

## MATERI KULIAH PROSES PEMESINAN PROSES FRAIS

### *Material dan Jenis-jenis Pisau Frais*

Oleh:

**Dwi Rahdiyanta**

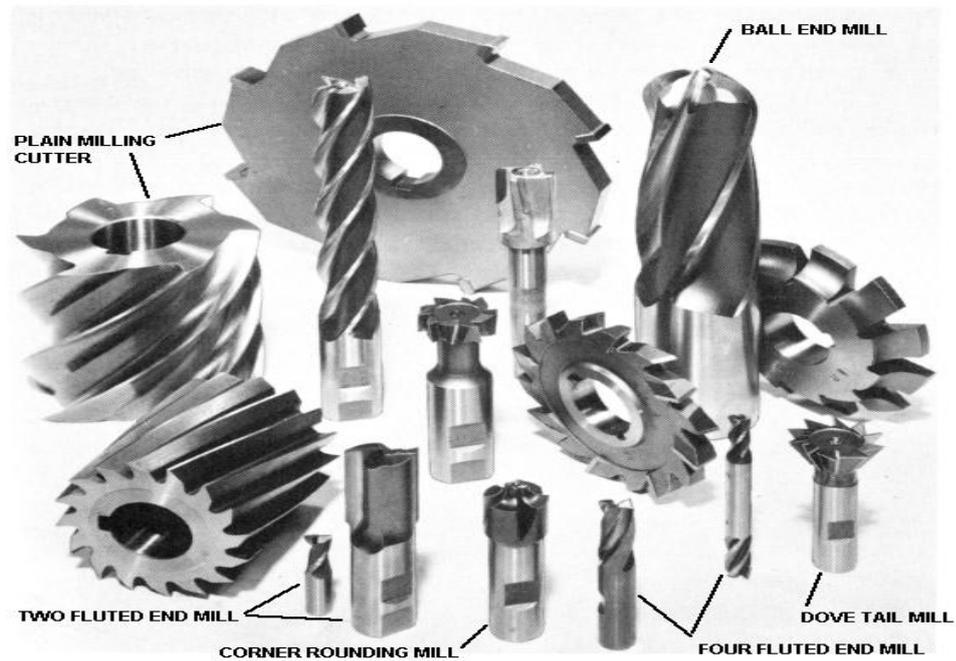
Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

#### **A. Material Pisau Frais**

Pisau frais atau gigi pisau frais pada umumnya terbuat dari bahan-bahan *high speed steel*, *cemented carbide* atau *cast alloy*. Pisau frais dapat dibedakan mejadi pisau frais *solid* dan pisau frais *inserted*. Tipe solid dibuat dari material solid seperti HSS atau dibuat dari *carbon steel*, *alloy steel*, atau HSS dengan gigi *cemented carbide* yang dibrasing pada bodi pisau.

Pada pisau frais sisip, gigi-giginya dibuat dari HSS, *cast alloy*, atau *cemented carbide*. Body/tubuh pisau biasanya dibuat dari *alloy steel* untuk menghemat ongkos. Pisau inserted dapat dilepas apabila telah mengalami kerusakan/tumpul untuk diganti dengan yang baru.



Gambar 1. Pisau Frais Tipe Solid



(a)



(b)

Gambar 2. Pisau Frais Tipe Sisipan (*Insert*)

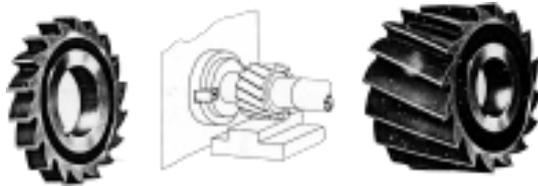
## B. Macam Pisau Frais dan Kegunaannya

Berdasarkan bentuknya pisau frais dapat dibedakan sebagai berikut:

### 1. Pisau Frais Lurus (*Plain Milling Cutter*)

- a. Pisau Lurus Untuk Pemotongan Ringan (*Light Duty Plain Milling Machine*)

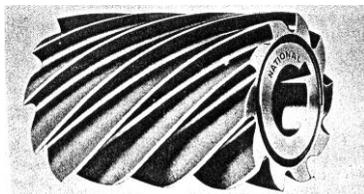
Pisau ini pada umumnya digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan ringan Bentuk gigi dari pisau ini pada umumnya berupa gigi lurus maupun gigi miring/helik. Gigi helik biasanya mempunyai sudut  $25^{\circ}$ . Gigi-gigi helik lebih sesuai untuk pemakanan dengan tenaga yang lebih sedikit mulai awal pemakanan, getaran yang lebih ringan dan mampu menghasilkan permukaan yang lebih halus. Gigi-gigi pisau ini pada umumnya kecil dengan pitch kecil pula. Pisau ini didesain untuk pemotongan ringan dengan kecepatan sedang.



Gambar. 3. Pisau Frais Lurus (*Plain Milling Cutter*)

b. Pisau Lurus Untuk Pemotongan Kasar/Berat (*Heavy Duty Plain Milling Cutter*)

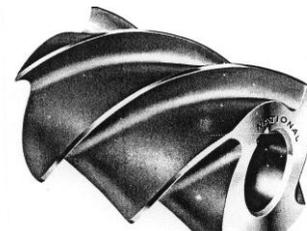
Pisau ini dibuat dengan ukuran lebih besar dan lebar dengan jumlah gigi yang lebih kecil daripada *light duty plain milling*. Untuk pisau frais dengan diameter 3" biasanya terdiri dari 8 gigi dan untuk diameter 4" biasanya 10 gigi. Sudut kemiringan gigi pisau antara  $25^{\circ}$ - $45^{\circ}$ . Pisau ini didesain untuk pekerjaan-pekerjaan kasar (berat)



Gambar. 4. Pisau Lurus Untuk Pemotongan Kasar/Berat (*Heavy Duty Plain Milling Cutter*)

c. Pisau Rata Helik (*Helical Plain cutter*)

Pisau ini mempunyai jumlah gigi yang lebih sedikit dan lebih kasar daripada pisau rata untuk pekerjaan berat/kasar. Pisau rata helik dengan diameter 3 " biasanya mempunyai jumlah gigi 4. Sudut kemiringan gigi pisau ini biasanya  $45^{\circ}$  hingga  $60^{\circ}$  atau lebih besar. Sudut helik yang besar ini mampu menyerap gaya pemotongan yang terjadi. Pisau ini cocok untuk pemakanan lebar, dangkal pemotongan profil pada dan besi lunak dan tidak efisien untuk pemakanan kasar seperti pada pisau rata untuk pemakanan kasar



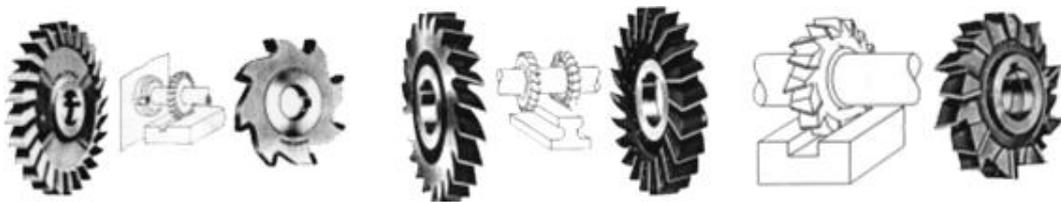
Gambar. 5. Pisau Rata Helik (*Helical Plain cutter*)

## 2. Pisau Sisi (*Side Milling Cutter*)

*Side Milling Cutter* sama dengan *Plain Milling Cutter* namun pada salah satu sisi atau kedua sisi terdapat mata potong/mata pisau. Dengan pisau ini dapat dilakukan pemakanan pada sisi muka dan pada kedua sisi samping.

Macam-macam pisau sisi (*side milling cutter*) antara lain:

- a. Pisau sisi lurus (*Plain side milling cutter*) dengan sisi lurus pada sisi muka dan kedua sisi sampingnya.
- b. Pisau setengah sisi (*Half side milling cutter*) mempunyai gigi helik pada sisi muka dan gigi pemotong pada satu sisi samping. Pisau tipe ini dianjurkan untuk pengefraisan permukaan kasar dan pengfraisan pada satu sisi saja.
- c. Pisau Staggered (*Staggered tooth side milling cutter*) pisau ini dianjurkan untuk pemotongan kasar, alur dan slotting.



a. Pisau sisi lurus

b. Pisau setengah sisi

c. Pisau Staggered

Gambar 6. Macam-macam Pisau Sisi ( Side Milling Cutter)

### 3. Pisau Potong/Gergaji (*Metal Slitting Saw*)

Pisau ini didesain untuk operasi pemotongan benda kerja dan pembuatan alur sempit (*narrow slot*). Untuk pemotongan yang dalam diperlukan kelonggaran (*clearance*) samping yang mencukupi.

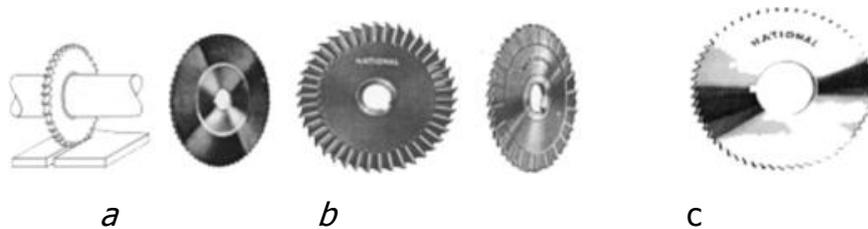
Terdapat beberapa macam pisau gergaji antara lain:

a. Pisau gergaji lurus (*Plain metal selting saw*). Merupakan pisau yang paling tipis dengan sisi lurus dan pada sisi sampingnya dibuat tirus masuk. Hal ini digunakan untuk mencegah terjadinya tekanan pada sisi pisau . Gigi-gigi pisau harus tajam dan mempunyai jumlah yang lebih banyak daripada pisau muka lurus (*plain milling cutter*). Namun demikian kecepatan pemakanan (*feed*) harus lebih rendah (biasanya  $1/8$  hingga  $1/4$  dari feed yang digunakan pada pisau lurus. Pisau gergaji lurus biasanya dibuat dengan ketebalan  $1/32$  inch sampai dengan  $3/16$  inch dengan diameter  $2\ 1/2$  " sampai 8 ".

b. Pisau Potong dengan Gigi Samping (*Metal Slitting Saw with Side Teeth*)

Pisau ini mempunyai bentuk yang sama dengan pisau sisi. Pada sisi samping diberi kelonggaran untuk beram dan melindungi mencegah pisau dari tekanan dan jepitan sewaktu pengoperasian. Pisau ini biasanya dibuat dengan tebal  $1/16$  inch sampai  $3/16$  inch dan diameter dari  $2\ 1/2$  " sampai 8 ". Pisau jenis ini dianjurkan untuk membuat alur yang dalam dan proses pemotongan.

