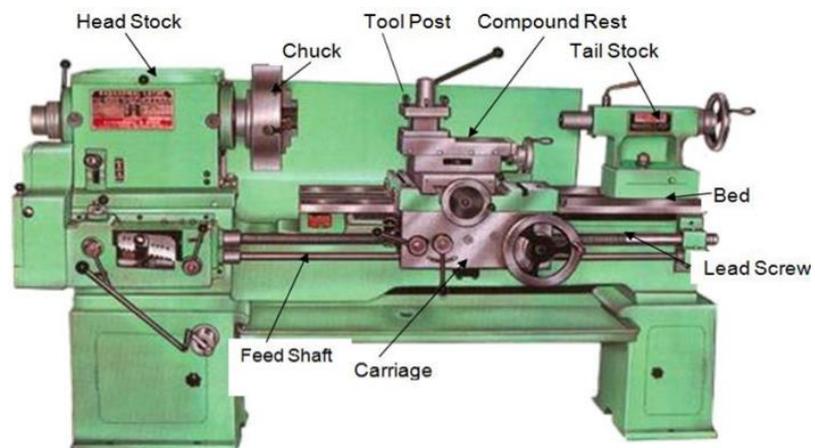


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Mesin Bubut

Mesin bubut adalah suatu mesin yang umumnya terbuat dari logam, gunanya membentuk benda kerja dengan cara menyayat dan gerakannya berputar. Mesin bubut digunakan untuk membuat berbagai jenis produk atau benda kerja yang dilakukan dengan cara pemotongan benda kerja. Proses pemotongan benda kerja ini dilakukan dengan cara menyayat benda kerja yang berputar oleh suatu alat potong (pahat) yang digerakkan secara lurus (translasi) dalam arah sejajar maupun melintang sumbu benda kerja. Fungsi utamanya adalah untuk menghasilkan benda-benda bulat, membuat ulir, pengeboran, meratakan permukaan benda putar, dan pembuatan tirus.



**Gambar 2.1** Mesin Bubut (Dani pejuangmuda, 2019)

#### 2.1.1 Bagian-Bagian Utama Mesin Bubut

Mesin bubut memiliki beberapa bagian-bagian utama yang penting diketahui. Bagian-bagian mesin bubut duduk mencakup *head stock*, *tail stock*, *bed machine*, *carriage*, *toolpost*. Berikut ini penjelelasan dari bagian-bagian mesin bubut adalah :

a. Kepala Tetap (*Head Stock*)

berfungsi sebagai tempat kedudukan cekam (*chuck*) sehingga bila poros spindel berputar maka cekam juga akan ikut berputar. Di dalam kepala tetap terdapat juga puli (*pulley*) yang dihubungkan dengan motor penggerak melalui sabuk (*belt*). Untuk mengubah kecepatan dan arah putaran mesin, puli ini dihubungkan dengan poros spindel mesin melalui susunan roda gigi transmisi di dalam kotak roda gigi (*gear box*).



**Gambar 2.2** Kepala Tetap (Muhammad Reza Furqoni, 2022)

b. Kepala Tetap (*Tail Stock*)

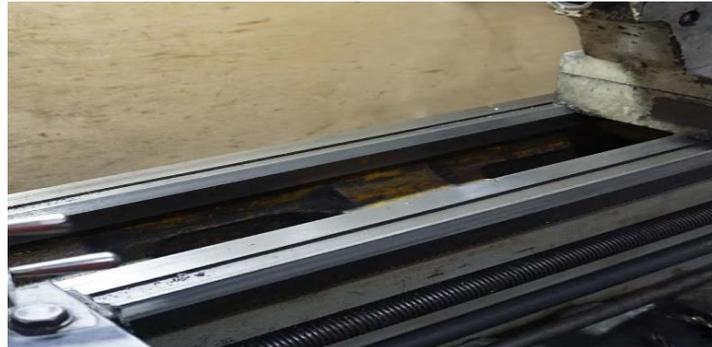
Berfungsi untuk mendukung benda kerja yang panjang, di mana senter diam ataupun senter putar dapat dipasang pada kepala lepas ini. Berbeda dengan kepala tetap yang diam di tempat, maka kepala lepas dapat digeserkan maju-mundur sepanjang alas mesin. Selain itu, kepala lepas dilengkapi dengan roda pemutar atau roda tangan yang dapat diputar secara manual dengan tangan sehingga poros kepala lepas bergerak memanjang dan memendek.



**Gambar 2.3** Kepala Lepas (Muhammad Reza Furqoni, 2022)

c. Alas Mesin (*Bed Machine*)

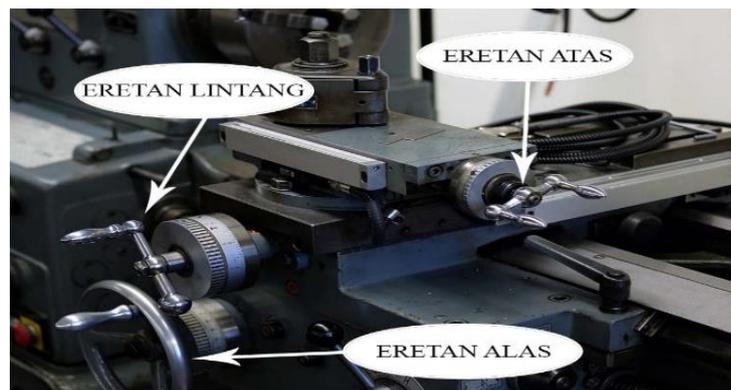
Berfungsi untuk kedudukan eretan atau *carriage*. Alas mesin digunakan sebagai tumpuan gaya pemakanan pada waktu pembubutan dan juga sebagai tempat kedudukan kepala lepas, eretan, penyangga diam.



**Gambar 2.4** Alas Mesin (Muhammad Reza Furqoni, 2022)

d. Eretan (*Carriage*)

Eretan adalah alat yang digunakan untuk melakukan proses pemakanan pada benda kerja dengan cara menggerakkan ke kiri dan ke kanan sepanjang meja. Eretan utama akan bergerak sepanjang meja sambil membawa eretan lintang dan eretan atas dan dudukan pahat.



**Gambar 2.5** Eretan (Muhammad Reza Furqoni, 2022)

e. Rumah Pahat (*Toolpost*)

Berfungsi untuk memegang (menjepit) pahat pada proses pembubutan. *Toolpost* dapat diputar-putar untuk memudahkan dalam memposisikan pahat bubut.



