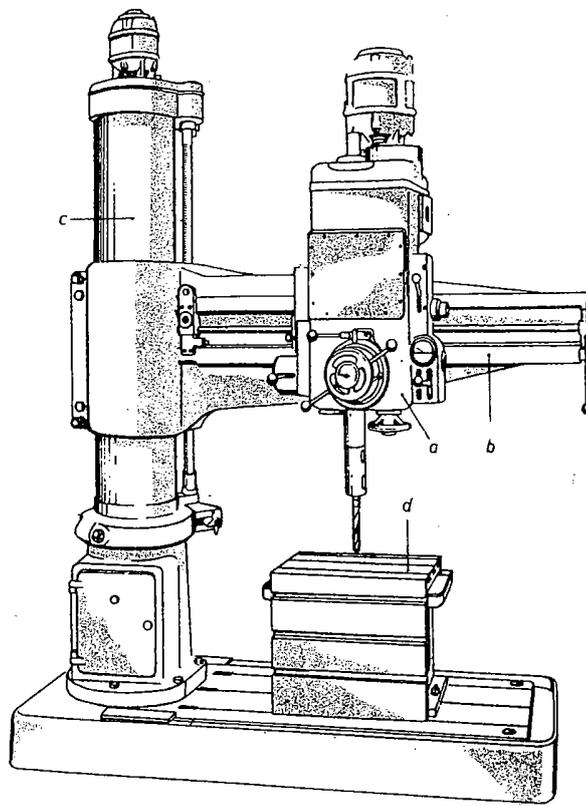
Gambar 6.8 *Gang spindle drilling machine*, a) *drilling*, b) *countersinking* c) *reaming*

6. *Radial drilling machine*

Pada mesin ini kepala spindle dibawa oleh sebuah lengan yang dapat bergerak ke arah radial. Lengan mesin juga dapat berputar dan dapat diatur ketinggiannya. Pada mesin-mesin modern spindle bor digerakkan oleh motor listrik yang dipasang pada kepala spindle.

Mesin ini mempunyai variasi putaran mesin yang banyak sehingga dapat digunakan untuk mengebor lubang yang kecil dan besar. Benda kerja dipasang pada meja mesin yang beralur T (T slots). Sehingga memungkinkan pengeboran yang dilakukan dapat berbeda posisi tanpa merubah penjepitan benda kerja.

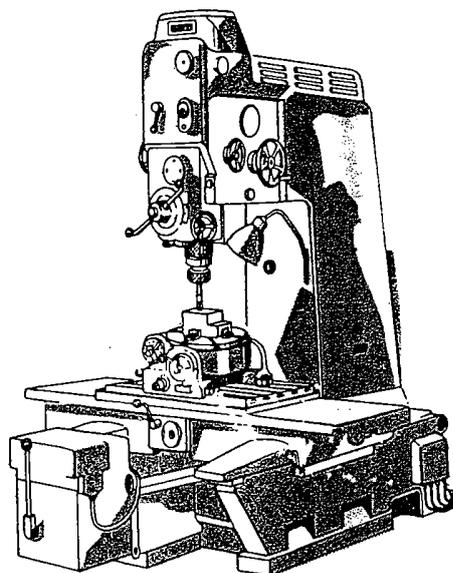
Bagian-bagian utama *radial boring machine* adalah : a) Kepala spindle b) lengan, c) column, dan d) meja mesin. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 6.9.



Gambar 6.9 Radial drilling machine

7. Jig boring machine

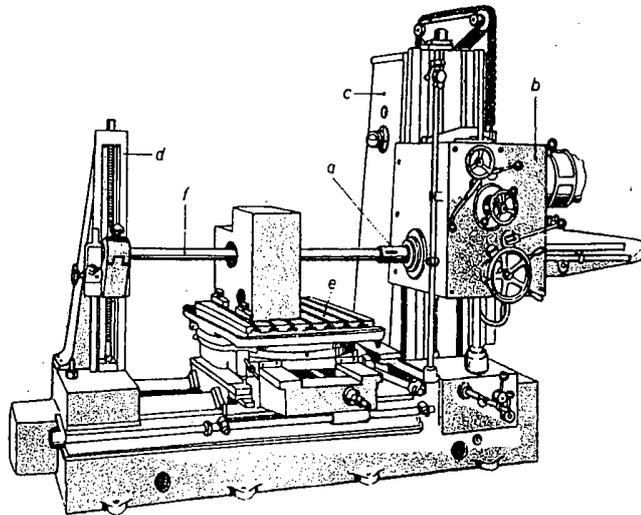
Pada mesin ini jarak titik pusat antara lubang yang satu dengan yang lain dapat dibuat dengan teliti. Spindle utama dipasang pada bantalan yang teliti dan benda kerja dipasang pada meja mesin yang dirancang sebagai compound table (meja yang dapat diatur). Meja mesin dapat diatur ke arah memanjang dan melintang dengan sangat teliti. Bahkan ketelitian pengaturan posisi meja dapat mencapai 0,001 mm.



Gambar 6.10 Jig boring machine

8. *Horizontal boring machine*

Pada mesin ini dapat digunakan untuk mengebor, mengefrais dan membubut untuk suatu benda kerja yang menuntut proses pengerjaan yang kompleks. Spindle utama mempunyai posisi horisontal untuk memegang alat potong sewaktu proses frais maupun boring. Spindle utama digerakkan oleh motor listrik dan dapat diatur ke arah memanjang. Gerak Putar dan pemakanan dapat diatur melalui mekanisme perpindahan roda-roda gigi., sedangkan kepala tetap dapat digerakkan naik dan turun pada tiang yang dipasang tegak.



Gambar 6.11 *Horizontal boring machine*, a) spindle utama, b) kepala tetap, c) tiang tegak, d) tiang tambahan, e) meja mesin, dan f) tangkai boring

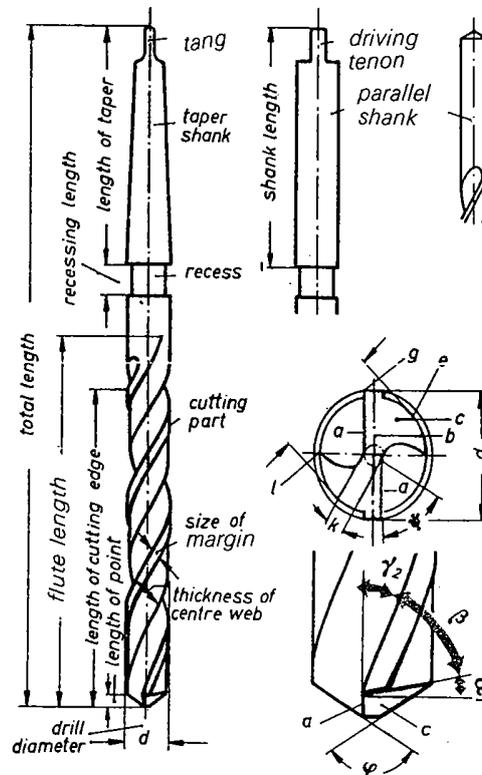
C. Pahat Gurdi (Mata Bor)

Bentuk mata bor kebanyakan telah standar. Tangkai bor digunakan untuk pencekaman pada mesin (drill chuck). Tangkai mata bor kebanyakan berbentuk lurus dan taper. Pada bagian pemotong biasanya terdapat dua alur yang berbentuk spiral. Inti mata bor yang terletak diantara dua mata potongnya disebut *centre web*. Sisi potong mata bor dapat dibentuk atau diasah dengan mesin gerinda.