- c. Pisau Potong Staggered (*Staggered Tooth Metal Slitting Saw*)  
 Pisau ini mempunyai bentuk yang sama pisau *staggered*. Pisau ini dianjurkan untuk pemotongan selebar 3/16 inci dan selebihnya, dan bisa pula untuk pemotongan yang lebih tajam. Biasanya pisau ini mempunyai lebar 3/16 inci hingga 1/4 Inchi dengan diameter 3" sampai 8".
- d. Pisau Alur Sekrup (*Screw Slotting Cutter*) adalah pisau potong khusus yang didesain untuk memotong alur dalam kepala baut. Pisau ini juga dapat digunakan untuk pemotongan ringan seperti pemotongan *tube copper*, ring piston dan benda sejenisnya. Pisau ini mempunyai fine feeds. Pada sisi pisau ini dibuat lengkung lurus dan sejajar. Pisau ini mempunyai lebar 0,020"-0,182" dan diameter maksimal 2 3/4 inchi.



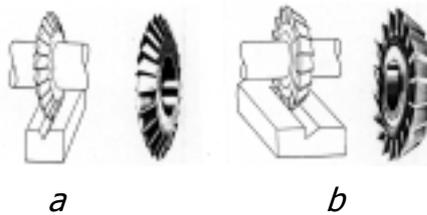
Gambar 7. Macam-macam Pisau Potong/Gergaji (*Metal Slitting Saw*) a. Pisau gergaji lurus b. Pisau Potong Staggered dan Pisau Potong dengan Gigi Samping c. Pisau Alur Sekrup

#### 4. Pisau Sudut (*Angular Milling Cutter*)

Pisau sudut digunakan untuk pemotongan sudut seperti pemotongan alur V, ekor burung, serrations dan gigi reamer. Terdapat dua macam pisau sudut yaitu:

- a. Pisau sudut tunggal. Pisau ini mempunyai satu sisi permukaan sudut. Pisau ini digunakan pada pembuatan alur ekor burung, notches pada roda ratchet dan operasional sejenis. Sudut pisau ini pada umumnya antara  $45^{\circ}$ - $60^{\circ}$

- b. Pisau sudut ganda digunakan untuk pembuatan alur V. Pisau ini mempunyai bentuk sisi V dan biasanya dibuat dengan sudut  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ , atau  $90^{\circ}$



Gambar 8. Pisau Sudut (*Angular Milling Cutter*)  
a. Pisau sudut tunggal, b. Pisau sudut ganda

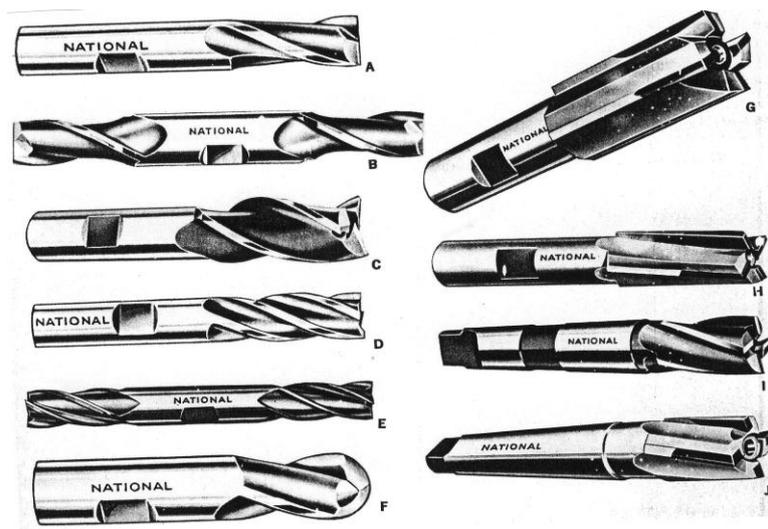
## 5. Pisau Jari (*End Mill Cutter*)

*End Mill Cutter* merupakan pisau solid dengan sisi dan gagang yang menjadi satu. Namun demikian terdapat pisau endemil dengan mata pisau dan gagang terpisah yang disebut tipe *shell*. Selain tipe *shell* tersebut pisau *end mill* mempunyai gagang lurus atau tirus yang dapat dipasangkan pada spindel mesin frais. *End mill* dapat digunakan untuk pengefraisan muka, pengefraisan horizontal, vertikal, menyudut atau melingkar. Secara operasional *end mill* digunakan untuk pembuatan alur, *keyways*, *pockets* (kantong), *shoulders* (tingkat), permukaan datar dan pengefraisan bentuk.

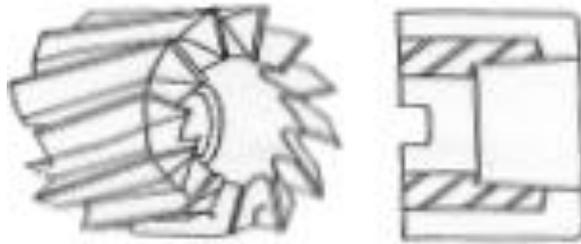
*End Mill* sebagian besar digunakan pada mesin frais vertikal meskipun tidak menutup kemungkinan dipakai pada mesin frais horizontal. Terdapat berbagai macam bentuk end mill dan biasanya terbuat dari HSS, comented carbide, atau gigi comented carbide yang disisipkan. Macam-macam end mill tersebut antara lain:

- a. End mill dua mata (*two flute*). Pisau ini hanya mempunyai dua mata potong pada selubungnya. Ujung sisi didesain untuk dapat memotong hingga ke center. Pisau ini dapat digunakan sebagaimana bor dan dapat pula digunakan untuk membuat alur.

- b. End mill dengan mata potong jamak. Pisau ini mempunyai tiga, empat, enam atau delapan sisi potong dan biasanya mempunyai diameter di atas 2 "
- c. *Ball end mill*. Pisau ini digunakan untuk pengefraisan fillet atau alur dengan radius pada permukaannya, untuk alur bulat, lubang, bentuk bola dan untuk semua pengerjaan bentuk bulat
- d. *Shell end mill*. Pisau ini mempunyai lubang untuk pemasangannya pada arbor pendek. Gigi-gigi pisau ini biasanya berbentuk helik. Pisau ini dibuat lebih besar ukurannya dari pada pisau solid dan biasanya berukuran 1 ¼ " sampai 6 "



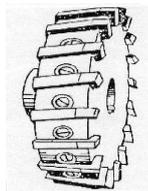
Gambar. 9. Pisau Jari (*End Mill Cutter*) (A) Dua mata satu ujung, (B) Dua mata dua ujung, (C) Tiga mata satu ujung, (D) Mata ganda satu ujung, (E) Empat mata dua ujung, (F) Dua mata ujung bulat, (G) Type Carbide , (H) Tipe carbide gigi helik kanan, (I) Mata potong ganda gagang tirus, (J) Tipe carbide dengan ujung tirus dan gigi helik.



Gambar. 10. Pisau Shell End Mill

### 6. Pisau Muka (*Face Mill Cutter*)

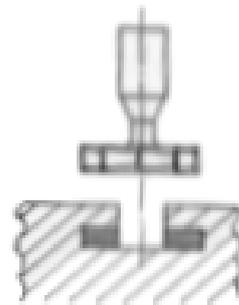
Adalah pisau bentuk khusus dari pisau end mill besar. Pisau ini dibuat dengan ukuran 6 " atau lebih. *Face milli cutter* biasanya mempunyai mata potong sisip (*inserted*). Pisau ini biasanya dipasangkan langsung pada spindle mesin frais dan digunakan untuk menghasilkan permukaan datar.



Gambar 11. Pisau Muka

### 7. T-Slot Milling Cutter.

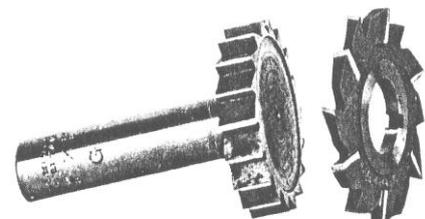
Merupakan pisau tipe end mill khusus yang didesain untuk pemotongan alur T, seperti pada meja mesin frais.



Gambar 12. Pisau Alur T (*T-Slot Milling Cutter*)

### 8. Keyseat Cutter

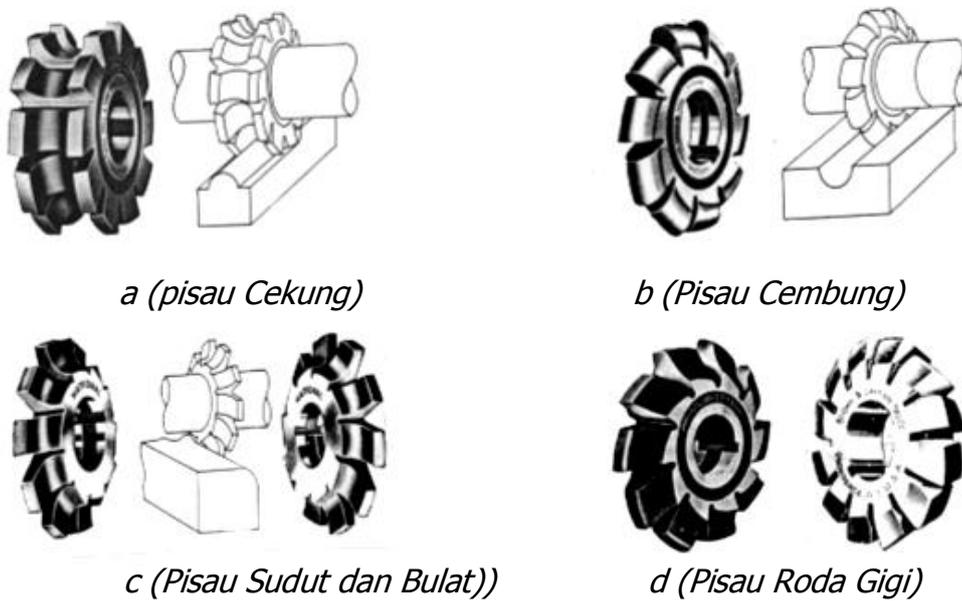
Pisau ini merupakan pisau khusus yang digunakan untuk membuat *keyseat* untuk alur *woodruff*. Pisau ini sesuai untuk semua ukuran alur *woodruff*. Ukuran diameter pisau ini antara 1/4 " sampai 1 1/2 " dan tipe arbor dengan di



Gambar 13. Pisau Keyseat

## 9. Pisau Bentuk

Pisau bentuk digunakan untuk mengefrais permukaan dengan bentuk yang bervariasi sesuai keinginan. Pisau ini dapat digunakan untuk mengefrais bentuk-bentuk dan ukuran standar maupun bentuk-bentuk dan ukuran yang berbeda-beda. Berbagai macam pisau bentuk dapat dilihat pada Gambar 42 dan Gambar 43.



Gambar 14. Berbagai Macam pisau Bentuk



Gambar 15. Pisau Frais Bentuk Khusus

## **10. Fly cutter**

*Fly cutter* terdiri dari satu atau lebih bentuk gigi dalam satu pisau. Dalam penggunaannya sama dengan proses pengeboran.

## **11. Rotary Files**

Pisau ini mempunyai bentuk yang hampir sama dengan end mill tetapi sebenarnya bukan pisau. Rotary files cocok untuk berbagai macam bentuk dan ukuran dan biasanya dibuat dari bahan HSS atau carbide. Rotary files biasanya digunakan dalam mesin-mesin portabel. Pisau ini digunakan dalam finishing hasil pengelasan, dies, mould dan operasional lain yang tidak membutuhkan pengurangan dimensi dalam jumlah besar.