**Gambar 2.6** *Toolpost* (Dokumen Pribadi, 2022)

### 2.1.2 Prinsip Kerja Mesin Bubut

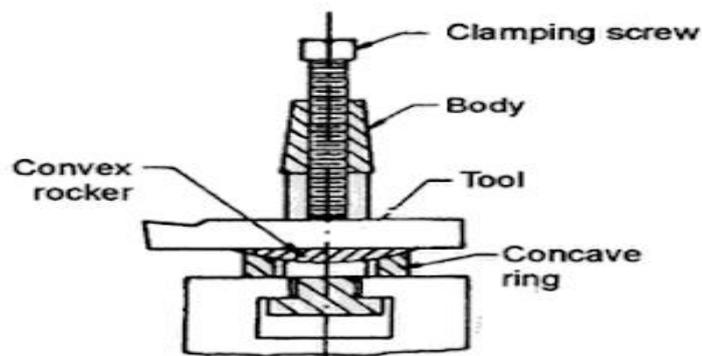
Benda kerja dipasang dengan suatu alat pemegang yang disebut cekam atau *chuck*. Cekam dipasang pada ujung poros utama mesin bubut dengan sambungan pasak atau sambungan ulir, sehingga benda kerja pada *chuck* ikut berputar apabila mesin bubut dijalankan. Pahat yang dipasang pada pengikat pahat disebut juga *toolpost*. *Toolpost* dapat bergerak sejajar dan melintang dengan *center* benda kerja. Alat ini dipasang di eretan bagian atas. Karena pahat beserta *toolpost*nya diletakkan diatas eretan melintang, maka pahat dapat bergerak melintang sehingga tebal muka sayatan pahat dapat ditambah. selain itu, pahat dapat memotong benda kerja dengan mengganti pahat potong. *Toolpost* yang dipasang diatas eretan kecil ini dapat diputar miring sehingga benda kerja dapat dipotong dengan gerakan pahat miring terhadap *center* benda kerja, hasil pembubutan pun jadi tirus.

### 2.2 Definisi Penjepit/Pemegang Pahat (*Toolpost*)

*Toolpost* merupakan alat yang terpasang pada mesin bubut dan digunakan untuk memegang pahat bubut atau sebagai dudukan dari pahat. Pengikatan pahat bubut ini biasanya menggunakan 3 sampai 4 buah baut. *Toolpost* dapat diputar-putar untuk memudahkan dalam meposisi pahat bubut. Secara umum jenis *toolpost* yang digunakan pada mesin bubut dibagi menjadi empat macam yaitu *Single Screw Toolpost*, *Quick Change Toolpost*, *Standard Toolpost* dan *Radius Turner Toolpost*.

### 2.2.1 *Single Screw Toolpost*

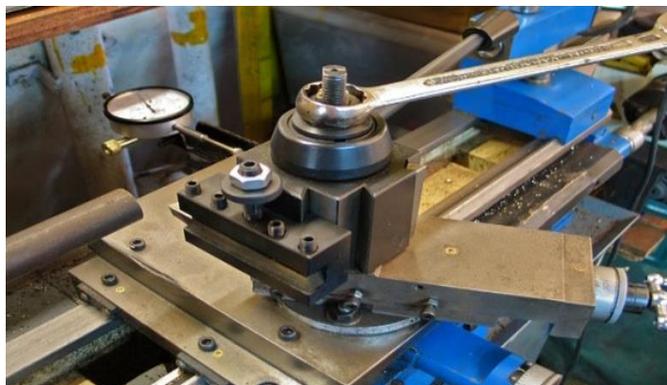
*Single Screw Toolpost* adalah *toolpost* mesin bubut yang hanya mampu membawa satu pahat bubut. Pada *toolpost* jenis ini pahat di ikat menggunakan klem ulir. Pahat bubut ini terletak diatas *rocker* cembung. *Rocker* tersebut terletak di atas cincin cekung yang mana pasangan *rocker* cembung dengan cincin cekung tersebut berfungsi untuk mengatur ketinggian pahat bubut.



**Gambar 2.7** *Single Screw Toolpost* (Mrchtech, 2020)

### 2.2.2 *Quick Change Toolpost*

*Quick Change Toolpost* merupakan *toolpost* yang dapat diatur atau diubah tinggi rendah posisi pahat terhadap senter benda kerja tanpa harus memberikan plat penganjal. Hal ini dikarenakan pada *body* pemegang pahat sudah didesain terdapat dudukan rumah pahat yang konstruksinya disertai kelengkapan mekanik yang dengan mudah dapat menyetel, mengencangkan dan mengatur ketinggian pahat bubut.



**Gambar 2.8** *Quick Change Toolpost* (Chris Joli Design, 2014)

### 2.2.3 *Standard Toolpost*

*Toolpost standard* adalah pada saat mengatur ketinggian ujung sisi sayat pahat bubut harus dengan memberikan plat penganjal sampai dengan diperoleh ketinggian sesuai dengan tinggi senter benda kerja tercapai. Selanjutnya pengencangan pahat bubut pada rumah pahatnya dilakukan dengan mengencangkan baut-baut pengikat yang terdapat pada bagian pemegang pahat. Biasanya *Toolpost standard* terdapat empat kedudukan yang mana dapat digunakan untuk mengikat/menjepit pahat sebanyak empat buah sekaligus, sehingga apabila dalam proses pembubutan yang membutuhkan beberapa bentuk pahat bubut maka dapat dipasang sekaligus.



**Gambar 2.9** *Standard Toolpost* (Dokumen Pribadi, 2022)

### 2.2.4 *Radius Turner Toolpost*

*Radius Turner Toolpost* merupakan salah satu dari macam-macam *toolpost* mesin bubut yang dirancang khusus untuk memegang pahat dan membantu pekerjaan pembubutan *radius*. Penggunaan alat ini sangat mudah, langkah pertama adalah mengatur dan mengepaskan ujung pahat widia pada titik tengah diameter benda kerja. Kemudian untuk melakukan penyayatan dengan mengerakkan tuas yang tersedia dengan perlahan sampai dengan *radius* yang diinginkan dapat tercapai. Alat ini cocok untuk membuat *radius full* atau berupa ujung benda setengah lingkaran.



**Gambar 2.10** *Radius Turner Toolpost* (Orcinus, 2022)

## 2.3 Pahat Bubut

Pahat bubut merupakan suatu alat potong utama yang biasa digunakan pada proses pembubutan benda kerja dimana pahat ini dipasangkan didalam *toolpost* pada mesin bubut, salah satu ujung pahat yang tajam digunakan untuk menyayat dan memotong benda kerja. Jenis dari pahat bubut beraneka ragam sesuai dengan fungsinya. Hal ini berarti satu jenis dari pahat bubut tidak boleh dipakai untuk berbagai macam pengerjaan. Material-material yang dipakai sebagai bahan pahat, mulai dari yang paling lunak namun ulet sampai dengan yang paling keras tetapi getas sebagai berikut :

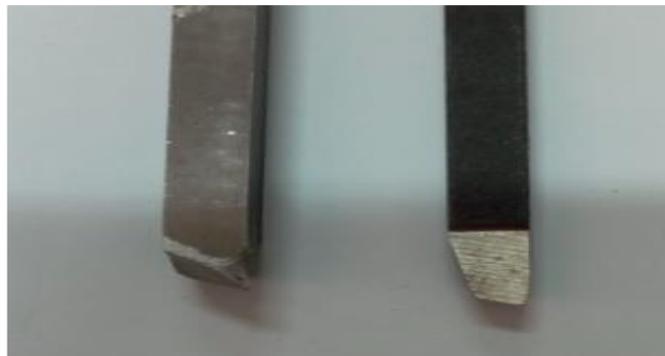
### 2.3.1 Baja Karbon (*Carbon Steel*)

Baja dengan kandungan karbon yang relatif tinggi berkisar antara 0,7% - 1,4% tanpa unsur lain atau dengan presentase unsur lain yang rendah sebesar 2% (*Mn, W, Cr*). Mampu mempunyai kekerasan yang cukup tinggi. panas yang terjadi pada waktu operasi, cepat membuat bahan ini menjadi lunak sehingga bahan ini hanya dipergunakan untuk operasi – operasi *cutting speed* dan *feeding* yang rendah. *Cutting speed* maximum adalah 7,5 m/menit dan panas/temperatur maksimum yang di izinkan 200<sup>0</sup>.