Untuk berbagai keperluan sudah tersedia berbagai macam mata bor yang terbuat dari beberapa material yang berbeda. Misalnya mata bor yang terbuat dari tool steel, high speed steel (HSS), dan carbide.

1. Bagian-bagian mata bor

Berikut ini adalah contoh sebuah mata bor beralur spiral dengan nama-nama bagiannya.



Gambar 6.12 Nama-nama bagian mata bor beralur spiral ; a) sisi potong utama, γ_2) sudut rake atau sudut helix, β) sudut baji, μ) sudut puncak, b) garis sumbu dua sisi potong, c) bidang bebas d) diameter mata bor, e) bidang kelonggaran, f) bidang pemotong, k) tebal inti mata bor

2. Pemilihan mata bor

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam memilih dan menentukan mata bor yang digunakan adalah ukuran lubang yang akan dibor, material benda kerja dan sudut puncak mata bor. Setiap mata bor menghasilkan lubang yang lebih besar dari garis tengahnya. Sudut helix dan sudut puncak mata bor tergantung dari material benda kerja yang akan dibor. Contoh pemilihan mata bor adalah ; apabila γ_2 kecil digunakan untuk menggurdi benda kerja yang keras dan jika γ_2 besar digunakan untuk menggurdi material yang lunak.

3. Menentukan putaran dan gerak pemakanan mesin gurdi

Jumlah putaran spindle utama mesin gurdi sangat tergantung pada kecepatan potong dan diameter mata bor yang digunakan. Kecepatan potong

dalam menggurdi adalah kecepatan keliling sisi potong utama dalam m/min. Apabila dalam proses bubut elemen dasar yang digunakan untuk menentukan putaran mesin disamping kecepatan potong adalah diameter benda kerja maka dalam proses gurdi yang perlu dipertimbangkan untuk menentukan putaran spindle utama adalah diameter mata bor yang digunakan.

Contoh : Sebuah benda kerja dari material baja lunak (Mild Steel) akan dibor dengan mata bor diameter 14 mm. Tentukan putaran spindle utama jika kecepatan potong yang diambil adalah 22 m/min.

Jawab :

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} = \frac{22 \text{ m/min} \cdot 1000}{3,14 \cdot 14} = 501 \text{ rpm}$$

Seandainya putaran yang tersedia pada mesin gurdi tidak sama dengan hasil perhitungan yang kita lakukan maka dapat dipilih putaran yang terdekat dengan hasil perhitungan tersebut.

Gerak pemakanan dinyatakan dalam mm per putaran mata bor, misalnya 0,1 mm/R. Ketebalan tatal dan kualitas lubang yang dihasilkan tergantung dari bahan benda kerja yang dibor dan diameter mata bor yang digunakan. Untuk mesin-mesin gurdi yang kecil gerak pemakanan biasanya dilakukan secara manual, dan untuk mesin-mesin gurdi yang besar dan lengkap gerak pemakanan dapat dilakukan secara otomatis.

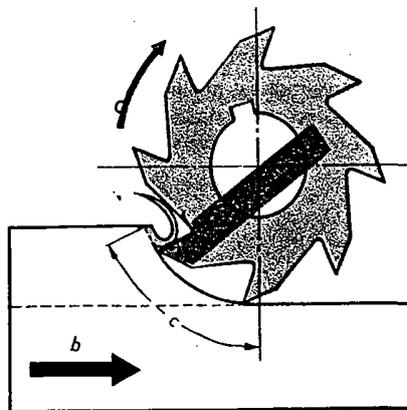
Selama proses pengeboran, mata bor akan semakin kehilangan kekerasannya akibat panas yang ditimbulkan. Panas yang timbul dari proses pengeboran ini akan memperpendek umur pakai sebuah mata bor. Untuk mengurangi keausan sisi potong mata bor dianjurkan untuk menggunakan cairan pendingin. **Jumlah pendinginan yang cukup akan membantu menaikkan kemampuan mata bor dan menyempurnakan kualitas hasil pengeboran.**

BAB VII

MESIN FREIS (MILLING MACHINE)

Pada proses freis tatal yang terpotong dihasilkan oleh putaran pisau freis (*cutter*) dimana sisi potongnya membentuk suatu lingkaran. Ada dua jenis cutter freis yaitu pisau freis selubung (*slab milling cutter*) dan pisau freis muka (*face milling cutter*). Pisau freis termasuk pahat dengan mata potong jamak (berganda). Sesuai dengan pisau freis yang digunakan maka dikenal mengefreis datar (*slab milling*) dengan sumbu putaran pisau freis selubung sejajar permukaan benda kerja dan mengefreis tegak (*face milling*) dengan sumbu putaran pisau freis muka tegak lurus terhadap permukaan benda kerja.

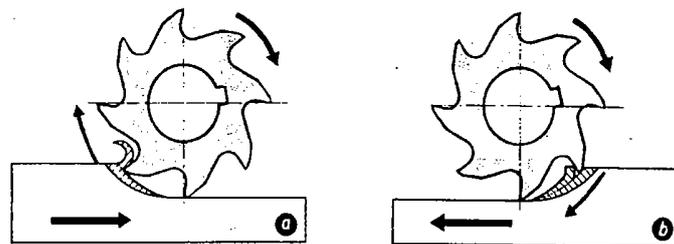
Selanjutnya mengefreis datar dibedakan menjadi dua macam yaitu mengefreis naik (*up milling/convencional milling*) dan mengefreis turun (*down milling*). Proses freis turun akan menyebabkan benda kerja lebih tertekan ke arah meja dan meja terdorong oleh pisau freis yang mungkin secara periodik gaya dorongnya akan melebihi gaya dorong ulir transporter penggerak meja mesin. Apabila sistem kompensasi keterlambatan gerak balik tidak begitu baik maka mengefreis turun dapat menimbulkan getaran bahkan kerusakan. Proses mengefreis naik banyak dipilih karena alasan tersebut di atas sehingga lazim disebut cara konvensional.



Gambar 7.1 Proses freis; a) gerakan utama, b) gerak pemakanan, dan c) daerah kerja pisau freis

Apabila dicermati mengefreis naik akan mempercepat keausan pisau karena mata potong pisau lebih banyak bersentuhan dengan permukaan benda kerja yang dipotong dimulai dari ketebalan total nol sampai maksimum serta hasilnya cenderung kasar. Dengan semakin baiknya konstruksi mesin, maka mengefreis turun akan banyak dipilih sebab lebih produktif dan kualitas permukaan benda kerja yang dihasilkan lebih halus. Mengefreis turun dimulai dengan ketebalan tatal yang besar sehingga tidak dianjurkan untuk benda-benda kerja yang permukaannya terlalu keras (contoh benda kerja hasil pengerolan panas dengan permukaan terlalu keras).

Pemilihan metode pengefreisan naik atau turun harus dipilih secara cermat dan benar seperti alasan-alasan yang dikemukakan di atas disamping pertimbangan teknis lainnya seperti kondisi pemotongan, lenturan, dan pengekleman/pencekaman.