### **C. Bentuk Gigi Pisau Frais**

Berdasarkan dari bentuknya gigi-gigi pisau frais dapat dibedakan menjadi: gigi lurus dan helik, gigi tempel dari bahan cemented carbide dan gigi insert .

#### **1. Gigi lurus dan helik.**

Pisau lurus dan helik biasanya digunakan dalam pengefraisan horizontal. Beberapa macam pisau frais yang mempunyai gigi horizontal dan helik yang menyatu dengan bodi pisau. Bentuk gigi tersebut antara lain

##### **a. Gigi lurus**

Gigi ini biasanya terdapat pada pisau alur, pisau potong dan pisau tipis lainnya, pisau-pisau sudut tunggal dan jamak, pisau woodruff dan pisau bentuk. Gigi biasanya dibuat lurus dengan alasan kesulitan dalam pembuatannya bila harus dibuat dalam bentuk lain. Pitch dari pisau ini biasanya lebih kecil untuk mengoptimalkan kontak gigi dengan benda kerja.

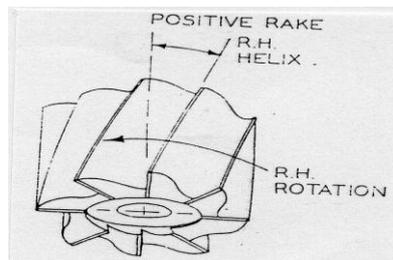
## b. Gigi helik

Gigi helik mempunyai kemiringan yang bervariasi antara  $10^{\circ}$  hingga  $15^{\circ}$ . Gigi dengan sudut kecil biasanya digunakan untuk pengefraisan kasar dengan hasil beram yang kasar. Sedangkan untuk sudut besar dengan jumlah gigi sedikit sesuai untuk pemotongan kasar pada material yang liat (*ductile*). Beberapa keuntungan gigi pisau frais dibuat helik antara lain:

- perubahan gaya potong yang relatif stabil
- hasil permukaan lebih halus
- umur pahat meningkat karena panjang sudut potong lebih besar

### 1) Gigi helik kanan

Gigi helik kanan menghasilkan sudut rake positif terhadap ujung pisau. Gigi ini sesuai untuk mengefraisi mild steel, copper, maupun aluminium. Namun demikian sudut positif ini dapat menimbulkan masalah bila digunakan pada benda yang sangat liat



Gambar 16. Gigi Helik Kanan

### 2) Gigi helik kiri

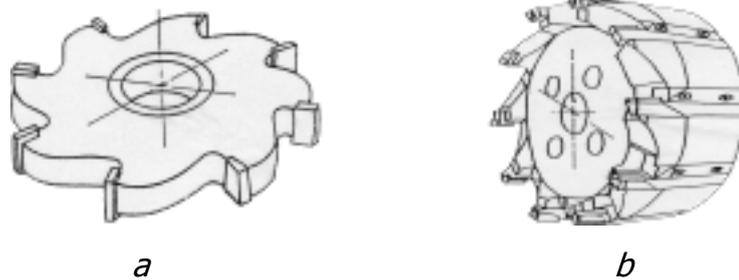
Gigi helik kiri menghasilkan sudut rake negatif dan sesuai untuk pemotongan brass atau material brittle lain seperti cast iron. Sudut rake negatif dapat meningkatkan kekuatan pemotongan dan mencegah pahat dari ketumpulan.

## 2. Cemented Carbide Cutter

Untuk meningkatkan kecepatan potong dan memperpanjang umur pahat maka bahan pahat dapat dibuat dari *cemented carbide*. Dalam hal ini pemasangan gigi dapat dilakukan dengan cara:

- a. mata pisau dipasang pada bodi pisau dengan cara brazing
- b. mata pisau dipasang pada bodi pisau dengan jalan disisipkan
- c. mata pisau dipasang dengan menggunakan pola *Throw Away Tips*.

Pada tipe ini bodi pisau dibuat alur khusus untuk memasang mata pisau. Mata pisau tinggal dipasang saja pada alur yang telah disediakan. Pada tipe ini bila terdapat satu gigi pemakan yang rusak dapat segera diganti dengan mudah. Selain itu pada jenis pisau ini tidak diperlukan pengasahan alat potong



Gambar 17. Pahat Carbida (Cemented Carbide Cutter)  
a. Gigi ditempelkan dengan brazing  
b. Gigi sisip

## 3. Pahat Sisip (Inserted)

Gigi sisip dibuat dari bahan HSS atau cemented carbide. Mata pisau disisipkan pada bodi pisau frais dan dikencangkan. Pisau sisip biasanya berdiameter besar (lebih dari 100 mm), seperti pada pisau rata muka, pisau sisi, *slab mill* dan sejenisnya.

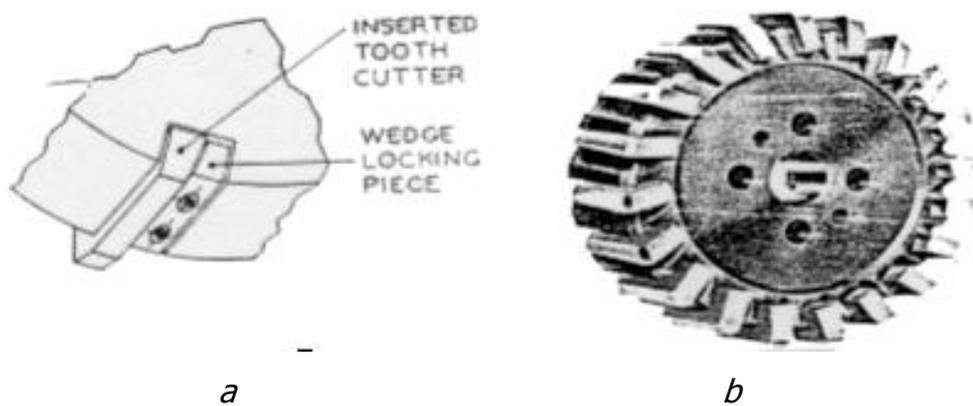
Beberapa keuntungan menggunakan pisau frais sisip antara lain:

- a. Pertimbangan penghematan ongkos produksi.

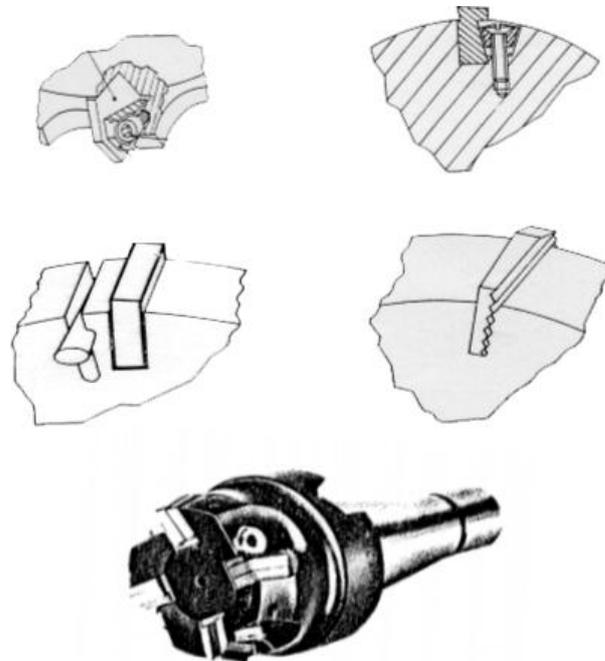
- b. Mengatasi masalah panas yang timbul akibat gesekan pisau dengan benda kerja.
- c. Bila digunakan model *throw away tips* dapat menghemat langkah pengasahan.
- d. Bila salahsatu gigi rusak , patah, atau tumpul dapat segera diganti.
- e. Pemasangan pahat ssip relatif cepat.

Pemasangan/penyisipan mata potong pada pisau frais dapat dilakukan dengan berbagai cara sebagai berikut:

- a. pengunci baji (*wedge locking*)
- b. pengunci baji bergerigi (*serrated wedge locking*)
- c. pengunci baji dengan throw away tip (*wedge locking a throw away tip*)
- d. penyekrupan selubung tirus (*tapered sleeve screw*)
- e. pengunci batang tirus (*tapered pin locking*)
- f. bergerigi dan tirus (*serrated and tapered*)
- g. pengunci cam (*cam locking*)



Gambar 18. Pemasangan Pisau Sisip a. pengunci baji (*wedge locking*) b. pengunci baji bergerigi (*serrated wedge locking*).



Gambar 19. Pemasangan Pisau Sisip: a. pengunci baji dengan throw away tip (*wedge locking a throw away tip*), b. penyekrupan selubung tirus (*tapered sleeve screw*), c. pengunci batang tirus (*tapered pin locking*), d. bergerigi dan tirus (*serrated and tapered*), dan e. pengunci cam (*cam locking*)

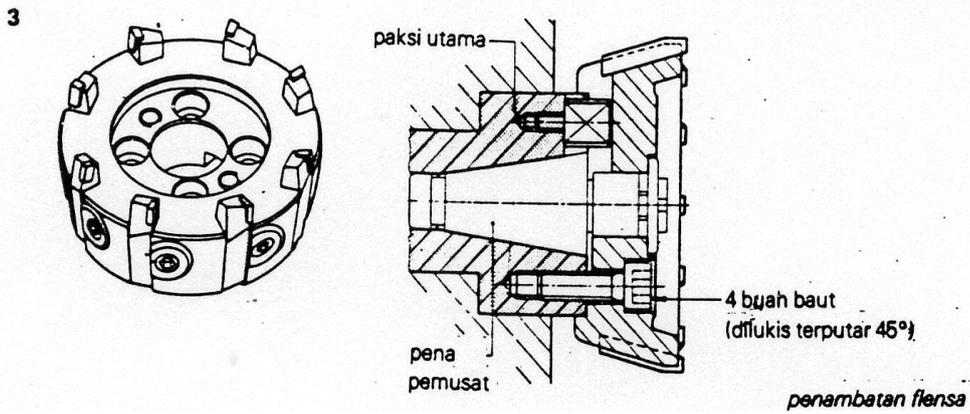
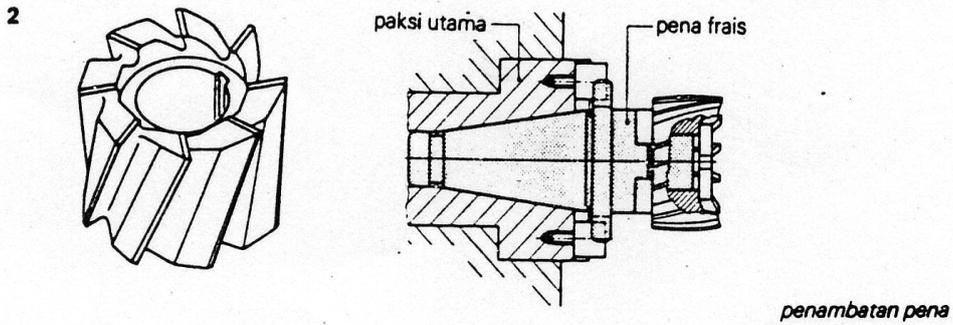
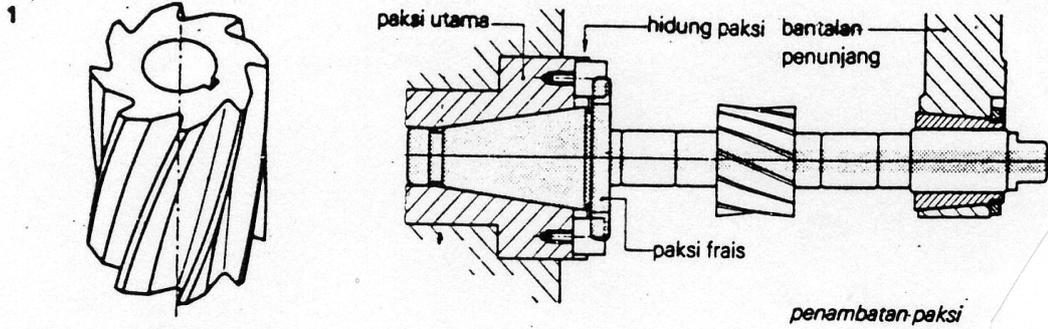
#### **D. Pemasangan dan Pelepasan Pisau**