### 2.3.2 *High Speed Steel (HSS)*

Bahan ini merupakan penyempurnaan *carbon steel* dengan tambahan beberapa bahan sehingga diperoleh karakteristik pemotongan yang di inginkan. Ada 3 macam bahan yang dihasilkan, yaitu :

1. Tambahkan *tungsten* dan *manganese* menghasilkan *HSS* dengan maksimum *cut speed* adalah 10 m/menit dan maksimum temperatur  $260^{\circ}$ .
2. Tambahkan *tungsten*, *chromium* dan *vanadium* menghasilkan *HSS* dengan *cutting speed* maksimum adalah 22,5 m/menit dan maksimum temperatur  $540^{\circ}$
3. Tambahkan *cobalt* menghasilkan super *HSS* dengan *cutting speed* maksimum adalah 45 m/menit dan maksimum temperatur  $870^{\circ}$ .



**Gambar 2.11** Pahat Bubut *HSS* (Dokumen Pribadi, 2020)

### 2.3.3 Baja Paduan *Non Ferro*

Paduan *non ferro* terdiri dari atas 4 macam elemen utama serta sedikit tambahan beberapa elemen lain untuk memperbaiki sifat – sifatnya. Elemen utamanya adalah *cobalt* yang berfungsi sebagai pelarut bagi elemen – elemen lain. Elemen kedua yang terpenting adalah *Cr* (10% s/d 35% berat) yang membentuk *carbida*. Elemen *W* (10% s/d 25% berat) yang berfungsi sebagai pembentuk karbida dengan menaikkan kekerasan secara menyeluruh sedangkan elemen terakhir adalah karbon yang dimana 1% *C* membentuk jenis yang relatif lunak dan 3% *C* menghasilkan jenis yang keras dan tahan aus.

### 2.3.4 Karbida (*Carbide*)

Bahan ini dibuat dari *tungsten* yang dijadikan tepung, ditekan dan akhirnya dilelehkan pada suhu yang sangat tinggi. Untuk bahan pahat digunakan panas sekitar  $1370^{\circ}$ . Karbida mempunyai *cutting speed* maksimum yang tinggi yaitu 90 m/menit dan temperatur maksimum  $1100^{\circ}$  sehingga

memungkinkan pemakaian *cutting speed* yang tinggi dan dapat mengurangi waktu penajaman pahat yang harus dilakukan. Namun kelemahannya yaitu sifat bahan yang getas (rapuh) sehingga kejutan tekan harus dihindarkan



**Gambar 2.12** Pahat Widia (Muhammad Reza Furqoni, 2022)

### 2.3.5 Keramik (*Ceramic*)

Bahan ini dibuat dari aluminium oksida yang dihancurkan, dilelehkan dan dicampurkan dengan beberapa bahan yang lain seperti *titanium*, *chromium*, *magnese oksida* dan lainnya. Sifat keramik yang paling menonjol adalah temperatur kerjanya yang sangat tinggi, sampai dengan  $1200^{\circ}$  sehingga pemakaian *cutting speed* yang tinggi tidak akan mempengaruhinya. Kelemahannya adalah sifatnya yang getas (rapuh) sehingga kejutan tekanan akan mematahkannya.

## 2.4 Jig dan Fixture

*Jig* dan *fixture* merupakan alat bantu produksi yang digunakan untuk memegang benda kerja agar didapatkan hasil produksi yang presisi dan seragam. Dimana fungsi utamanya mengarahkan atau menempatkan, mencekam/mengklem dan mendukung/menahan benda kerja.

Dalam perancangannya *jig* dan *fixture* harus didesain sedemikian rupa agar dapat menopang serta mempertahankan posisi benda kerja selama proses permesinan. *Jig* dan *fixture* harus dilengkapi dengan prosedur penggunaan yang jelas dengan tujuan agar *output* dari proses permesinan sesuai dengan yang direncanakan, dapat digunakan oleh operator yang belum berpengalaman,

serta meminimalisir kesalahan dalam penggunaan alat bantu tersebut (Hoffan,1996).

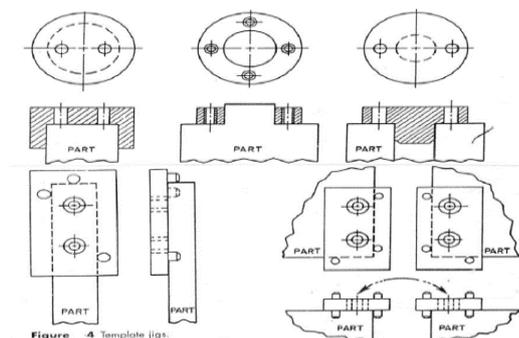
#### 2.4.1 Tujuan Penggunaan *Jig and Fixture*

1. Tujuan penggunaan *Jig and Fixture* ditinjau dari aspek teknis
  - Untuk mendapatkan ketepatan ukuran
  - Untuk mendapatkan kualitas/bentuk dan ukuran produk yang seragam
  - Mempermudah penyetingan benda kerja pada saat awal pengerjaan
2. Tujuan penggunaan *Jig and Fixture* ditinjau dari aspek ekonomi
  - Mengurangi biaya produksi dengan memperpendek waktu proses
  - Menurun biaya produksi dengan pemakaian bukan operator profesional
  - Mengurangi waktu inspeksi dan alat ukur
  - Meniadakan kesalahan pengerjaan

### 2.5 Klasifikasi *Jig*

#### 2.5.1 *Template Jig* (Templat *Jig*)

*Jig template* adalah *jig* yang digunakan untuk pekerjaan yang memerlukan ketelitian dan biasanya tidak menggunakan *klem*.