Gambar 7.2 a) Mengefreis naik dan b) mengefreis turun

A. Desain dan Tipe Mesin Freis

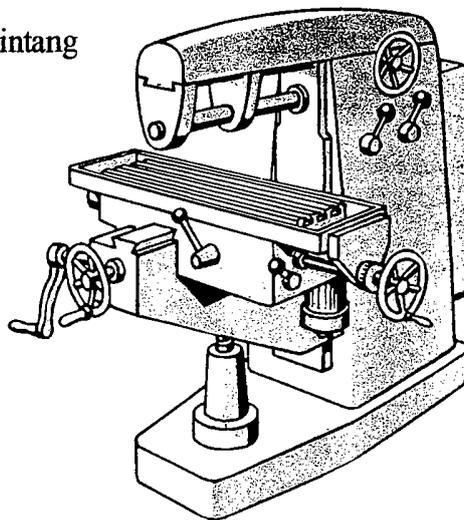
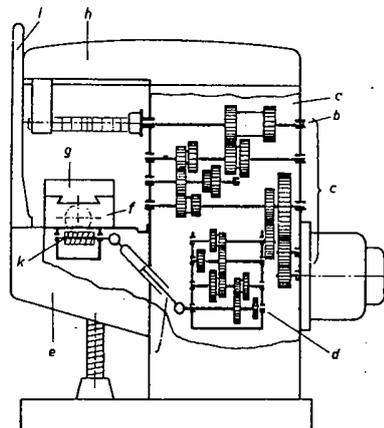
Pada dasarnya desain dan tipe mesin freis dibuat sesuai dengan kebutuhan suatu industri agar proses produksi yang dilakukan dapat tercapai secara efektif dan efisien. Yang paling banyak ditemui di lapangan adalah mesin freis horisontal dan mesin freis vertikal. Dalam desainnya konsep horisontal dan vertikal biasanya saling melengkapi. Misalnya mesin freis horisontal atau vertikal yang mejanya dapat digeser membentuk sudut terhadap poros utama disebut mesin freis universal (*universal milling machine*). Ada juga mesin freis yang semula dipasang arbor horisontal dalam keadaan tertentu dapat diganti dengan peralatan bantu mesin freis vertikal, sehingga fungsi dari tipe mesin ini sangat fleksibel.

1. Mesin freis horisontal

Mesin ini cocok untuk semua pekerjaan freis dan biasanya mempunyai sejumlah arbor mendatar dengan diameter terstandar. Arbor dapat diganti-ganti sesuai dengan jenis dan diameter dalam dari pisau yang digunakan.

Bagian atau komponen penting dari mesin freis horisontal adalah :

- a. Tiang mesin
- b. Spindle utama
- c. Penggerak utama
- d. Penggerak pemakanan
- e. Penyangga meja
- f. Komponjen gerak otomatis melintang
- g. Meja mesin
- h. Lengan penyangga

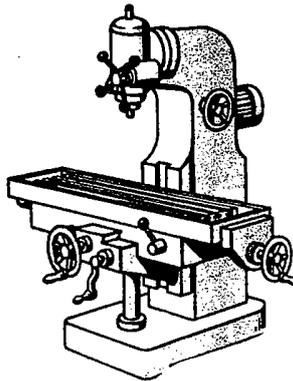


Gambar 7.3 Mesin freis horisontal

Spindle utama (poros arbor) harus terpasang dengan kuat untuk menjamin kualitas pengerjaan yang baik. Untuk mengurangi getaran yang mungkin timbul, penopang arbor harus dipasang sedekat mungkin dengan pisau. Gerak utama mesin ini dihasilkan oleh sebuah motor listrik yang dihubungkan dengan lemari roda gigi sehingga putaran mesin dapat dipilih dengan baik. Gerak pemakanan dapat dilakukan dengan manual maupun otomatis.

2. Mesin freis vertikal.

Mesin ini banyak digunakan untuk mengerjakan benda-benda kerja yang permukaannya tegak lurus dengan sumbu pisau freis. Sumbu utama (poros arbor) terpasang vertikal pada kepala freis. Kepala freis dapat diputar posisinya sehingga dapat digunakan untuk mengefreis miring.



Gambar 7.4 Mesin freis vertikal

B. Pisau Freis (*cutter*)

Pisau freis dengan diameter tertentu dipasangkan pada poros utama (*spindle*) mesin freis dengan perantara poros pemegang atau langsung dengan hubungan poros dan lubang konis (*stub arbor*). Macam dari pisau freis dikelompokkan dalam empat kategori yaitu :

1. Cylindrical milling cutters dan face end mills

Cylindrical milling cutters atau pisau freis mantel hanya digunakan untuk mengefreis rata bagian luar dari benda kerja. Biasanya digunakan untuk pengasaran dan finishing pada proses freis horisontal. End mill selain dapat digunakan untuk mengefreis rata juga dapat digunakan untuk mengefreis bertingkat sehingga cocok untuk dipasang baik dimesin freis vertikal maupun horisontal.

2. *Side and face milling cutters*

Pisau ini dapat digunakan untuk mengefreis alur. Yang termasuk pisau ini meliputi :

- a. *Circular saws* (pisau freis gergaji) cocok untuk membuat alur sempit atau memotong benda kerja.
- b. *Slot milling cutters* (pisau freis alur) cocok untuk membuat alur-alur pasak (dangkal).
- c. *Side and face milling cutters* (pisau freis muka dan sisi) cocok untuk membuat alur yang dalam.
- d. *Staggered tooth milling cutters* pisau ini dapat langsung digunakan atau diarahkan dari kanan atau kiri benda kerja.
- e. *Stradle milling cutters* digunakan pada bekas penggerindaan untuk menepatkan ukuran alur.

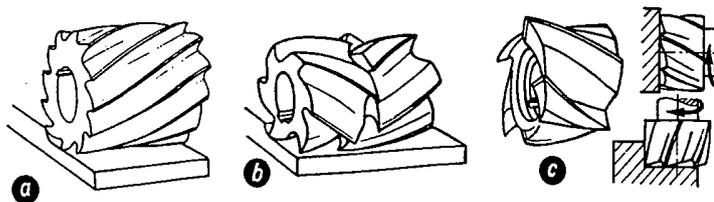
3. *Milling cutters with shank* (pisau freis dengan tangkai)

Pisau ini biasanya digunakan untuk pemakanan ringan. Tangkai pisau berfungsi untuk pencekaman. Untuk diameter pisau kecil tangkainya berbentuk lurus dan diameter besar dapat berbentuk konis. Jenis pisau ini ada yang mempunyai alur lurus dan ada yang helix. Alur helix dapat berbentuk helix kanan maupun helix kiri. Pisau yang termasuk jenis ini adalah *end mill* dan T-slots (pisau alur T)

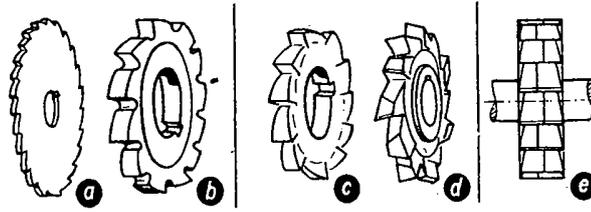
4. Form cutters (pisau bentuk)

Pisau ini meliputi :

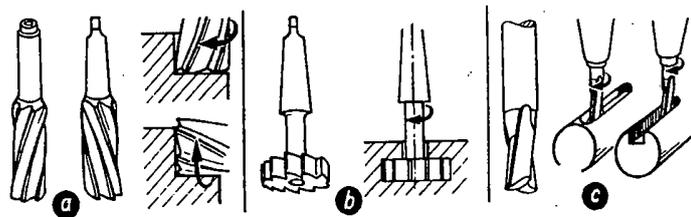
- a. Angle milling cutters (pisau sudut)
- b. Dove-tail milling cutters (pisau ekor burung)
- c. Single edge milling cutters (untuk profil-profil kecil)