Terdapat berbagai macam pisau frais sesuai kegunaannya. Oleh karena itu terdapat pula berbagai macam cara pemasangannya. Secara umum cara pemasangan maupun pelepasan pisau dapat dibedakan menjadi:

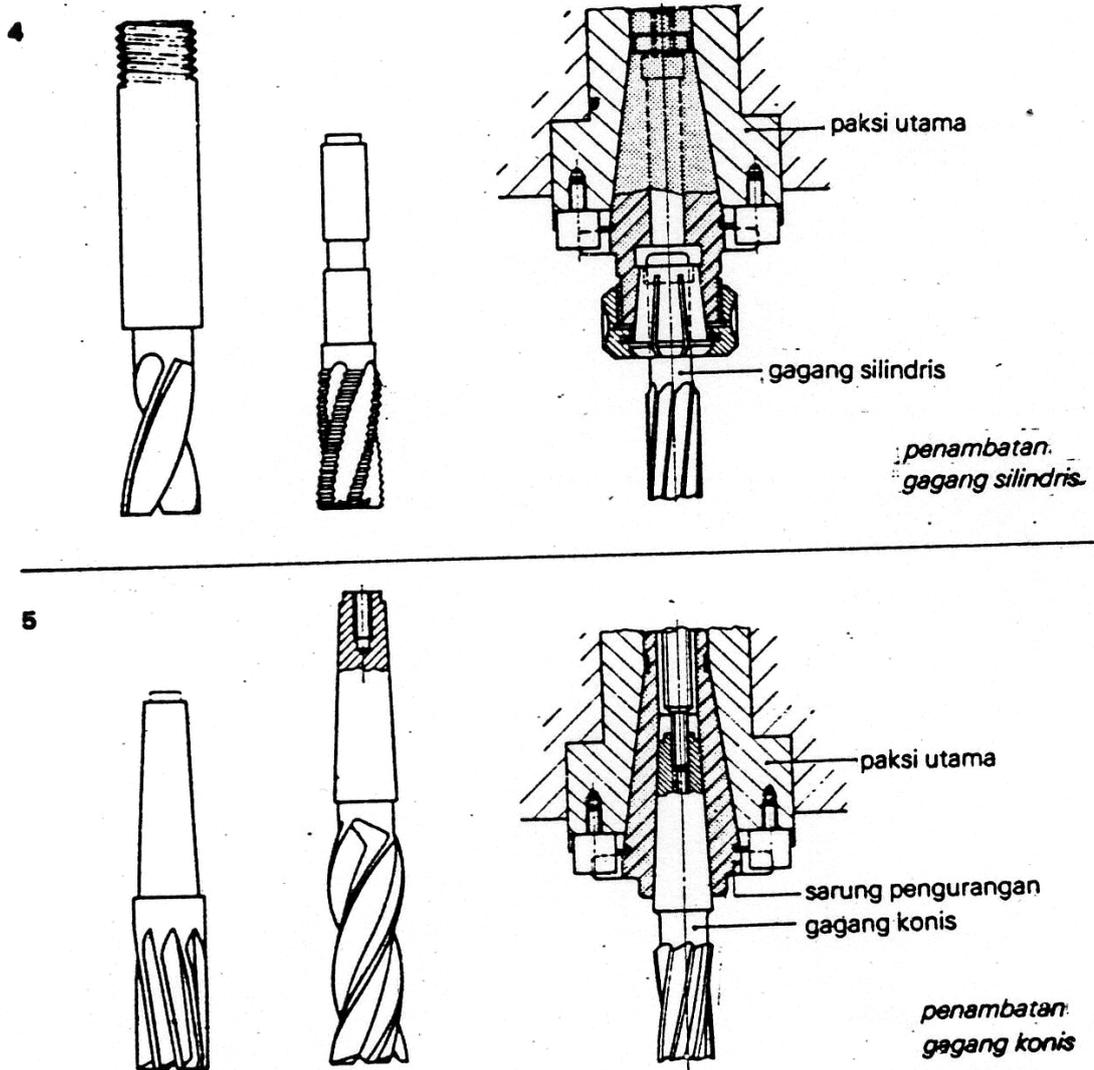
- Pemasangan Pisau pada Arbor Panjang
- Pemasangan Pisau pada Arbor Pendek (pena frais)
- Pemasangan Pisau pada Flens
- Pemasangan pisau frais jari dengan gagang silindris dan dengan gagang tirus.

Macam frais (contoh)

penyusunan/metode



Gambar 20. Berbagai Macam Cara Pemasangan Pisau Frais yang berlobang dengan Arbor Panjang, Arbor Pendek dan Flensa



Gambar 21. Berbagai Macam Cara Pemasangan Pisau Frais Jari dengan Gagang Silindris dan Gagang Berulir dengan Arbor Panjang, Arbor Pendek dan Flensa

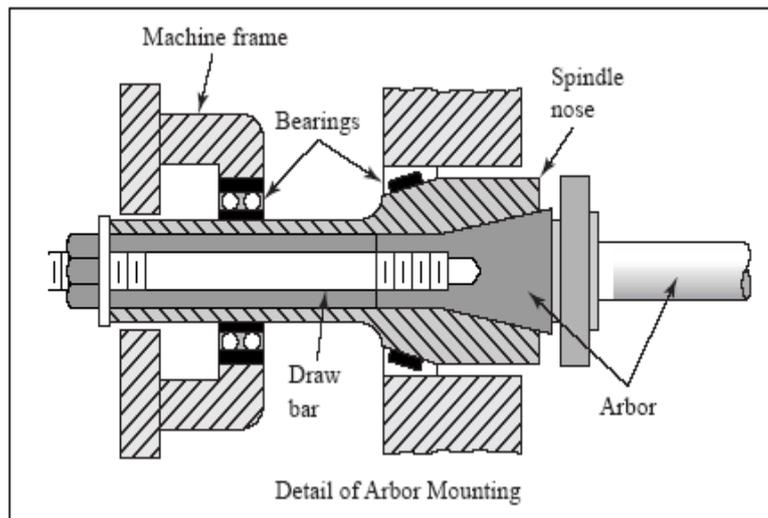
## 1. Pemasangan Pisau pada Arbor Panjang:

### a. Konstruksi Arbor Panjang

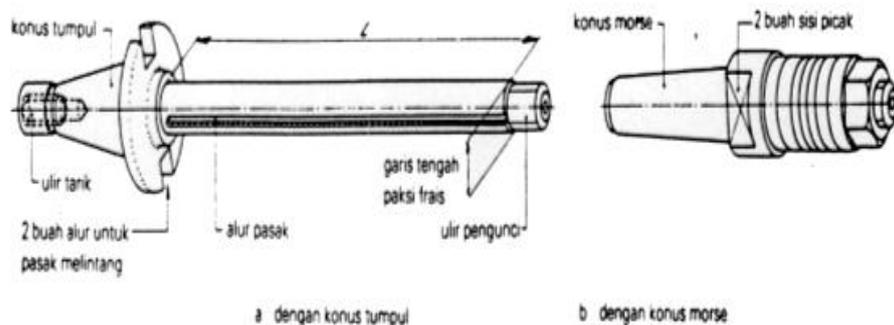
Arbor panjang adalah peralatan yang digunakan sebagai tempat pemasangan pisau frais. Pada arbor panjang dapat dipasang pisau frais dengan lubang silindris pada setiap jarak yang diinginkan dari ujung spindle utama. Pisau frais yang

dipasang jauh dari ujung spindle utama pada waktu pemakanan akan bergetar sebagai akibat dari gerakan pemotongan pisau. Oleh karena itu pemasangan pisau frais pada arbor panjang harus ditempatkan pada jarak sekecil mungkin dengan spindle utama.

Arbor panjang sebaiknya hanya digunakan pada pengefraisan horisontal. Pada penggunaan arbor panjang diperlukan bantalan penunjang.



Gambar 22. Gambar skematik arbor mesin frais horisontal

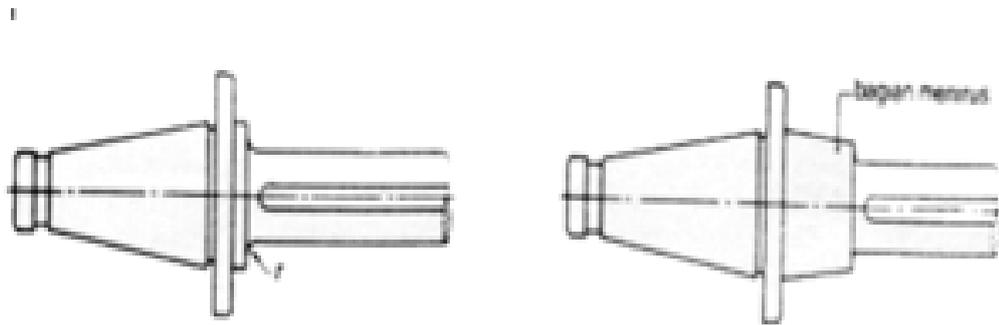


Gambar 23. Bagian-bagian Utama Arbor Panjang

**b. Bagian-bagian utama dari arbor panjang adalah:**

**1) Konis/tirus**

Konis pada arbor mesin frais biasanya sudah dibuat standar berdasarkan NEN 5443



Gambar 24. Tirus Arbor Panjang

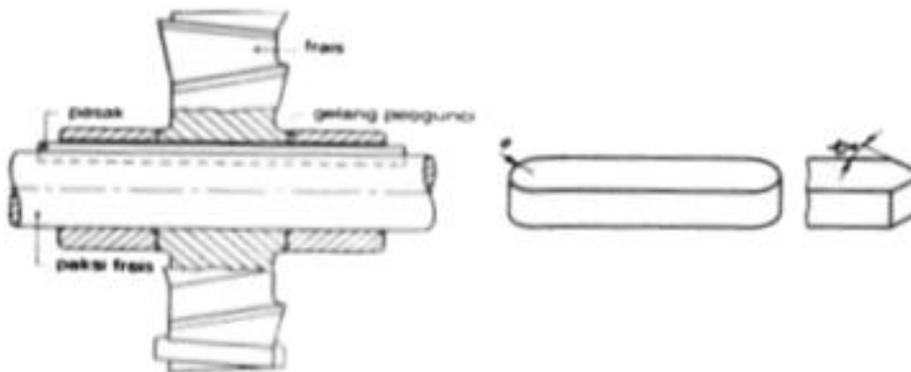
## 2) Poros arbor

Poros arbor merupakan batang silindris yang diberi alur pasak sebagai tempat pemasangan pisau frais.