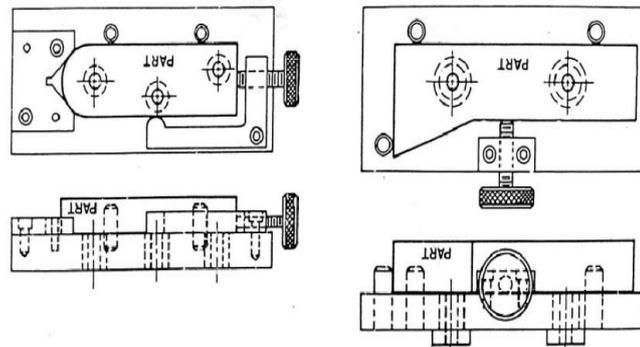


**Gambar 2.13** *Jig Template* (Arifin Fatahul, 2010)

#### 2.5.2 *Plate Jig* (*Jig Plat*)

Sejenis dengan *jig template*, bedanya *jig plat* memiliki *klem* untuk memegang benda kerja. Selain itu *jig* ini didesain menggunakan *bushing* atau

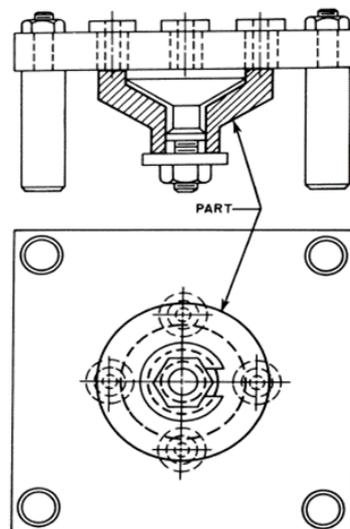
tidak menggunakan *bushing*, tergantung pada jumlah bagian-bagian yang akan dibuat.



**Gambar 2.14** *Jig Plate* (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.5.3 *Jig Table* (Meja *Jig*)

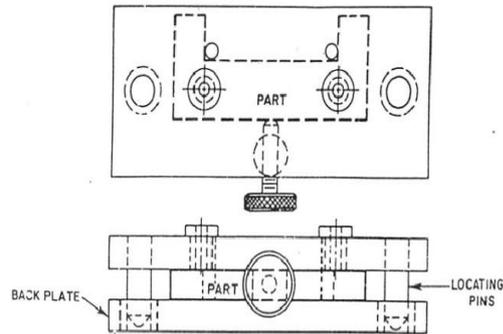
*Jig Table* kadang – kadang dilengkapi dengan kaki untuk menaikkan benda kerja dari meja terutama pada benda yang berukuran besar.



**Gambar 2.15** *Jig Table* (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.5.4 *Sandwich Jig* (*Jig Sandwich*)

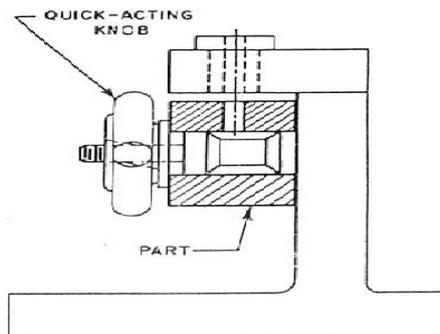
*Jig Sandwich* adalah bentuk *jig* dengan plat bawah. *Jig* jenis ini sangat ideal untuk komponen yang tipis atau lunak yang dapat bengkok atau terlipat pada *jig* jenis lain. *Bushing* yang digunakan ditentukan oleh jumlah bagian yang akan dibuat.



**Gambar 2.16** *Jig Sandwich* (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.5.5 *Jig Angel Plate (Plat Sudut)*

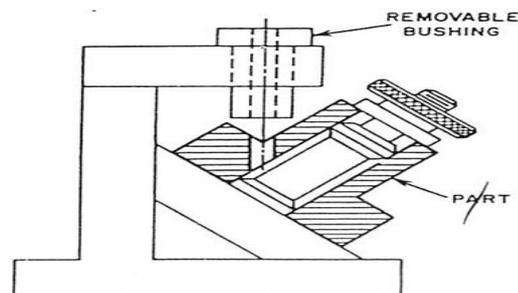
*Jig angel plate* digunakan untuk memegang komponen yang dimesin pada sudut tegak lurus terhadap dudukan *locator*.



**Gambar 2.17** *Jig Angel Plate* (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.5.6 *Jig Plat Sudut yang Dapat Diubah (Modified Angle-Plate Jig)*

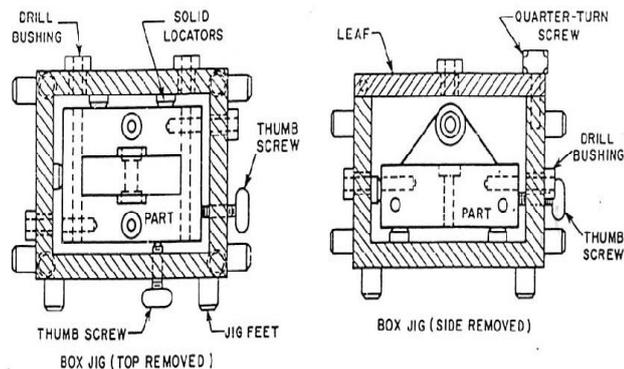
Modifikasi *jig* jenis ini dimana sudut pegangnya bisa selain 90 derajat. *Jig* ini bisa dimodifikasi dengan cara memutar bagian bawah.



**Gambar 2.18** *Modified Angle-Plate Jig* (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.5.7 Box Jig (Jig Kotak)

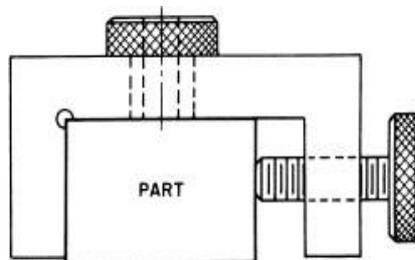
*Jig* kotak atau *jig tumble* biasanya mengelilingi komponen. *Jig* jenis ini memungkinkan komponen dimesin pada setiap permukaan tanpa memposisikan ulang benda kerja pada *jig*.



**Gambar 2.19** *Jig* Kotak (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.5.8 Chanel Jig

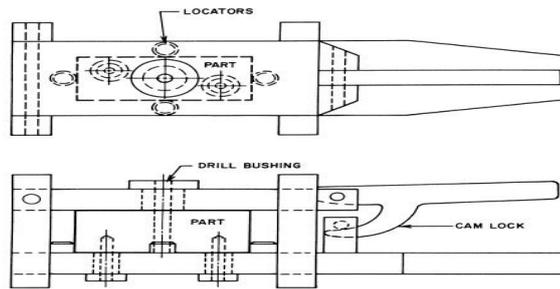
*Jig Chanel* adalah bentuk yang paling sederhana dari *jig* kotak. Komponen dipegang diantara dua sisi dan dimensi dari sisi ketiga.