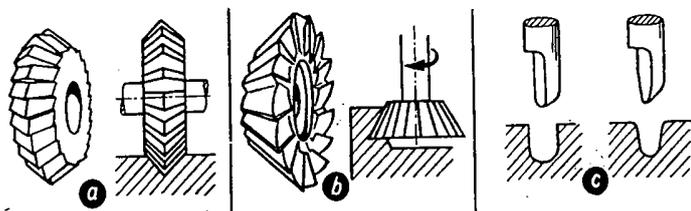
Gambar 7.5 a), b) *Cylindrical milling cutters* dan c) *face end mill*



Gambar 7.6 Side and face milling cutters a) Circular saws, b) Slot milling cutters, c) Side and face milling cutters, d) Staggered tooth milling cutters dan e) Straddle milling cutters



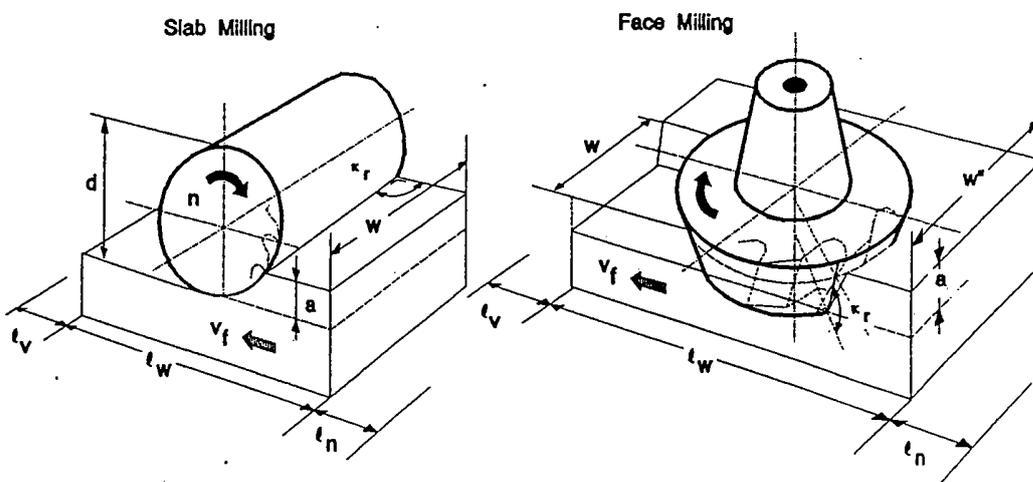
Gambar 7.7 Milling cutters with shank : a) end mill, b) T-slots, c) Two lipped end mill



Gambar 7.8 Form cutters ; a) angle milling cutters, b) Dove-tail milling cutters, c) Single edge milling cutters

C. Elemen Dasar Proses Freis

Selain kecepatan potong seperti dijelaskan pada proses-proses pemesinan sebelumnya, elemen dasar proses freis dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang diturunkan dari kondisi pemotongan selama proses tersebut dilakukan. Perhatikan gambar 7.9 di bawah ini.



Gambar 7.9 Parameter-parameter dalam proses freis

Kondisi pemotongan dalam proses freis harus memperhatikan :

Unsur	Simbol	Keterangan	Satuan
Benda kerja	l_w	Panjang pemotongan	mm
	w	Lebar pemotongan benda kerja	mm
Pisau freis	α_r	sudut potong utama	$^{\circ}$ (derajad)
	d	diameter luar	mm
	z	jumlah mata potong	gigi
Mesin freis	n	Putaran sumbu utama	rpm
	v_f	Kecepatan makan	mm/min

Elemen dasar proses freis dapat dihitung dengan rumus-rumus sebagai berikut :

a. Kecepatan potong

$$v = \frac{\pi d n}{1000} \dots\dots\dots \text{m/min}$$

dimana d = diameter luar pisau freis (mm)

b. Gerak makan pergigi

$$f_z = \frac{v_f}{z.n} \dots\dots\dots \text{mm/gigi}$$

c. Waktu pemotongan

$$t_c = l_t / v_f \dots\dots\dots \text{min}$$

dimana :

$$l_t = l_v + l_w + l_n$$

$$l_v \geq \sqrt{a(d - a)} ; \text{ untuk mengefreis datar}$$

$$l_v \geq 0 ; \text{ untuk mengefreis tegak}$$

$$l_n \geq 0 ; \text{ untuk mengefreis datar}$$

$$l_n = d/2 ; \text{ untuk mengefreis tegak}$$

d. Kecepatan penghasilan total

$$Z = \frac{v_f . a . w}{1000} \dots\dots\dots \text{cm}^3/\text{min}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Chapman WAJ. (1979). *Workshop Technology Part 1*. Fifth edition. London :
Butler & Tunner Ltd.
- Gerling. (1974). *All about Machine Tools*. New Delhi : Wiley Eastern Private
Limited
- Lascoe., Nelson., Porter. (1973). *Machineshop Operations and Setups*. Illinois :
American Technical publishers, Inc.
- Rochim T. (1993). *Teori & Teknnologi Proses Pemesinan*. Jakarta : HEDS
- State Library of Victoria. (1971). *Fitting and Machining*. Victoria : Wilke and
Company
- Terheijden CV., Harun. (1981). *Alat-Alat Perkakas 3*. Bandung : Bina Cipta

Lampiran 1

Conversion tables

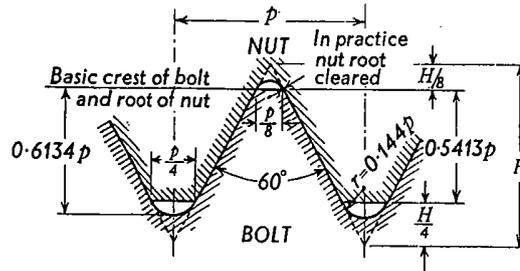
Fractional Sub-divisions of an inch to decimals and to millimetres.