Poros arbor panjang ini harus memiliki kemampuan terhadap gaya puntiran atau torsi, dan kelelahan. Oleh sebab itu poros arbor biasanya dibuat dari bahan baja karbon.

## 3) Pasak dan alur pasak

Pasak dengan alur pasak berfungsi menjamin pisau frais terhadap gaya putar poros arbor.



Gambar 25. Alur Pasak

Beberapa syarat yang harus dipenuhi untuk pasak memanjang antara lain:

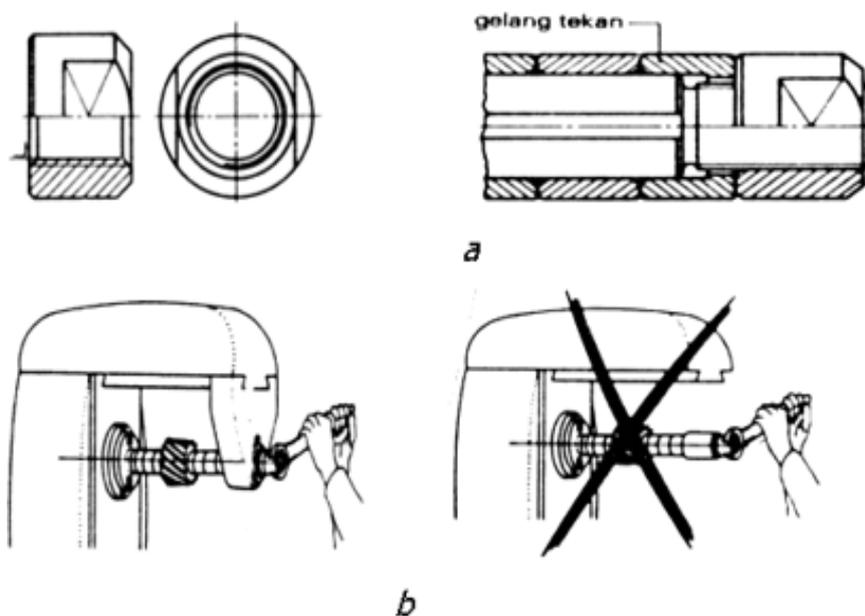
- Pada sisi atas pasak harus bebas dari gelang/ring pengunci maupun permukaan lobang dari pisau frais.
- Pasak harus dapat masuk dengan pas ke dalam alur pasak.
- Pada kedua ujung pasak harus dibulatkan atau diserongkan.
- Gelang pengunci atau pisau frais harus dengan mudah dapat digeser melalui pasak.

e) Pasak harus lebih panjang dari ukuran lebar pisau frais. Dengan cara demikian gelang pengunci dijamin terhadap selip.

#### 4) Ulir pengunci.

Ulir pengunci diikatkan pada sebuah mur dengan cara diputar sehingga pisau frais terjepit dengan baik pada arbor. Penjepitan dapat dilaksanakan dengan mengikat mur pengunci yang masuk tepat pada ujung ulir arbor. Ulir pengunci ini memiliki ulir sekrup yang halus.

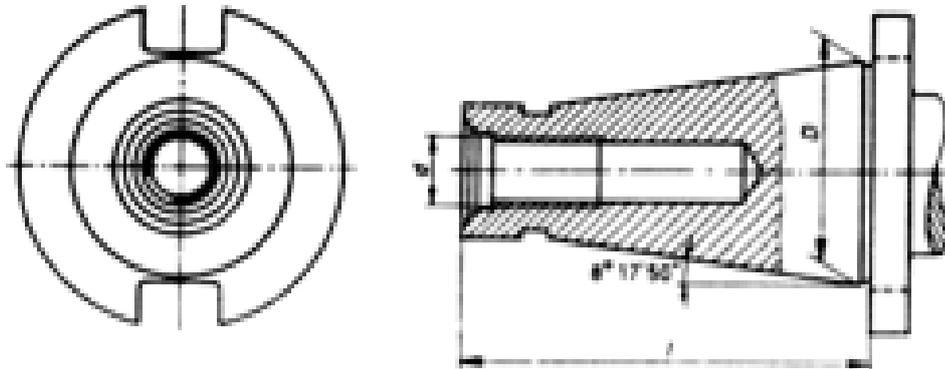
Mur pengunci baru bisa dikeraskan setelah bantalan penunjang ditempatkan. Sebelum arbor panjang ditempatkan ke dalam spindel, mur harus dikencangkan dengan tangan terlebih dahulu.



Gambar 26. Ulir/Mur Pengunci. a. Konstruksi, b. Pengencangan mur.

#### 5) Ulir Tarik.

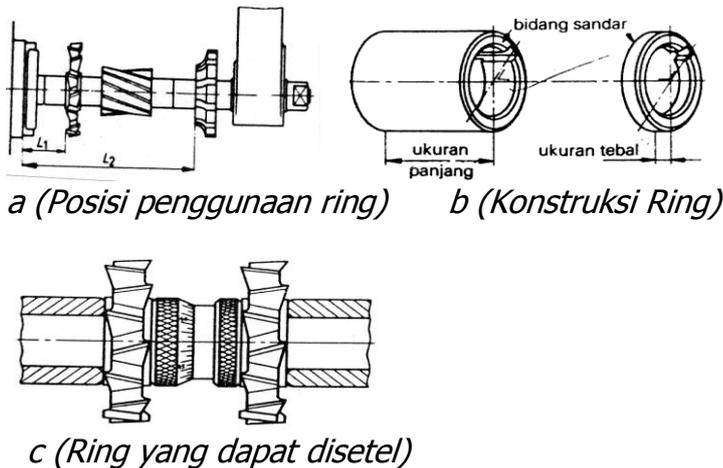
Dengan ulir tarik ini pisau frais ditarik (dibautkan) erat pada spindel utama. Oleh sebab itu ulir pada batang penarik yang merupakan kelengkapan dari mesin frais untuk pemasangan pisau frais harus memiliki ulir yang sama jenisnya.



Gambar 27. Ulir Tarik

#### 6) Gelang/ring Pengunci.

Fungsi dari Gelang/ring pengunci adalah untuk mengunci atau menjepit pisau frais pada tempat yang diinginkan. Gelang tersebut tersedia dalam berbagai ukuran panjang dan tebal, sehingga kita dapat menyusun suatu kombinasi ukuran panjang tertentu sesuai dengan yang kita inginkan. Dengan demikian kita dapat melakukan pengaturan posisi dari dua atau lebih pisau frais pada arbor panjang dengan jarak yang cermat satu terhadap lainnya. Gelang itu terdiri atas dua bagian yaitu: sebuah tabung ulir dan sebuah mur gelang.

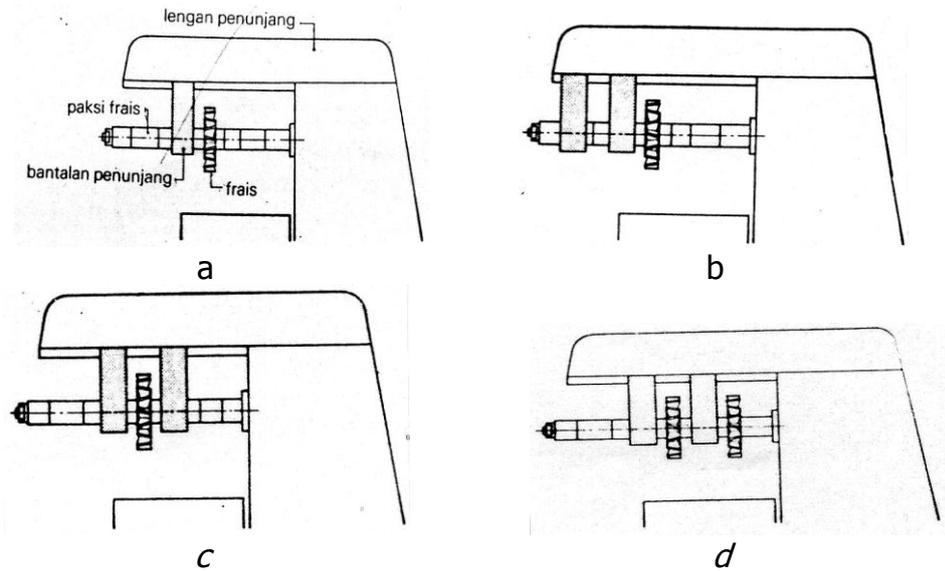


Gambar 28. Berbagai Macam Ring/Gelang Pengunci.

#### 7) Bantalan Penunjang

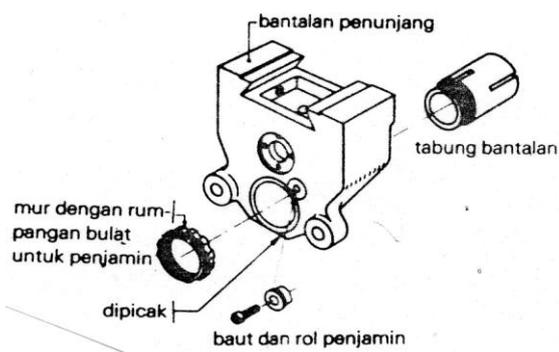
Akibat dari gaya penyayatan, arbor panjang cenderung akan melengkung ke atas. Oleh sebab itu arbor panjang harus didukung dengan bantalan penunjang yang dipasang pada lengan penunjang.

Bantalan penunjang ditempatkan sedekat mungkin dengan keberadaan pisau frais. Untuk menghindari terjadinya getaran pada pisau frais pada waktu digunakan untuk penyayat yang berat, dapat dipasang dua buah bantalan penunjang.

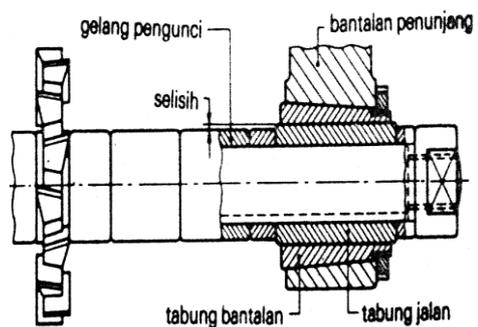


Gambar 29.