**Gambar 2.20** *Jig Chanel* (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.5.9 Leaf Jig (Jig Daun)

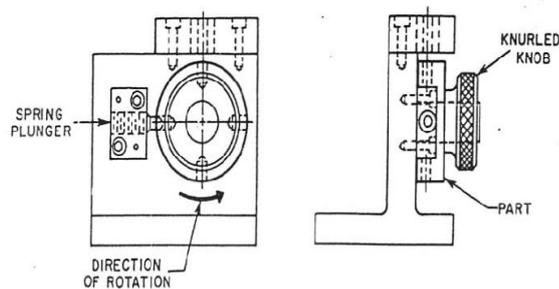
*Jig* daun adalah *jig* kotak dengan engsel daun untuk kemudahan pemuatan dan pelepasan. *Jig* daun biasanya lebih kecil dari *jig* kotak dimana terletak di ukuran dan lokasi bagian. Untuk memudahkan dalam gerakan pelepasan, *jig* ini dilengkapi dengan sebuah pegangan.



**Gambar 2.21** *Jig Daun* (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.5.10 Indexing Jig (Jig pengindekan)

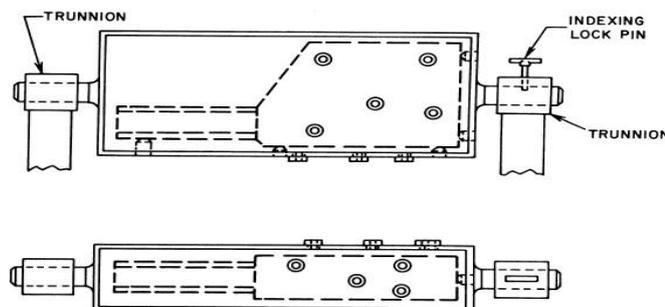
*Jig* Pengindekan digunakan untuk meluaskan lubang yang akurat atau area ruang permesinan lain disekitar bagian. Oleh karena itu, untuk melakukannya *jig* menggunakan komponen komponen sendiri berupa sebuah pemutar. *Jig* pengindekan disebut juga *jig* rotary.



**Gambar 2.22** *Jig Pengindekan* (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.5.11 Jig Trunion

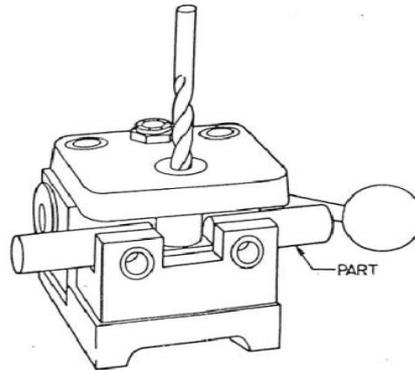
*Jig Trunion* adalah bentuk *jig* rotary untuk bagian yang sangat besar atau berbentuk aneh. *Jig* jenis ini cocok untuk pekerjaan yang besar dan berat yang dikerjakan dengan beberapa macam *jig* plat yang terpisah.



**Gambar 2.23** *Jig Turnion* (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.5.12 Jig Pump (Jig Pompa)

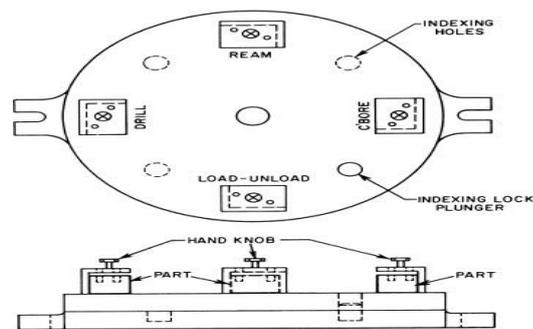
*Jig pompa* adalah *jig* komersial yang harus disesuaikan dengan kebutuhan, pelat yang diaktifkan oleh tuas berfungsi untuk membuat alat bisa memasang atau membongkar benda kerja dengan cepat.



Gambar 2.24 Jig Pompa (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.5.13 Jig Multitation (Multisation Jig)

*Jig Multitation* dibuat merupakan kombinasi dari bentuk *jig*. Ciri utama dari *jig* ini adalah cara menempatkan benda kerja. Jig ini dapat digunakan untuk menggurdi, meluaskan lubang dan melakukan pekerjaan *counterbore*.

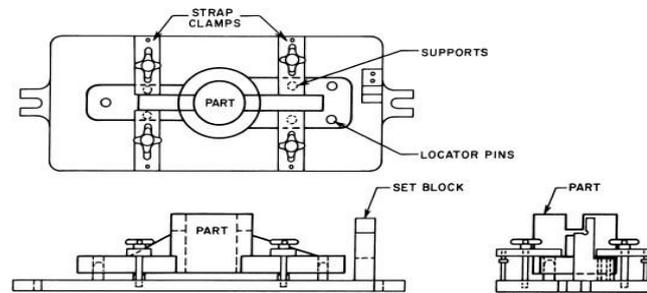


Gambar 2.25 Jig Multitation (Arifin Fatahul, 2010)

## 2.6 Klasifikasi Fixture

### 2.6.1 Fixture Plat (Plat Fixture)

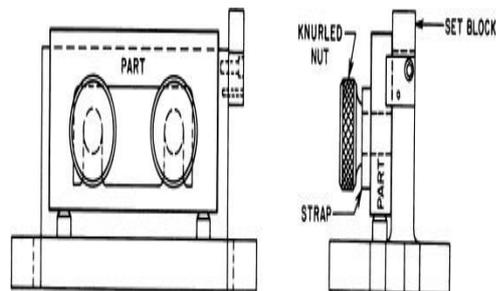
*Plat fixture* merupakan jenis *fixture* yang paling sederhana dimana tersusun dari plat datar dan berbagai *locator* serta klem yang berfungsi untuk memegang dan memposisikan benda kerja.



**Gambar 2.26** Plat Fixture (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.6.2 Fixture Sudut-Pelat (*Angle-Plate Fixture*)

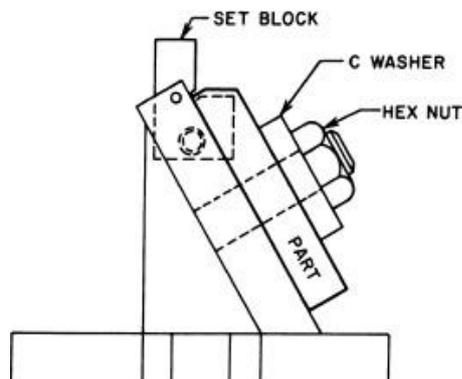
*Fixture* Sudut-Pelat mempunyai variasi dari piringing *fixture*. Dengan alat ini, benda kerja di cekam dengan posisi sudut yang normal.