Millimetres to inches
Based on 1 inch=25.4 millimetres

in	in	milli- metres	in	in	milli- metres	mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
$\frac{1}{16}$	0.015625	0.3969	$\frac{3}{16}$	0.609375	15.4781	—	—	0.03937	0.07874	0.11811	0.15748	0.19685	0.23622	0.27559	0.31496	0.35433
$\frac{1}{8}$	0.03125	0.7938	$\frac{5}{8}$	0.625	15.875	10	0.39370	0.43307	0.47244	0.51181	0.55118	0.59055	0.62992	0.66929	0.70866	0.74803
$\frac{3}{16}$	0.046875	1.1906	$\frac{7}{16}$	0.640625	16.2719	20	0.78740	0.82677	0.86614	0.90551	0.94488	0.98425	1.02362	1.06299	1.10236	1.14173
$\frac{1}{4}$	0.0625	1.5875	$\frac{9}{16}$	0.65625	16.6688	30	1.18110	1.22047	1.25984	1.29921	1.33858	1.37795	1.41732	1.45669	1.49606	1.53543
$\frac{5}{16}$	0.078125	1.9844	$\frac{11}{16}$	0.671875	17.0656	40	1.57480	1.61417	1.65354	1.69291	1.73228	1.77165	1.81102	1.85039	1.88976	1.92913
$\frac{3}{8}$	0.09375	2.3812	$\frac{13}{16}$	0.6875	17.4625	50	1.96850	2.00787	2.04724	2.08661	2.12598	2.16535	2.20472	2.24409	2.28346	2.32283
$\frac{7}{16}$	0.109375	2.7781	$\frac{15}{16}$	0.703125	17.8594	60	2.36220	2.40157	2.44094	2.48031	2.51968	2.55905	2.59842	2.63779	2.67716	2.71653
$\frac{1}{2}$	0.125	3.175	$\frac{17}{16}$	0.71875	18.2562	70	2.75591	2.79528	2.83465	2.87402	2.91339	2.95276	2.99213	3.03150	3.07087	3.11024
$\frac{9}{16}$	0.140625	3.5719	$\frac{19}{16}$	0.734375	18.6531	80	3.14961	3.18898	3.22835	3.26772	3.30709	3.34646	3.38583	3.42520	3.46457	3.50394
$\frac{5}{8}$	0.15625	3.9688	$\frac{21}{16}$	0.75	19.05	90	3.54331	3.58268	3.62205	3.66142	3.70079	3.74016	3.77953	3.81890	3.85827	3.89764
$\frac{11}{16}$	0.171875	4.3656	$\frac{23}{16}$	0.765625	19.4469	100	3.93701	3.97638	4.01575	4.05512	4.09449	4.13386	4.17323	4.21260	4.25197	4.29134
$\frac{3}{4}$	0.1875	4.7625	$\frac{25}{16}$	0.78125	19.8438	10	4.33071	4.37008	4.40945	4.44882	4.48819	4.52756	4.56693	4.60630	4.64567	4.68504
$\frac{13}{16}$	0.203125	5.1594	$\frac{27}{16}$	0.796875	20.2406	20	4.72441	4.76378	4.80315	4.84252	4.88189	4.92126	4.96063	5.00000	5.03937	5.07874
$\frac{7}{8}$	0.21875	5.5562	$\frac{29}{16}$	0.8125	20.6375	30	5.11811	5.15748	5.19685	5.23622	5.27559	5.31496	5.35433	5.39370	5.43307	5.47244
$\frac{15}{16}$	0.234375	5.9531	$\frac{31}{16}$	0.828125	21.0344	40	5.51181	5.55118	5.59055	5.62992	5.66929	5.70866	5.74803	5.78740	5.82677	5.86614
$\frac{1}{4}$	0.25	6.35	$\frac{33}{16}$	0.84375	21.4312	50	5.90551	5.94488	5.98425	6.02362	6.06300	6.10237	6.14174	6.18111	6.22048	6.25985
$\frac{5}{8}$	0.265625	6.7469	$\frac{35}{16}$	0.859375	21.8281	60	6.29921	6.33858	6.37795	6.41732	6.45669	6.49606	6.53543	6.57480	6.61417	6.65354
$\frac{3}{8}$	0.28125	7.1438	$\frac{37}{16}$	0.875	22.225	70	6.69291	6.73228	6.77165	6.81102	6.85039	6.88976	6.92913	6.96850	7.00787	7.04724
$\frac{7}{8}$	0.296875	7.5406	$\frac{39}{16}$	0.890625	22.6219	80	7.08661	7.12598	7.16535	7.20472	7.24409	7.28346	7.32283	7.36220	7.40157	7.44094
$\frac{9}{16}$	0.3125	7.9375	$\frac{41}{16}$	0.90625	23.0188	90	7.48031	7.51968	7.55905	7.59842	7.63779	7.67716	7.71653	7.75590	7.79527	7.83464
$\frac{11}{16}$	0.328125	8.3344	$\frac{43}{16}$	0.921875	23.4156	100	7.87401	7.91338	7.95275	7.99212	8.03149	8.07086	8.11023	8.14960	8.18897	8.22834
$\frac{13}{16}$	0.34375	8.7312	$\frac{45}{16}$	0.9375	23.8125	10	8.26771	8.30708	8.34645	8.38582	8.42519	8.46456	8.50393	8.54330	8.58267	8.62204
$\frac{15}{16}$	0.359375	9.1281	$\frac{47}{16}$	0.953125	24.2094	20	8.66141	8.70078	8.74015	8.77952	8.81889	8.85826	8.89763	8.93700	8.97637	9.01574
$\frac{3}{8}$	0.375	9.525	$\frac{49}{16}$	0.96875	24.6062	30	9.05511	9.09448	9.13385	9.17322	9.21259	9.25196	9.29133	9.33070	9.37007	9.40944
$\frac{7}{8}$	0.390625	9.9219	$\frac{51}{16}$	0.984375	25.0031	40	9.44881	9.48818	9.52755	9.56692	9.60629	9.64566	9.68503	9.72440	9.76377	9.80314
$\frac{9}{16}$	0.40625	10.3188	1	1	25.4	50	9.84251	9.88188	9.92125	9.96062	10.00000	10.03937	10.07874	10.11811	10.15748	10.19685
$\frac{11}{16}$	0.421875	10.7156	2	2	50.800	60	10.23621	10.27558	10.31495	10.35432	10.39369	10.43306	10.47243	10.51180	10.55117	10.59054
$\frac{13}{16}$	0.4375	11.1125	3	3	76.200	70	10.62991	10.66928	10.70865	10.74802	10.78739	10.82676	10.86613	10.90550	10.94487	10.98424
$\frac{15}{16}$	0.453125	11.5094	4	4	101.600	80	11.02361	11.06300	11.10237	11.14174	11.18111	11.22048	11.25985	11.29922	11.33859	11.37796
$\frac{1}{2}$	0.46875	11.9062	5	5	127.000	90	11.41731	11.45668	11.49605	11.53542	11.57479	11.61416	11.65353	11.69290	11.73227	11.77164
$\frac{5}{8}$	0.484375	12.3031	6	6	152.400	100	11.81101	11.85038	11.88975	11.92912	11.96849	12.00786	12.04723	12.08660	12.12597	12.16534
$\frac{3}{4}$	0.5	12.7	7	7	177.800	10	12.20471	12.24408	12.28345	12.32282	12.36219	12.40156	12.44093	12.48030	12.51967	12.55904
$\frac{7}{8}$	0.515625	13.0969	8	8	203.200	20	12.59841	12.63778	12.67715	12.71652	12.75589	12.79526	12.83463	12.87400	12.91337	12.95274
$\frac{1}{8}$	0.53125	13.4938	9	9	228.600	30	12.99211	13.03148	13.07085	13.11022	13.14959	13.18896	13.22833	13.26770	13.30707	13.34644
$\frac{3}{8}$	0.546875	13.8906	10	10	254.000	40	13.38581	13.42518	13.46455	13.50392	13.54329	13.58266	13.62203	13.66140	13.70077	13.74014
$\frac{5}{8}$	0.5625	14.2875	11	11	279.400	50	13.77951	13.81888	13.85825	13.89762	13.93699	13.97636	14.01573	14.05510	14.09447	14.13384
$\frac{7}{8}$	0.578125	14.6844	12	12	304.800	60	14.17321	14.21258	14.25195	14.29132	14.33069	14.37006	14.40943	14.44880	14.48817	14.52754
$\frac{15}{16}$	0.59375	15.0812	12	12	304.800	70	14.56691	14.60628	14.64565	14.68502	14.72439	14.76376	14.80313	14.84250	14.88187	14.92124
						80	14.96061	15.00000	15.03937	15.07874	15.11811	15.15748	15.19685	15.23622	15.27559	15.31496
						90	15.35431	15.39370	15.43307	15.47244	15.51181	15.55118	15.59055	15.62992	15.66929	15.70866
						100	15.74801	15.78740	15.82677	15.86614	15.90551	15.94488	15.98425	16.02362	16.06300	16.10237
						10	16.14171	16.18110	16.22047	16.25984	16.29921	16.33858	16.37795	16.41732	16.45669	16.49606
						20	16.53541	16.57480	16.61417	16.65354	16.69291	16.73228	16.77165	16.81102	16.85039	16.88976
						30	16.92911	16.96850	17.00787	17.04724	17.08661	17.12598	17.16535	17.20472	17.24409	17.28346
						40	17.32281	17.36220	17.40157	17.44094	17.48031	17.51968	17.55905	17.59842	17.63779	17.67716
						50	17.71651	17.75590	17.79527	17.83464	17.87401	17.91338	17.95275	17.99212	18.03149	18.07086
						60	18.11021	18.14960	18.18897	18.22834	18.26771	18.30708	18.34645	18.38582	18.42519	18.46456
						70	18.50391	18.54330	18.58267	18.62204	18.66141	18.70078	18.74015	18.77952	18.81889	18.85826
						80	18.89761	18.93700	18.97637	19.01574	19.05511	19.09448	19.13385	19.17322	19.21259	19.25196
						90	19.29131	19.33070	19.37007	19.40944	19.44881	19.48818	19.52755	19.56692	19.60629	19.64566
						100	19.68501	19.72440	19.76377	19.80314	19.84251	19.88188	19.92125	19.96062	20.00000	20.03937