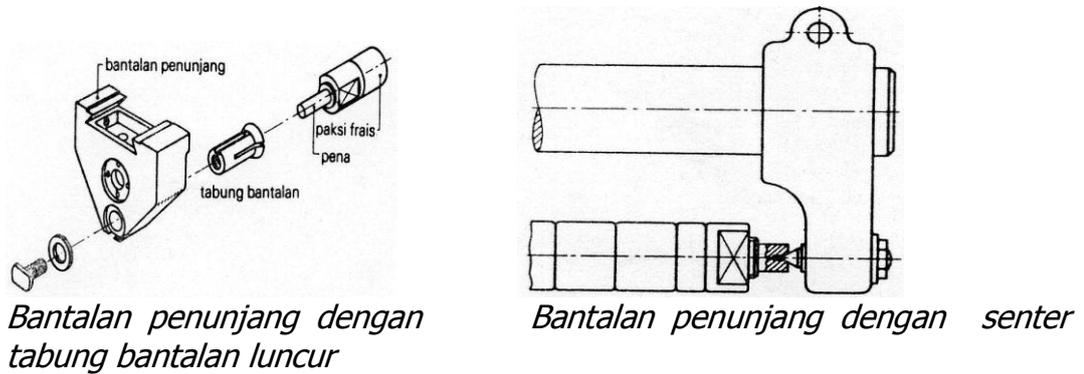
Berbagai Macam Cara Penunangan: a. sebuah bantalan penunjang, b. dua buah bantalan penunjang pada ujung arbor, c. dua buah bantalan penunjang pada kedua sisi pisau frais, d. dua buah pisau frais dan dua buah penunjang



*Bantalan penunjang dengan tabung bantalan yang dapat disetel*



*Penampang Bantalan penunjang dengan tabung bantalan yang dapat disetel*



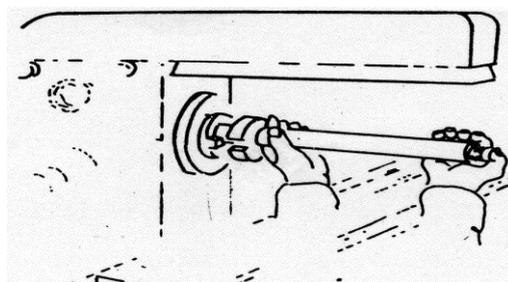
Gambar 30.  
Berbagai Macam Bantalan Penunjang dan pemasangannya

## 2. Pemasangan Pisau Frais pada Arbor Panjang

Langkah-langkah yang perlu diperhatikan untuk pemasangan pisau frais pada arbor panjang adalah sebagai berikut:

### a. Memasang Arbor pada spindel mesin

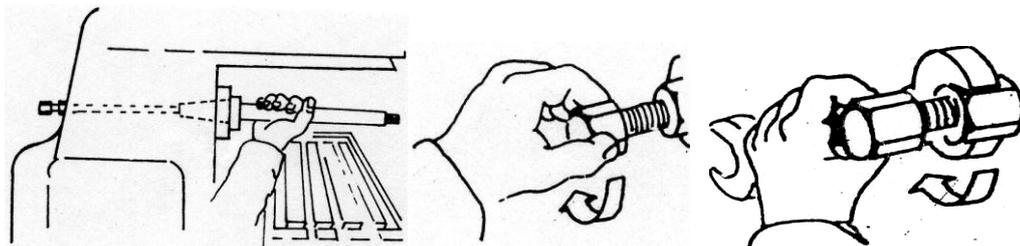
- 1) Pilih arbor yang ukuran diameternya sesuai dengan besarnya diameter lubang pisau frais yang akan digunakan,
- 2) Bagian tirus dari arbor maupun lubang spindel mesin frais dibersihkan dan kemudian masukkan bagian tirus ini kedalam lubang spindle.
- 3) Perlu diperhatikan agar pada waktu memasukan bagian tirus dari arbor ke lubang tirus pada spindel mesin, alur pada arbor bertepatan dengan nok pada spindle mesin frais.
- 4) Keraskan arbor dengan baut penarik pada bagian belakang tiang.



Gambar 31. Cara Memasang Arbor

### **b. Mengeraskan arbor**

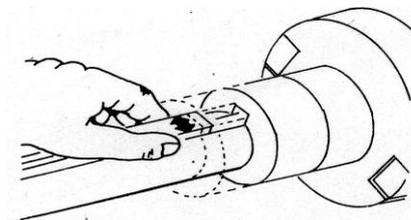
Jika arbor sudah dipasang dengan baik pada spindle mesin frais dan sudah dikeraskan dengan baut penarik, maka langkah selanjutnya perlu mengeraskan mur penjamin. Mur penjamin ini berfungsi untuk menghindarkan terlepasnya arbor dari spindle mesin frais sewaktu digunakan dalam proses penyayatan.



Gambar 32. Cara Mengeraskan Arbor

### **c. Memasang pasak pada arbor**

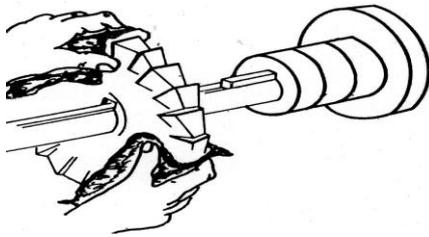
Untuk mempermudah pemasangan pasak pada alur batang arbor, maka alur pasak pada arbor harus diposisikan pada bagian atas. Billa akurnya sudah dibersihkan, maka pasak dipasang masuk di antara lubang pada cincin arbor. Pasak harus dipasang agak ketat, jangan menggunakan pasak yang longgar.



Gambar 33. Cara Memasang Pasak pada Arbor

#### **d. Memasang Pisau Frais**

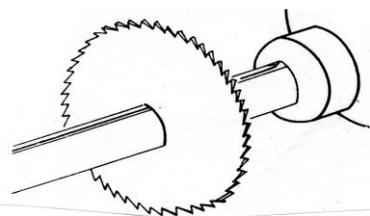
- 1) Masukkan pisau frais dengan hati-hati disertai pengamatan bahwa pisau frais sudah betul berhadapan dengan spindel dan didorong dengan pelan, sehingga meluncur pada batang arbor.
- 2) Putar pisau frais sehingga alur pasak dari pisau frais lurus dengan pasak yang sudah terpasang pada alur batang arbor.



Gambar 34. Memasang Pisau Frais

#### **e. Memasang Pisau Frais Gergaji**

Pisau frais gergaji biasanya dipasang pada arbor tanpa pasak dan hanya dijepit antara dua buah cincin saja. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar memungkinkan pisau frais meluncur/selip terhadap arbor pada beban yang terlampau besar.



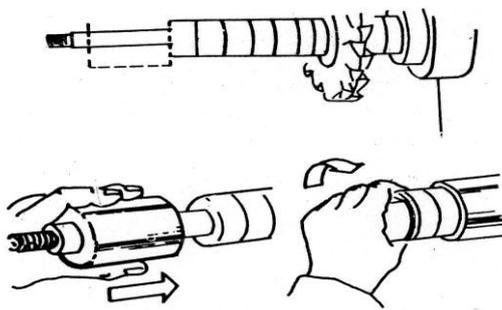
Gambar 35. Memasang Pisau Frais Gergaji

#### **f. Kedudukan alas arbor**

Langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam pemasangan alas atau kedudukan arbor adalah sebagai berikut:

- 1) aturlah posisi pisau frais pada batang arbor sehingga letaknya sesuai dengan permukaan yang akan difrais.

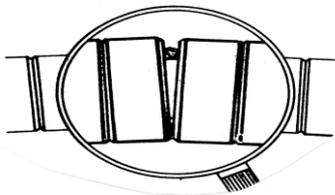
- 2) masukkan cincin-cincin pada arbor dan putar sehingga alur pasak pada cincin lurus terhadap pasak yang telah terpasang pada arbor.
- 3) masukkan alas arbor pada batang arbor sedemikian rupa sehingga ujung arbor berulir tidak tertutup oleh alas arbor maupun cincin arbor.
- 4) masukkan mur pengunci dan keraskan dengan kekuatan tangan.



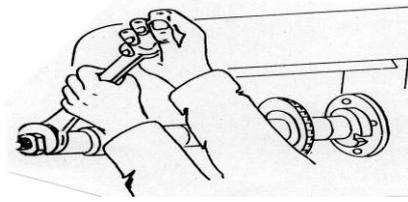
Gambar 36. Kedudukan alas arbor

#### **g. Memasang cincin arbor**

Hal yang perlu diperhatikan sebelum cincin arbor dipasang adalah membersihkan cincin arbor, dan meyakinkan bahwa antara cincin yang satu dengan cincin lainnya tidak terdapat tatal, karena bila ada tatal dapat menyebabkan arbor jadi bengkok pada saat dikeraskan



Gambar 37. Memasang cincin arbor

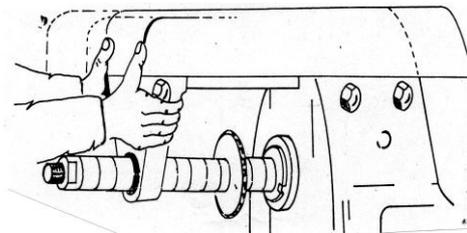


Gambar 38. Mengeraskan frais

#### **h. Menyetel lengan mesin**

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penyetelan lengan mesin adalah sebagai berikut:

- 1) Posisikan kedudukan alas arbor sedekat mungkin dengan kolom mesin frais.
- 2) Bersihkan lengan mesin dan pendukung arbor.
- 3) Periksa kelurusan antara pendukung arbor terhadap lengan mesin frais.
- 4) Pasang pendukung arbor pada lengan mesin frais.
- 5) Keraskan mur pada pendukung dengan cukup kuat
- 6) Geser lengan sehingga alas masuk dalam pendukung
- 7) Keraskan mur pengikat lengan dengan cukup kuat.



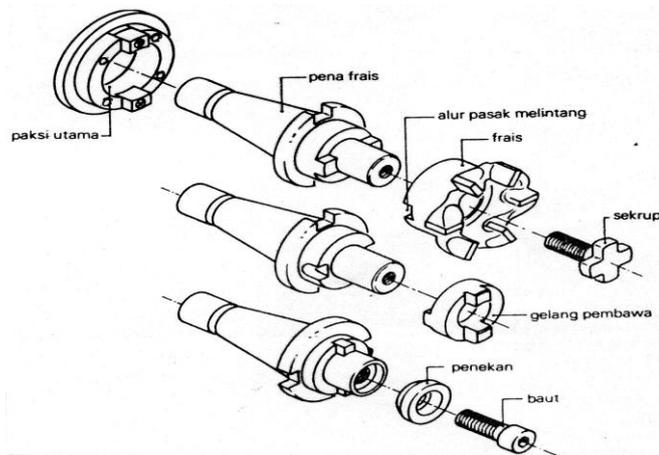
Gambar 39. Menyetel lengan mesin

## **2. Pemasangan Pisau pada Arbor Pendek (Pena Frais)**

### **a. Konstruksi Arbor Pendek (Pena Frais)**

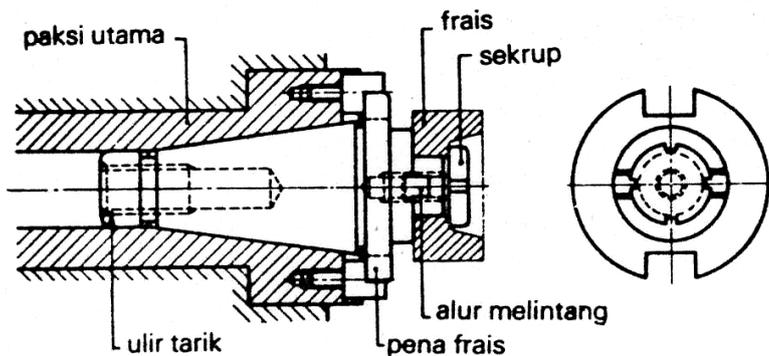
Arbor pendek digunakan untuk memasang pisau frais yang berlubang silindris sedekat mungkin dengan spindel utama. Pisau frais yang dapat di pasang dengan pena frais antara lain *frais kepala*, *frais kepala mantel*, dan *frais kepala pisau*.