**Gambar 2.27** Fixture Sudut (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.6.3 Fixture Dapat Diubah Sudut (*Modified angle-plate fixture*)

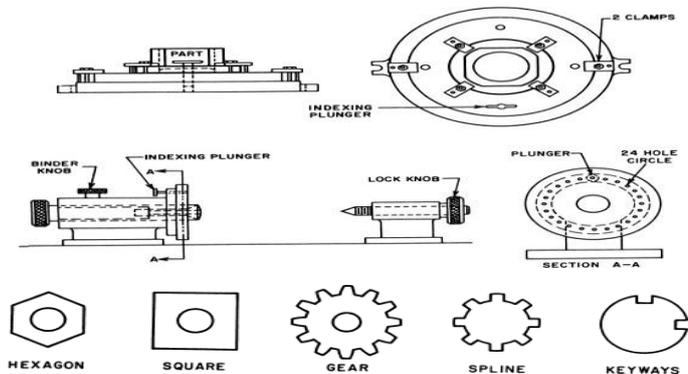
Sebagian besar *jig* ini dibuat dengan sudut  $90^\circ$  ada kalanya diperlukan sudut yang lain. Dalam kasus ini, sudut piringan pengecam dapat diatur sesuai kebutuhan dapat menggunakan *fixture* tipe ini



**Gambar 2.28** Fixture Sudut dapat diubah (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.6.4 Fixture Index (*Indexing Fixture*)

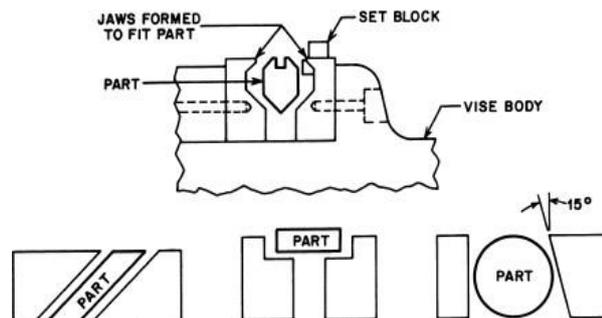
Hampir sama dengan *Index Jig. Fixture* ini digunakan untuk benda kerja yang harus dikerjakan dengan *linier* antar pemesinan yang sangat presisi.



**Gambar 2.29** *Fixture Index* (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.6.5 Fixture Vise-Rahang (*Vise-Jaw Fixture*)

*Fixture vise* digunakan untuk proses pemesinan dengan benda kerja yang berukuran kecil. Pada *fixture* ini, cekam standar dapat diganti dengan bentuk cekam yang diperlukan atau yang sesuai dengan benda kerja. *Fixture vise* adalah jenis *fixture* paling murah, namun kelemahannya ukuran *vise* yang tersedia menjadi kendala.



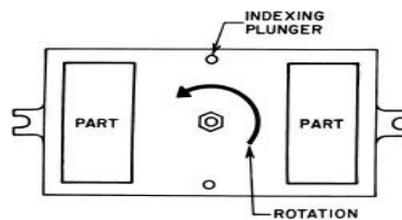
**Gambar 2.30** *Fixture Vise-Rahang* (Arifin Fatahul, 2010)

### 2.6.6 Fixture Multistation

*Fixtures Multistation* yang digunakan terutama untuk siklus pemesinan yang cepat, dan produksi yang terus menerus.

a. *Fixture Duplex*

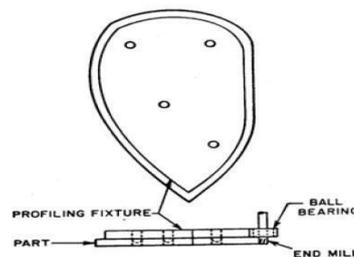
*Fixture Duplex* adalah bentuk sederhana dari *fixture multistation* dan hanya menggunakan dua *stasion*. *Fixture* ini memungkinkan operasi pemasangan dan pembongkaran lebih mudah dilakukan.



**Gambar 2.31** *Fixture Duplex* (Arifin Fatahul, 2010)

b. *Fixture Profil*

*Fixture Profil* digunakan untuk proses permesinan permukaan yang sulit.



**Gambar 2.32** *Fixture Profil* (Arifin Fatahul, 2010)

## 2.7 Aspek Teknis Pembuatan *Jig* dan *Fixture*

Untuk menghasilkan penepatan peralatan yang baik, sejumlah peralatan teknis perlu dipenuhi, antara lain :

### 2.7.1 *Location*

Pahat memiliki ruang yang cukup dalam peletakkannya dan tidak memungkinkan pahat tebalik dan salah pasang guna menghindari kesalahan pekerjaan. Titik peletakkannya cukup jelas terlihat oleh operator.

### 2.7.2 *Pencekam*

Peletakan pencekaman dan besarnya gaya pencekaman benar-benar menghilangkan gaya-gaya luar akibat dari suatu proses pemakanan benda

kerja. Gaya pencekaman tidak menyebabkan pahat terdeformasi atau merusak permukaannya. Pencekaman harus logis dan mudah.

### **2.7.3 Pemasangan (*Handling*)**

Komponen kontrol dari keseluruhan komponen harus mudah untuk digunakan baik dalam pemasangan maupun pelepasan pahat diberi kemudahan.

### **2.7.4 Kemudahan Stabilitas**

Agar kepresisian tetap terjaga maka alat yang di buat harus memiliki kekuatan stabilitas dan proposional terhadap pahat dan gaya luar yang bekerja sehingga perlu digunakannya pengikat baut/mur pada alat.

### **2.7.5 Bahan (*Material*)**

Komponen utama yang mendapatkan gesekan atau tumbukan gaya menggunakan *material Tool Steel* atau mendapatkan perlakuan pengerasan. Penggunaan *material* sisipan (*insert*) pada komponen yang bergesekan dimaksud untuk penggantian. Jika komponen yang dilas, perlu dilakukan perlakuan *stress relief* setelah pengelasan atau sebelum permesinan untuk menghindari tegangan dalam maupun pelentingan akibat las.

### **2.7.6 Toleransi (*Tolerance*)**

Toleransi pekerjaan komponen alat yang berhubungan dengan hasil kerja proses.

### **2.7.7 Efisiensi**

Efisiensi dalam hal penggunaan waktu pengerjaan, mudah dimengerti serta cepat pengoperasian alat oleh operator awam sekalipun dan jumlah produk yang di capai dapat signifikan dibanding tidak menggunakan alat tersebut.

## **2.8 Pengertian Baut dan Mur**

Baut adalah suatu batang atau poros dengan ulir pada permukaan

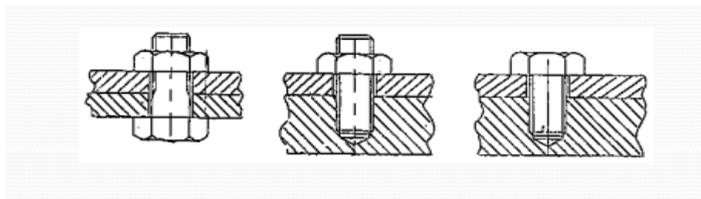
porosnya. Baut berfungsi untuk mengikat dua benda yang akan dihubungkan ke rangka mesin agar benda tersebut tidak bergeser sewaktu mesin dioperasikan. Untuk mengurangi efek gesekan antara kepala baut dengan benda tersebut dapat ditambahkan *ring/washer* diantara kepala baut dan permukaan benda kerja

Mur merupakan pengikat atau pasangan sdari baut. Mur biasanya terbuat dari baja lunak, meskipun untuk keperluan khusus dapat juga digunakan beberapa logam atau paduan logam lainnya.