Lampiran 2

The ISO metric Thread



Recommended* Bolt Diameter (mm)	ISO metric Coarse				ISO metric Fine			
	Designation	Pitch (mm)	Bolt Root Dia. (mm)	Nut Core Dia. (mm)	Designation	Pitch (mm)	Bolt Root Dia. (mm)	Nut Core Dia. (mm)
1.6	M1.6×0.35	0.35	1.17	1.22				
2	M2×0.4	0.4	1.51	1.57				
2.5	M2.5×0.45	0.45	1.95	2.01				
3	M3×0.5	0.5	2.39	2.46				
4	M4×0.7	0.7	3.14	3.24				
5	M5×0.8	0.8	4.02	4.13				
6	M6×1	1	4.77	4.92				
8	M8×1.25	1.25	6.47	6.65	M8×1	1	6.77	6.92
10	M10×1.5	1.5	8.16	8.38	M10×1.25	1.25	8.47	8.65
12	M12×1.75	1.75	9.85	10.11	M12×1.25	1.25	10.47	10.65
16	M16×2	2	13.55	13.84	M16×1.5	1.5	14.16	14.38
20	M20×2.5	2.5	16.93	17.29	M20×1.5	1.5	18.16	18.38
24	M24×3	3	20.32	20.75	M24×2	2	19.55	21.84
30	M30×3.5	3.5	25.71	26.21	M30×2	2	25.55	27.84
36	M36×4	4	31.09	31.67	M36×3	3	32.32	32.75
42	M42×4.5	4.5	36.48	37.13	M42×4	4	37.09	37.67
48	M48×5	5	41.87	42.59	M48×4	4	43.09	43.67
56	M56×5.5	5.5	49.25	50.05	M56×4	4	51.09	51.67
64	M64×6	6	56.64	57.50	M64×4	4	59.09	59.67

Note method of designating thread: M(Dia)×(Pitch), e.g. M10×1.5.

* BS 3643 also specifies second choice and third choice.

Lampiran 3

The Unified Thread

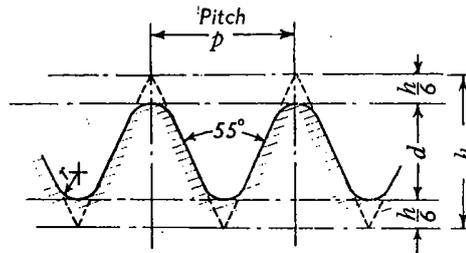
Thread form profile identical with the ISO metric thread on Appendix 2.
Particulars of Diameters and Pitches

Bolt Diameter (in)	Unified Coarse				Unified Fine			
	Designation	Thread per in	Bolt Root Dia. (in)	Nut Core Dia. (in)	Designation	Thread per in	Bolt Root Dia. (in)	Nut Core Dia. (in)
$\frac{1}{4}$ (0.250)	$\frac{1}{4}$ -20. UNC	20	0.1887	0.1959	$\frac{1}{4}$ -28. UNF	28	0.2062	0.2113
$\frac{5}{16}$ (0.3125)	$\frac{5}{16}$ -18. UNC	18	0.2443	0.2524	$\frac{5}{16}$ -24. UNF	24	0.2614	0.2674
$\frac{3}{8}$ (0.375)	$\frac{3}{8}$ -16. UNC	16	0.2983	0.3073	$\frac{3}{8}$ -24. UNF	24	0.3239	0.3299
$\frac{7}{16}$ (0.4375)	$\frac{7}{16}$ -14. UNC	14	0.3499	0.3602	$\frac{7}{16}$ -20. UNF	20	0.3762	0.3834
$\frac{1}{2}$ (0.50)	$\frac{1}{2}$ -13. UNC	13	0.4056	0.4167	$\frac{1}{2}$ -20. UNF	20	0.4387	0.4459
$\frac{9}{16}$ (0.5625)	$\frac{9}{16}$ -12. UNC	12	0.4603	0.4723	$\frac{9}{16}$ -18. UNF	18	0.4943	0.5024
$\frac{5}{8}$ (0.625)	$\frac{5}{8}$ -11. UNC	11	0.5135	0.5266	$\frac{5}{8}$ -18. UNF	18	0.5568	0.5649
$\frac{3}{4}$ (0.750)	$\frac{3}{4}$ -10. UNC	10	0.6273	0.6417	$\frac{3}{4}$ -16. UNF	16	0.6733	0.6823
$\frac{7}{8}$ (0.875)	$\frac{7}{8}$ -9. UNC	9	0.7387	0.7547	$\frac{7}{8}$ -14. UNF	14	0.7874	0.7977
1 (1.00)	1-8. UNC	8	0.8466	0.8647	1-12. UNF	12	0.8978	0.9098
$1\frac{1}{8}$ (1.125)	$1\frac{1}{8}$ -7. UNC	7	0.9497	0.9704	$1\frac{1}{8}$ -12. UNF	12	1.0228	1.0348
$1\frac{1}{4}$ (1.250)	$1\frac{1}{4}$ -7. UNC	7	1.0747	1.0954	$1\frac{1}{4}$ -12. UNF	12	1.1478	1.1598
$1\frac{3}{8}$ (1.375)	$1\frac{3}{8}$ -6. UNC	6	1.1705	1.1946	$1\frac{3}{8}$ -12. UNF	12	1.2728	1.2848
$1\frac{1}{2}$ (1.50)	$1\frac{1}{2}$ -6. UNC	6	1.2955	1.3196	$1\frac{1}{2}$ -12. UNF	12	1.3978	1.4098
$1\frac{3}{4}$ (1.750)	$1\frac{3}{4}$ -5. UNC	5	1.5046	1.5335				
2 (2.00)	2-4 $\frac{1}{2}$. UNC	4 $\frac{1}{2}$	1.7274	1.7594				

(The clearing of the root of the nut by a radius as shown causes this diameter to be increased by 0.072p.)