Arbor pendek (pena frais) dapat digunakan baik untuk mesin frais horisontal maupun vertikal. Keuntungan penggunaan arbor pendek adalah tidak diperlukan penunjang seperti pada penggunaan arbor panjang.



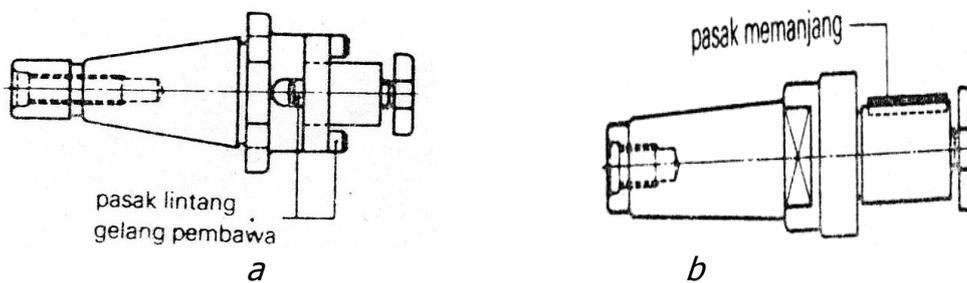
Gambar 40. Pemasangan Pisau Frais Pada Arbor Pendek

Garis tengah konus, ulir tarik, dan pena memiliki ukuran yang sama. Pena frais jauh lebih pendek dari pada arbor panjang. Ukuran panjangnya antara lain tergantung dari garis tengah pena (NEN 1581). Untuk berbagai ukuran lubang frais dalam pemasangannya dapat dilakukan dengan cukup satu jenis konus.



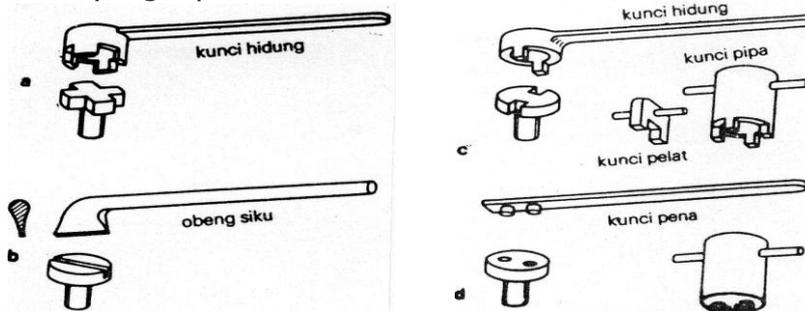
Gambar 41. Konstruksi Pemasangan Pisau Frais pada Arbor Pendek

Dalam pemasangannya pisau frais dijamin dengan dua sistem pasak, yaitu pasak lintang, dan pasak memanjang. Beberapa keuntungan penggunaan pasak melintang antara lain: 1) pemasangan pasak-pasak melintang mempunyai daya penahan yang lebih baik daripada pasak memanjang, dan 2) lubang pisau frais dan pena arbor tidak diperlemah oleh adanya alur pasak.



Gambar 42. Penjaminan Pisau Frais dengan Pasak: (a) dengan pasak Lintang, (b) dengan pasak memanjang.

Sekrup pena frais dilengkapi dengan ulir kanan metris. Namun demikian untuk sekrup pena yang lama masih pula terdapat ulir kiri. Oleh karena itu diperlukan kecermatan dalam pemasangannya serta penggunaan kunci-kunci yang diperlukan.



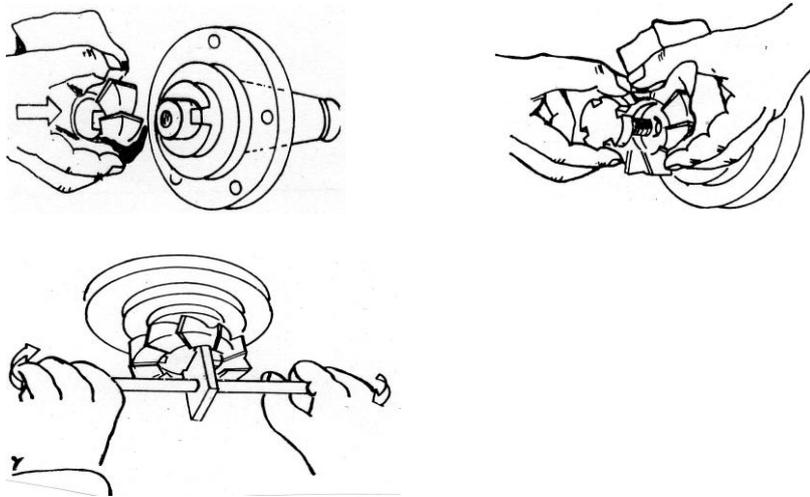
Gambar 43. Kunci-kunci yang dibutuhkan dalam Pemasangan Pisau Frais dalam Arbor Pendek

## 2. Memasang Pisau Frais Pada Arbor Pendek ( Pena Frais)

### a. Memasang Pisau Frais

Langkah-langkah yang harus diperhatikan pada pemasangan pisau frais pada arbor pendek adalah:

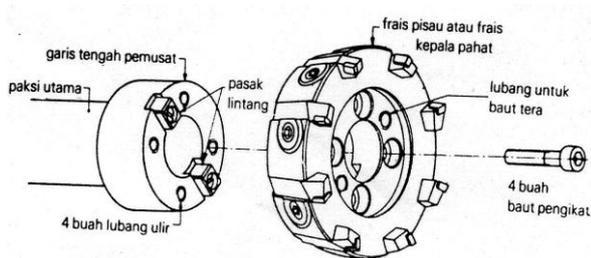
- 1) Bersihkan arbor dan lobang pisau frais.
- 2) Pasang arbor pada spindle mesin.
- 3) Pasang pisau frais pada arbor demikian rupa sehingga alur pada pisau frais bertepatan dengan pasak pada arbor.
- 4) Pegang pisau frais dalam kedudukan yang tepat pada poros arbor dan kemudian keraskan baut dengan kunci yang sesuai dengan jenis baut yang digunakan.



Gambar 44. Memasang Pisau Frais

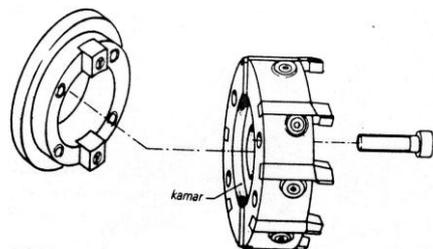
### 3. Memasang Pisau Frais Pada Flens

Penjepitan flens dilakukan untuk memasang pisau frais kepala pahat dengan garis tengah besar secara stabil dan memusat pada spindel utama. Pisau frais dapat dipasang dengan bantuan empat buah baut pada ujung spindel utama.

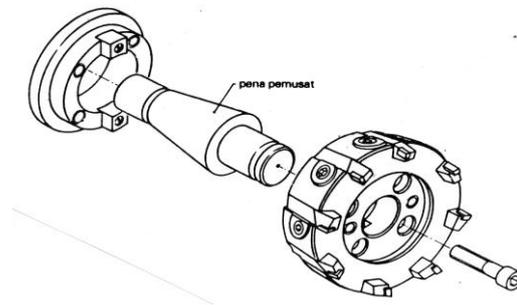


Gambar 45. Pemasangan Pisau Frais Pada Flens

Dalam hal ini pisau frais dapat dipasang dengan cara pemusatan luar maupun pemusatan dalam, sebagaimana dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Pemusatan Luar



Pemusatan dalam  
Gambar 46. Sistem Pemasangan Pisau Frais Pada Flens

### **3. Pemasangan pisau jari dengan gagang silindris dan pemasangan pisau frais jari dengan gagang tirus:**

#### **a. Pemasangan pisau jari dengan gagang silindris**

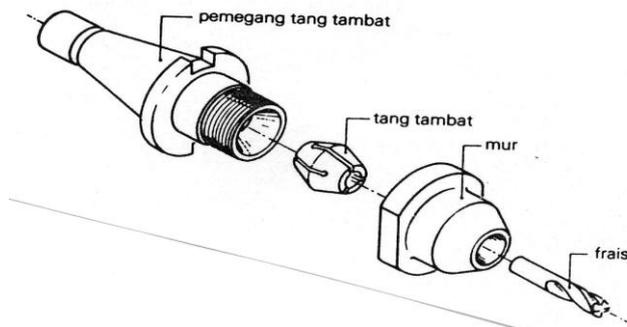
Dengan pemegang tang pasang (arbor pendek) kita dapat menjepit dan memasang pisau frais kedalam spindel utama frais dengan gagang silindris

Pada prinsipnya arbor pendek terdiri dari sebuah tabung konis dengan lubang silindris. Ukuran lubang itu harus sama atau sedikit lebih besar dari diameter gagang pisau frais. Kekencangan pemasangan diperoleh bila arbor pendek konis ditekan ke dalam lubang gagang yang juga konis.

Dilihat dari bentuknya tang pasang sangat banyak. Sejumlah diantaranya terdapat dalam gambar di bawah:

Petunjuk penggunaan.

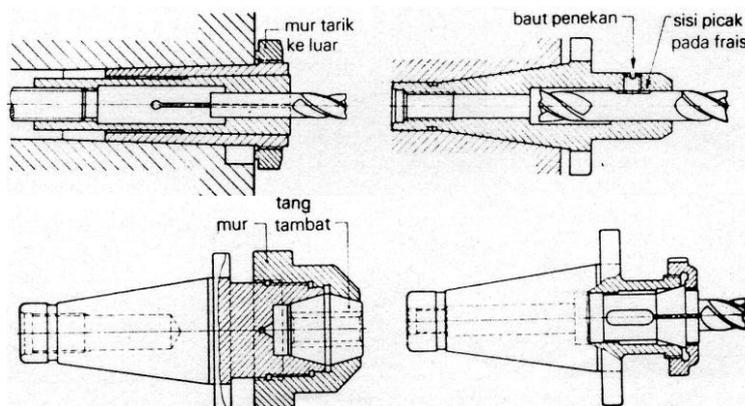
Ukuran panjang jepit pisau frais dalam arbor pendek paling sedikit harus 2 x garis tengah gagang pisau frais. Yang paling aman ialah menjepit pisau frais sedemikian rupa hingga penyuaian arbor pendek menjepit keliling gagang pisau frais sesuai dengan ukuran panjangnya.



Gambar 47. Pemasangan Pisau Jari dengan Gagang Silindris

gunakan kunci yang tepat untuk mengikat atau menekan tang pasang jangan memasang gagang silindris dengan garis tengah yang lebih besar atau lebih kecil yang dinyatakan pada tang pasang dalam arbor pendek yang biasa, pisau frais dengan gagang silindris pada pengefraisan yang lebih berat cenderung selip dan bergeser sebuah bor dengan gagang silindris tidak boleh ditempatkan dalam arbor pendek, kecuali lubangh dalam arbor tersebut sesuai ukurannya atau tersedia alat bantu.