Baut dan mur merupakan suatu elemen mesin yang berfungsi untuk menyambung dua buah elemen mesin dengan sambungan yang dapat dilepas. Mur dan baut sebagai alat pengikat yang sangat penting dalam suatu rangkaian mesin dalam suatu rangkaian mesin untuk mencegah kecelakaan dan kerusakan pada mesin. Untuk mendapatkan jenis serta ukuran mur dan baut, harus memperhatikan berbagai faktor seperti gaya yang bekerja pada mur dan baut, cara kerja mesin, kekuatan bahan dan lain sebagainya. (Pratiwi, Amanda, 2019).

A. Baut dan mur dapat dibagi menjadi beberapa bagian seperti pada gambar 2.33 yaitu :

- a. Baut Tembus, untuk menembus 2 bagian lubang.
- b. Baut Tap, untuk menjepit 2 bagian dimana jepitan dengan ulir yang ditetapkan pada salah satu bagian.
- c. Baut Tanam, adalah tanpa kepala.

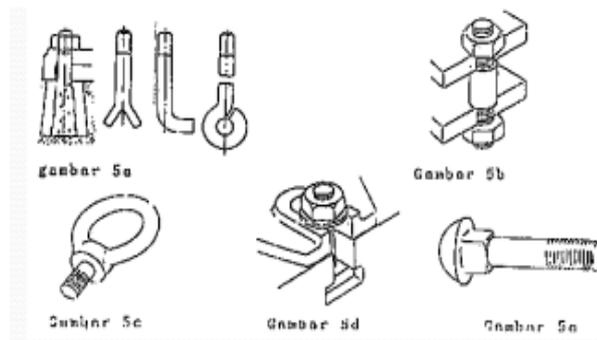


**Gambar 2.33** Baut Pengikat (Pratiwi Amanda, 2019)

B. Baut pemakaian khusus, ditunjukkan seperti pada gambar 2.34

- a. Baut Pondasi, untuk memasang mesin atau bangunan pondasi.
- b. Baut Penahan, untuk menahan 2 bagian dengan jarak yang tetap.

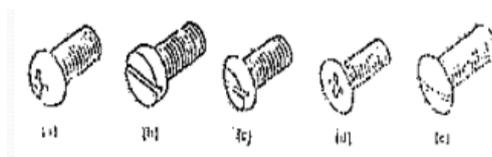
- c. Baut Mata atau Baut Kait, dipasang pada badan mesin sebagai kaitan untuk alat pengikat.
- d. Baut T, adalah baut yang letaknya bisa diatur.
- e. Baut Kereta, untuk dipakai pada beban kendaraan.



**Gambar 2.34** Baut Pemakaian Khusus (Pratiwi Amanda, 2018)

#### C. Skrup Mesin

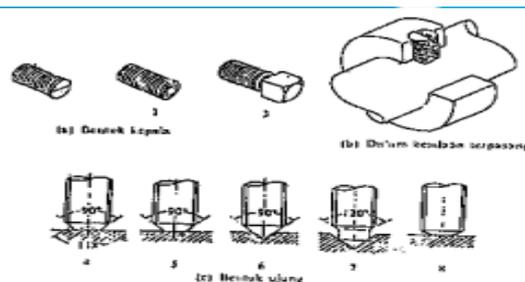
Skrup ini mempunyai diameter sampai 8 mm dan digunakan pada konstruksi yang menggunakan beban kecil, seperti pada gambar 2.35 Skrup Mesin dengan diameter yang berbeda dan jenis kepala yang berbeda pula.



**Gambar 2.35** Macam - macam Skrup Mesin (Pratiwi Amanda, 2019)

#### D. Mur

Pada umumnya mur mempunyai bentuk segi enam, tetapi untuk pemakaian khusus dapat dipakai mur dengan bentuk yang bermacam-macam. Macam - macam mur diantaranya seperti pada gambar 2.36



**Gambar 2.36** Macam - macam Mur (Pratiwi Amanda, 2019)

**Tabel 2.1** Ukuran Standart Ulir Baut Halus (Sularso, 2004)

Ukuran	Jarak ulir P	Tinggi ulir H	Diameter luar	Diameter efektif	Diameter dalam
M4	0,7	0,379	4,000	3,515	3,242
M5	0,8	0,433	5,000	4,480	4,134
M6	1	0,541	6,000	5,350	4,917
M7	1	0,541	7,000	6,350	5,917
M8	1,25	0,677	8,000	7,188	6,647
M9	1,25	0,677	9,000	8,188	7,647
M10	1,5	0,812	10,000	9,026	8,376
M11	1,5	0,812	11,000	10,026	9,378
M12	1,75	0,947	12,000	10,863	10,106
M14	2	1,083	14,000	12,701	11,835
M16	2	1,083	16,000	14,701	13,835
M18	2,5	1,353	18,000	16,376	15,294
M20	2,5	1,353	20,000	18,376	17,294
M22	2,5	1,353	22,000	20,376	19,294
M24	3	1,624	24,000	22,051	20,752
M27	3	1,624	27,000	25,051	23,752
M30	3,5	1,894	30,000	27,727	26,211
M33	3,5	1,894	33,000	30,727	29,211
M36	4	2,165	36,000	34,402	31,670
M39	4	2,165	39,000	36,402	34,670
M42	4,5	2,436	42,000	39,077	37,129
M45	4,5	2,436	45,000	42,077	40,129
M48	5	2,706	48,000	44,752	42,857
M52	5	2,706	52,000	48,752	46,587
M56	5,5	2,977	56,000	52,428	50,046
M60	5,5	2,977	60,000	56,428	54,046
M64	6	3,248	64,000	60,103	57,505
M68	6	3,248	68,000	64,103	51,505

## 2.9 Rumus–Rumus Terkait

### 2.9.1 Perhitungan Rangka

Landasan harus mampu menahan beban yang ditanggungnya, maka perlu dihitung semua berat komponen yang dibebankan pada frame

Rumus menghitung volume balok, trapesium, tabung dan berat rangka :

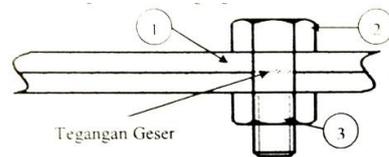
$$\begin{aligned}
 V_{\text{balok}} &= p \times l \times t \\
 V_{\text{tabung}} &= \pi \times r^2 \times t \\
 V_{\text{trapesium}} &= \text{Luas alas} \times \text{tinggi} \\
 W &= \rho \times V_{\text{hollow}}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- V : Volume
- $\rho$  : Massa jenis besi (kg/m<sup>3</sup>)
- P : Panjang besi
- W : Berat

**2.9.2 Perhitungan Kekuatan Sambungan Baut**

Dalam pembuatan alat ini, kekuatan sambungan baut perlu dihitung untuk mengetahui diameter baut yang akan digunakan.