Lampiran 4

Whitworth and British Standard Fine Threads



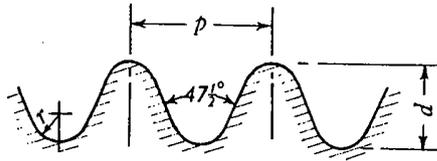
$$d = 0.64p \quad r = 0.137p$$

Bolt Dia. (in)	Whitworth				British Standard Fine		
	Threads per inch	Pitch of Thread (in)	Thread Core Dia. (in)	Tapping Size	Threads per inch	Thread Core Dia. (in)	Tapping Size (in)
$\frac{1}{4}$	20	0.050	0.186	5 mm	26	0.201	$5\frac{1}{4}$ mm
$\frac{5}{16}$	18	0.0556	0.241	$\frac{1}{4}$ in	22	0.254	0.261 in
$\frac{3}{8}$	16	0.0625	0.295	$\frac{5}{16}$ "	20	0.311	8 mm
$\frac{7}{16}$	14	0.0714	0.346	$\frac{23}{64}$ "	18	0.366	$\frac{3}{8}$ in
$\frac{1}{2}$	12	0.083	0.393	$\frac{13}{32}$ "	16	0.420	$\frac{27}{64}$ in
$\frac{9}{16}$	12	0.083	0.456	$\frac{15}{32}$ "	16	0.483	$12\frac{1}{2}$ mm
$\frac{5}{8}$	11	0.091	0.509	$\frac{17}{32}$ "	14	0.534	$\frac{35}{64}$ in
$\frac{3}{4}$	10	0.100	0.622	$\frac{41}{64}$ "	12	0.643	$\frac{21}{32}$ "
$\frac{7}{8}$	9	0.111	0.733	$\frac{3}{4}$ "	11	0.759	$\frac{25}{32}$ "
1	8	0.125	0.840	$\frac{53}{64}$ "	10	0.872	$\frac{57}{64}$ "
$1\frac{1}{4}$	7	0.143	1.067	$1\frac{3}{32}$ "	9	1.108	$1\frac{1}{8}$ "
$1\frac{1}{2}$	6	0.167	1.287	$1\frac{5}{16}$ "	8	1.340	$34\frac{1}{2}$ mm
$1\frac{3}{4}$	5	0.200	1.494	$1\frac{33}{64}$ "	7	1.567	$1\frac{19}{32}$ in
2	$4\frac{1}{2}$	0.222	1.715	$1\frac{3}{4}$ "	7	1.817	$1\frac{27}{32}$ "

Note. The tapping sizes given above for Whitworth and BSF threads are based on the formula $T = D - 1.1328p$, and give a thread about 88.5% of full form (see page 290).

Lampiran 5

British Association (BA) Threads



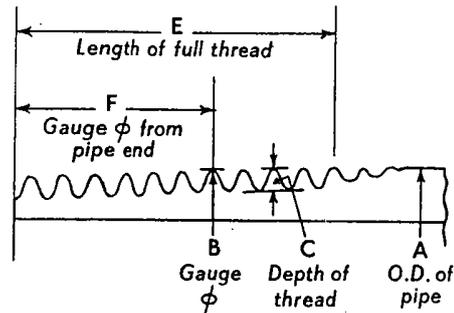
$$d = 0.6p. \quad r = \frac{2p}{11}$$

BA No.	0	1	2	3	4	5
Diameter (mm)	6	5.3	4.7	4.1	3.6	3.2
Pitch (mm)	1	0.9	0.81	0.73	0.66	0.59
Core Diameter (mm)	4.8	4.22	3.73	3.22	2.81	2.49
Core Diameter (in.)	0.189	0.166	0.147	0.127	0.111	0.098
BA No.	6	7	8	9	10	11
Diameter (mm)	2.8	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5
Pitch (mm)	0.53	0.48	0.43	0.39	0.35	0.31
Core Diameter (mm)	2.16	1.92	1.68	1.43	1.28	1.13
Core Diameter (in.)	0.085	0.076	0.066	0.056	0.05	0.044
BA No.	12	13	14	15	16	17
Diameter (mm)	1.3	1.2	1.0	0.9	0.79	0.7
Pitch (mm)	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17
Core Diameter (mm)	0.96	0.90	0.72	0.65	0.56	0.50
Core Diameter (in.)	0.038	0.035	0.028	0.025	0.022	0.020
BA No.	18	19	20	21	22	23
Diameter (mm)	0.62	0.54	0.48	0.42	0.37	0.29
Pitch (mm)	0.15	0.14	0.12	0.11	0.098	0.09
Core Diameter (mm)	0.44	0.37	0.34	0.29	0.25	0.22
Core Diameter (in.)	0.017	0.015	0.013	0.012	0.011	0.009

Lampiran 6

British Standard Pipe Threads (BSP)

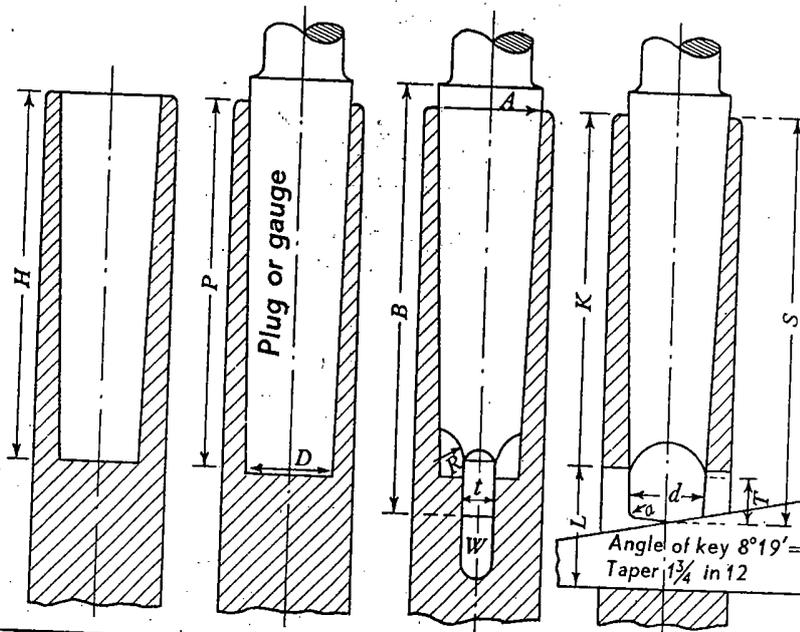
(Thread Form—Whitworth)