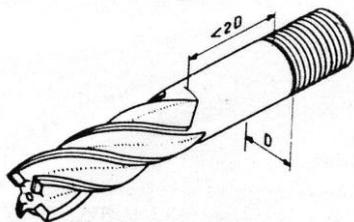
walaupun bahaya pada penempatan sebuah aparat peluas akan berkurang, namun dianjurkan konstruksi yang serupa seperti untuk bor. Aparat peluas itu harus memiliki ukuran yang sama dengan arbor. dengan sebuah pisau frais atau kelengkapan peluas, yang gagangnya rusak tidak dapat dilakukan pengefraisan yang cermat. Arbor akan rusak dan tidak mungkin menjepit dengan baik periksalah terhadap kotoran dan beram tempatkan dengan baik pemegang maupun atrbor pendek dalam keadaan bersih dan diberi gemuk di rak.



Gambar 48. Pemasangan Pisau Frais Gagang silindris dengan baut Penekan

### **Konstruksi arbor pendek untuk pengefraisan kasar/berat**

Bila pengefraisan berat kemungkinan frais akan selip, maka dalam hal ini pisau frais dapat dibuat dengan gagang yang berulir.



Gambar 49. Pisau Frais dengan Gagang Berulir

### **b. Pemasangan Pisau frais dengan gagang konus**

Pemasangan ini dilakukan untuk pisau-pisau frais yang mempunyai gagang konus seperti bor, peluas dan lainnya. Dalam hal ini pisau frais dapat pasang dengan dua cara:

langsung dalam spindel utama  
dengan sarung pengurang/sarung tirus

### **Pemasangan frais bertangkai lurus dengan menggunakan kollet.**

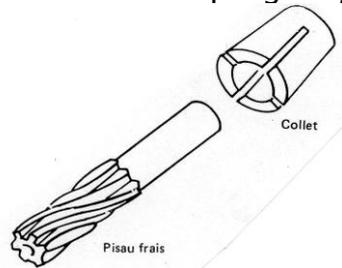
Memasang kollet pada arbor

Agar pisau frais yang bertangkai lurus dapat dipasang dalam arbor yang lubangnya tirus kita gunakan kollet. Kollet dikeraskan dalam arbor dengan mur pengunci, sehingga untuk ini diperlukan arbor tersendiri.

Ambilah kolet yang ukuran lubangnya sesuai dengan ukuran tangkai pisau frais.

Bersihkan lubang arbor dan kollet sebelum dimasukkan ke dalam arbor.

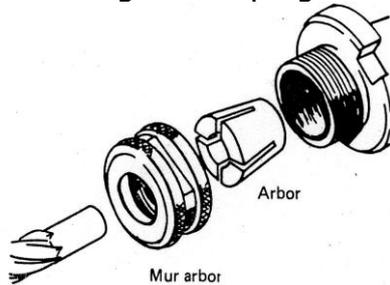
Masukkan mur pengunci, tapi belum dikeraskan.



Gambar 50. Memasang kollet pada arbor

2) Memasang frais pada arbor.

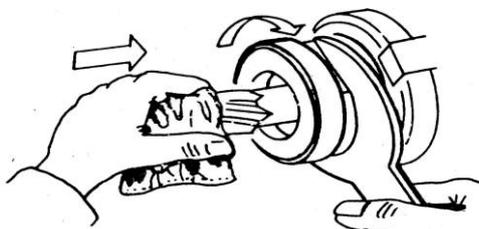
- a) Masukkan pisau frais kedalam kollet.
- b) Tekan pisau frais sedalam-dalamnya memasuki kollet.
- c) Pegang pisau frais dan keraskan mur pengunci sehingga cukup kuat dengan mempergunakan kunci yang sesuai dengan mur arbor.



Gambar 51. Memasang frais pada arbor

3) Melepaskan frais.

- a) atur roda gigi pada posisi kecepatan terendah
- b) lepaskan mur pengunci dengan mempergunakan kunci
- c) cabut pisau frais sehingga bersama-sama kollet lepas dari arbor
- d) putar pisau frais sehingga lepas dari kollet



Gambar 52. Melepaskan frais.

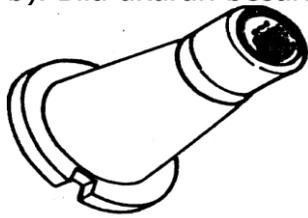
## Langkah-langkah Pemasangan Pisau Frais Jari Bertangkai Tirus pada Kepala Tegak

Pemasangan frais jari.

Memilih arbor.

a). ambillah arbor pendek yang mempunyai lubang tirus sama dengan tirus dari pada tangkai frais.

b). Bila ukuran besarnya tirus tidak sama, pakailah sarung pengurang.



Arbor

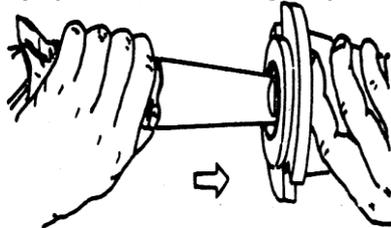
Gambar 53. Memilih Arbor

2) Memasang frais.

a). Lubang arbor dan tangkai pisau dibersihkan sehingga tidak ada tatal.

b). selaraskan tangkai frais itu sehingga lidah pada ujungnya tepat pada tempatnya.

c). pukul frais dengan palu lunak agar cukup ketat.



Gambar 54. Memasang frais.

3) Memasang arbor.

a). bersihkan baut dan ulir arbor

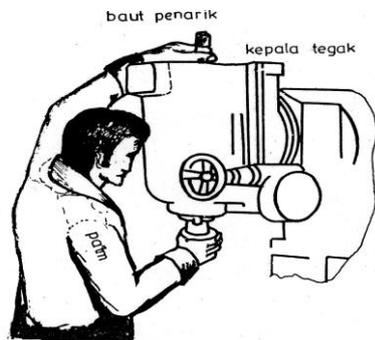
b). masukkan arbor kedalam spindel sehingga pen pembawa pada spindelnya tepat masuk dalam alur pada arbor.

c). pegang arbor sambil tekan keatas.

d). keraskan arbor dengan baut penarik.

e). Baut penarik itu dikeraskan lagi oleh mur penjamin.

f). Jalankan spindel putaran sedang untuk melihat putaran frais.



Gambar 55. Memasanga arbor.

### e. Pemasangan pisau frais bertangkai dan berulir

Peralatan-peralatan yang diperlukan antara lain:

arbor

kollet

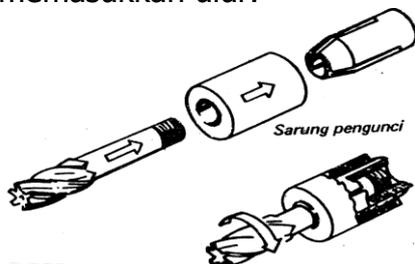
sarung

mur pengunci.

Memasang pisau frais.

a) gabungkan sarung pengunci dengan kollet

Masukkan frais kedalam kollet dan putar secukupnya untuk memasukkan ulur.

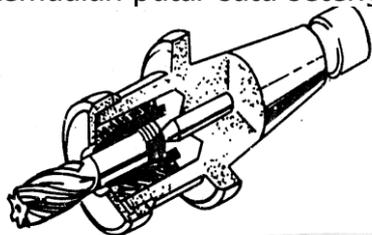


Gambar 56. Memasang pisau frais.

2) Memasang kollet ke dalam arbor

masukkanlah gabungan kollet, sarung dan frais kedalam lubang arbor dengan teliti sehingga ujung sarung masih menonjol sedikit di luar arbor

masukkan mur pengunci sampai menyentuh ujung sarung dan kemudian putar satu setengah putaran.



Gambar 57. Memasang kollet ke dalam arbor

#### **4. Melepaskan Pisau Frais**

##### **a. Cara melepas arbor pada mesin frais**

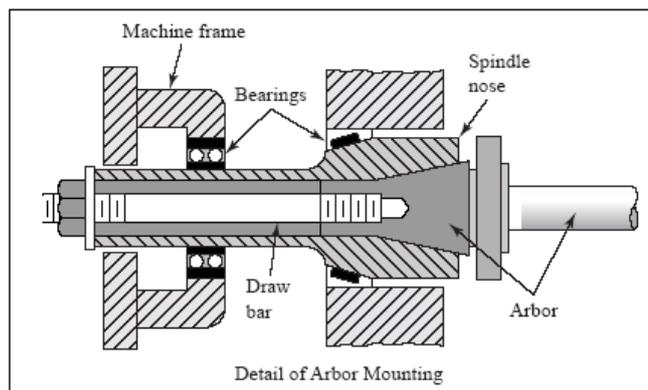
- 1) Lepas pisau frais yang terpasang pada arbor.
- 2) Kendorkan baut yang mengikat arbor.
- 3) Pukul dengan palu plastik ujung dari arbor hingga tirus arbor terlepas dari spindel mesin frais.
- 4) Pegang arbor dengan satu tangan dan tangan yang lain melepas mur pengunci arbor.
- 5) Ambil dengan hati-hati arbor dengan dua tangan dan tempatkan pada tempat yang aman dari kemungkinan yang dapat menyebabkan kerusakan.

##### **b. Cara Melepas Pisau Frais dari arbor**

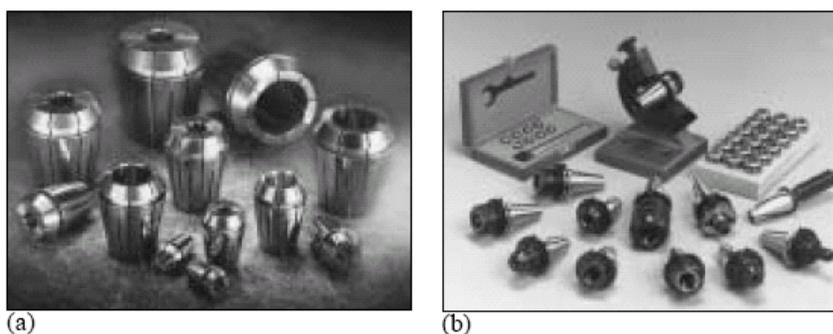
- 1) Yakinkan bahwa arbor masih terdukung oleh penyangga arbor sebelum mur pengunci arbor dikendorkan.
- 2) Bersihkan arbor dari kotoran atau sisa-sisa hasil pemotongan.
- 3) Lepas mur arbor dengan kunci yang sesuai.
- 4) Lepaskan pendukung arbor,
- 5) Lepaskan pisau dan tempatkan pada tempat yang aman.

### c. Rangkuman

1. Pisau frais dapat dibagi menjadi pisau solid dan pisau inserted, sedangkan bila dilihat dari gigi potongnya dapat dibedakan menjadi gigi lurus dan miring.
2. Ditinjau dari posisi benda kerja terhadap pisau frais, proses pengefraisan dapat dibedakan menjadi pengefraisan aksial, radial, menyudut, dan pengefraisan bentuk.
3. Pemasangan maupun pelepasan pisau dapat dibedakan menjadi pemasangan pada Arbor Panjang, Arbor Pendek (pena frais), Flens, dan pemasangan pisau jari dengan gagang silindris dan gagang tirus



Gambar 58. Gambar skematik arbor mesin frais horisontal



Gambar 59. (a) Kolet yang memiliki variasi ukuran diameter, (b) Beberapa pemegang pahat dengan kolet dan alat pemasangnya.



Gambar 3.19. Kepala bor (*offset boring head*)



(a)



(b)

Gambar 3.18. (a) Pemegang pahat frais ujung (*end mill*),  
(b) Pemegang pahat shell end mill.