Thread on end of pipe

Size = Bore of Pipe	A	B	C	Core dia.	E	F			Thread in in
						Standard	Max	Min	
1/8	15/32	0.383	0.0230	0.337	3/8	5/32 (0.1563)	0.18	0.13	28
1/4	17/32	0.518	0.0335	0.451	1/2	3/16 (0.1875)	0.22	0.16	19
3/8	11/16	0.656	0.0335	0.589	5/8	1/4 (0.2500)	0.29	0.21	19
1/2	27/32	0.825	0.0455	0.734	1 1/8	3/8 (0.2500)	0.29	0.21	14
3/4	1 1/16	1.041	0.0455	0.950	1 1/4	1/2 (0.3750)	0.44	0.31	14
1	1 1/32	1.309	0.0580	1.193	1 1/2	5/8 (0.3750)	0.44	0.31	11
1 1/4	1 11/16	1.650	0.0580	1.534	1 3/4	3/4 (0.5000)	0.58	0.42	11
1 1/2	1 29/32	1.882	0.0580	1.766	2	7/8 (0.5000)	0.58	0.42	11
2	2 3/8	2.347	0.0580	2.231	2 1/8	1 (0.6250)	0.73	0.52	11
2 1/2	3	2.960	0.0580	2.844	2 1/4	1 1/16 (0.6875)	0.80	0.57	11
3	3 1/2	3.460	0.0580	3.344	2 3/8	1 1/8 (0.8125)	0.95	0.68	11
3 1/2	4	3.950	0.0580	3.834	2 1/2	1 1/4 (0.8750)	1.02	0.73	11
4	4 1/2	4.450	0.0580	4.334	2 5/8	1 1/2 (1.0000)	1.17	0.83	11
4 1/2	5	4.950	0.0580	4.834	3	1 3/8 (1.0000)	1.17	0.83	11
5	5 1/2	5.450	0.0580	5.334	3 1/4	1 7/8 (1.1250)	1.31	0.94	11
6	6 1/2	6.450	0.0580	6.334	3 3/4	2 (1.3750)	1.60	1.15	11
7	7 1/2	7.450	0.0640	7.322	4	2 1/8 (1.3750)	1.60	1.15	10
8	8 1/2	8.450	0.0640	8.322	4 1/4	2 1/2 (1.5000)	1.75	1.25	10
9	9 1/2	9.450	0.0640	9.322	4 3/4	2 3/4 (1.5000)	1.75	1.25	10
10	10 1/2	10.450	0.0640	10.322	5	3 (1.6250)	1.90	1.35	10

MORSE TAPER STANDARD



Number of Taper	Dia. of Plug at Small End	Dia. at End of Socket	Shank		Depth of Hole	Standard Plug Depth	Tongue				Keyway			Taper	
			Whole Length of Shank	Shank Depth			Thickness of Tongue	Length of Tongue	Rad. of Mill for Tongue	Diameter of Tongue	Radius of Tongue	Width of Keyway	Length of Keyway		End of Socket to Keyway
D	A	B	S	H	P	t	T	R	d	a	W	L	K	Per ft.	
Dimensions in inch units															
0	.252	.3561	$2\frac{1}{16}$	$2\frac{1}{16}$	$2\frac{1}{16}$	2	$\frac{3}{16}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{11}{16}$	.04	.160	$\frac{9}{16}$	$1\frac{1}{16}$	.626
1	.369	.475	$2\frac{3}{16}$	$2\frac{3}{16}$	$2\frac{3}{16}$	$2\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{11}{16}$	.05	.213	$\frac{9}{16}$	$1\frac{1}{16}$	.599
2	.572	.700	$3\frac{1}{16}$	$3\frac{1}{16}$	$3\frac{1}{16}$	$2\frac{3}{16}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{11}{16}$	.06	.260	$\frac{9}{16}$	$1\frac{1}{16}$	.599
3	.778	.938	$3\frac{3}{16}$	$3\frac{3}{16}$	$3\frac{3}{16}$	$3\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{11}{16}$	.08	.322	$\frac{9}{16}$	$1\frac{1}{16}$	.602
4	1.020	1.231	$4\frac{1}{16}$	$4\frac{1}{16}$	$4\frac{1}{16}$	$4\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{11}{16}$	.10	.478	$\frac{9}{16}$	$1\frac{1}{16}$	.623
5	1.475	1.748	$6\frac{1}{16}$	$6\frac{1}{16}$	$6\frac{1}{16}$	$5\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{11}{16}$	.12	.635	$\frac{9}{16}$	$1\frac{1}{16}$	.631
6	2.116	2.494	$8\frac{1}{16}$	$8\frac{1}{16}$	$8\frac{1}{16}$	$7\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{11}{16}$	.15	.760	$\frac{9}{16}$	$1\frac{1}{16}$	.626
7	2.750	3.270	$11\frac{1}{16}$	$11\frac{1}{16}$	$10\frac{1}{8}$	10	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{11}{16}$	.18	1.135	$\frac{9}{16}$	$1\frac{1}{16}$	.624
Dimensions in mm															
0	6.4	9.04	59.5	55.5	51.5	51	4	6.4	4	6	1	4.1	14.3	49.2	.626
1	9.37	12.06	65	62	55.5	54	5.2	9.5	4.8	8.7	$1\frac{1}{4}$	5.4	19	52.4	.599
2	14.52	17.78	79.5	74.5	67	65	6.4	11.1	6.4	13.5	$1\frac{1}{2}$	6.6	22.2	63.5	.599
3	19.76	23.83	98	85	82.5	81	8	14.3	7.1	18.3	2	8.2	30.1	77.8	.602
4	25.9	31.27	124	117.5	105	103	11.9	16	8	24.6	$2\frac{1}{2}$	12.1	31.8	98.4	.623
5	37.47	44.4	155.5	149	133	132	16	19	9.5	35.7	3	16.1	38.1	125.4	.631
6	53.75	63.35	218	210	187	184	19	28.5	12.7	50.8	$3\frac{1}{2}$	19.3	44.5	177.8	.626
7	69.85	83.05	295	286	258	254	28.5	35	19	66.7	$4\frac{1}{2}$	28.8	66.7	241.3	.624

Lampiran 8

**TABEL PUTARAN SPINDEL UTAMA
MESIN FREIS**

T 142,1 Numbers of revolutions of milling cutters per min.

Cutting speed v in m/min	Cutter diameter d in mm									
	40	50	60	75	90	110	130	150	175	200
6	48	38	32	26	21	17	15	13	11	10
8	64	51	42	34	28	23	20	17	15	13
10	79	64	53	42	35	29	24	21	18	16
12	96	76	64	51	42	35	29	25	22	19
14	112	89	73	60	50	40	34	30	26	22
18	145	115	96	76	64	52	44	38	33	29
22	175	140	117	93	77	64	54	47	40	35
26	210	165	140	110	91	75	65	56	48	42
30	240	190	160	128	105	87	73	64	55	48
35	280	225	185	150	125	100	86	74	64	56
40	320	255	210	170	140	116	98	86	72	64
45	360	287	240	190	160	130	110	95	82	72
50	400	318	265	212	177	145	122	106	91	80

Example : Cutting speed $v=22$ m/min, cutter diameter $d=60$ mm.
Required : No. of revolutions of the cutter per min.

Result : At $v=22$ m/min. to the right, at $d=60$ mm downwards. At the intersection the rpm of the milling cutter is found to be 117 rpm.

T 142,2 Coolants and lubricants for milling.

Material to be milled	Coolant and lubricant
Carbon steel and alloy steel of medium tensile strength	Water soluble oil
Steel of high tensile strength, chilled cast iron	Cutting oil
Cast iron, synthetic plastic and molding compounds	Dry
Brass, bronze	Water soluble oil or cutting oil
Aluminium or aluminium alloys	Water soluble oil or dry
Magnesium alloys	Dry or special cutting oil

T 142,3 Permissible amount of chip removal during milling.

The permissible amount of chips V' in cm^3 per kW driving capacity of machine						
Milling method	Carbon steel 35 ... 60 kgf/mm^2 strength	Alloy steel 60 ... 80 kgf/mm^2 strength	Alloy steel up to 100 kgf/mm^2 strength	Cast iron medium hard	Brass and gunmetal	Light metals
Plain milling	12	10	8	22	30	60
End milling	15	12	10	28	40	75