**Gambar 2.37** Ilustrasi Tegangan Geser Pada Baut

$$\sigma_t \text{ izin} = \frac{\sigma_t}{v}$$

Maka tegangan geser izinnnya adalah

$$\tau_g \text{ izin} = 0,5 \times \sigma_t \text{ izin} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.1, \text{ Lit.10, Hal. 220)}$$

Kekuatan baut dapat diketahui dengan membandingkan besar dari tegangan geser yang terjadi pada baut dengan tegangan geser izin baut tersebut berikut perhitungannya.

$$\tau_g = \frac{F \text{ total}}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.2, \text{ Lit. 9, Hal. 6)}$$

Keterangan:

- $\tau_g$  = Tegangan geser (N/mm<sup>2</sup>)
- F total = Gaya yang terjadi (N)
- A = Luas Penampang Baut (mm<sup>2</sup>)

**2.10 Proses Permesinan**

**2.10.1 Mesin Bubut**

Mesin bubut adalah suatu mesin yang umumnya terbuat dari logam, gunanya untuk membentuk benda kerja dengan cara menyayat, dengan gerakan utamanya berputar. Proses bubut adalah proses pemakanan benda

kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja (syamsudin,1999).

**Tabel 2.2** Kecepatan Potong Mesin Bubut (Lit 22)

NO	Jenis Material	Pahat High Speed Steel (HSS)		Pahat Carbide	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar
1	Baja Perkakas	75 - 100	25-45	185-230	110-140
2	Baja Karbon Rendah	70 - 90	25-40	170-215	90-120
3	Baja Karbon Menengah	60 - 85	20-40	140-185	75-110
4	Besi Cor Kelabu	40 - 45	25-30	110-140	60-75
5	Kuningan	85 - 110	45-70	185-215	120-150
6	Alumunium	70 - 110	30-45	140-215	60-90

Rumus yang digunakan :

- a. Rumus perhitungan

$$N = \frac{1000 \times v_c}{\pi \times d} \dots\dots\dots(2.3, \text{Lit. 4, Hal. 67})$$

Dimana :

n = Putaran benda kerja (*rpm*)

Vc = Kecepatan potong (m/menit)

d = Diameter benda kerja (mm)

- b. Rumus pemakanan memanjang

$$T_m = \frac{l_0 + l}{S_r \times n} \dots\dots\dots(2.4, \text{Lit. 3, Hal. 81})$$

Dimana :

Tm = Waktu pemakanan memanjang (menit)

l<sub>0</sub> = Kelebihan pemakanan awal (mm)

l = Panjang pemakanan (mm)

Sr = Ketebalan pemakanan (mm/putaran)

n = Kecepatan Putaran mesin (*rpm*)

- c. Rumus pemakanan melintang

$$T_m = \frac{l_o+r}{S_r \times n} \dots\dots\dots(2.5, \text{Lit. 3, Hal.80})$$

Dimana :

$T_m$  = Waktu pemakanan melintang (menit)

$S_r$  = Ketebalan pemakanan (mm/putaran)

$n$  = Kecepatan putaran mesin (rpm)

$r$  = Jari-jari benda kerja (mm/putaran)

$l_o$  = Kelebihan pemakanan awal (mm)

**2.10.2 Mesin Milling**

Proses milling adalah suatu proses permesinan yang ada pada umumnya menghasilkan bentukan bidang datar, bidang datar yang terbentuk dari pergerakan kerja mesin dimana proses pengurangan material benda kerja terjadi karena adanya kontak.

**Tabel 2.3** Kecepatan Potong Mesin Milling (Lit 4. Hal 85)

Material	Shell end milling cutter	Circular milling cutter	End milling cutter	Carbide milling cutter
St 35 – 50 kg/mm <sup>2</sup>	20 – 30	20 – 30	20 – 35	60 – 120
St 70 – 90 kg/mm <sup>2</sup>	15 – 20	18 – 25	11 – 30	40 – 80
St over 90 kg/mm <sup>2</sup>	8 – 15	10 – 18	15 – 20	30 – 60
Cast Steel	15 – 25	15 – 25	15 – 30	40 – 80
Grey Cast Iron	15 – 30	15 – 30	15 – 30	60 – 100
Cu end cu alloys	30 – 60	30 – 60	30 – 60	100 – 200
Al End Alloys	400 – 500	400 – 500	200 – 350	600 – 1500
Al alloy quench	200 – 300	250 – 350	150 – 300	400 – 500

Rumus yang digunakan :

- a. Perhitungan putaran mesin

$$N = \frac{1000 \times v_c}{\pi \times d} \dots\dots\dots(2.6, \text{Lit. 4, Hal. 67})$$

Dimana :

$v_c$  = Kecepatan potong (m/menit)

$d$  = Diameter *cutter* (mm)

$n$  = Kecepatan putaran mesin (*rpm*)

- b. Rumus perhitungan waktu pengerjaan

$$T_m = \frac{L}{S} \dots \dots \dots (2.7, \text{ Lit. 4, Hal. 67})$$

Dimana :

$T_m$  = Waktu pengerjaan (menit)

$l$  = Panjang langkah kerja (mm)

$n$  = Kecepatan pemakanan (mm/menit)

- c. Rumus perhitungan rata-rata pemakanan

$$S = n \times S_r \times z \dots \dots \dots (2.8, \text{ Lit. 4, Hal. 84})$$

Dimana :

$S$  = Rata-rata pemakanan

$n$  = Kecepatan putaran mesin (*rpm*)

$S_r$  = Ketebalan pemakanan (mm/putaran)

$z$  = Jumlah gigi *cutter*

- d. Perhitungan panjang langkah kerja

$$L = l + d + 4 \dots \dots \dots (2.9, \text{ Lit. 4, Hal. 84})$$

Dimana :

$L$  = Panjang langkah kerja (mm)

$l$  = Panjang benda kerja (mm)

$d$  = Diameter *cutter* perputaran (mm/put)

### 2.10.3 Mesin Bor

Mesin bor adalah suatu jenis mesin gerakannya memutar alat pemotong yang arah pemakanan mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut. Sedangkan pengeboran adalah operasi menghasilkan lubang berbentuk bulat dengan menggunakan pemotong berputar yang disebut bor dan memiliki fungsi untuk membuat lubang, membuat lubang bertingkat dan membesarkan lubang (*chamfer*).

Rumus yang digunakan :

- a. Perhitungan putaran mesin

$$n = \frac{1000 \times v_c}{\pi \times d} \dots\dots\dots(2.10, \text{ Lit. 4, Hal. 67})$$

Dimana :

$v_c$  = Kecepatan potong (m/menit)

$d$  = Diameter mata bor (mm)

$n$  = Kecepatan putaran mesin (*rpm*)

- b. Rumus perhitungan waktu pengerjaan

$$T_m = \frac{L}{S_r \times n} \dots\dots\dots(2.11, \text{ Lit. 3, Hal 83})$$

Dimana :

$T_m$  = Waktu pengerjaan (menit)

$L$  = Kedalaman pengeboran (mm)

$$= 1 + 0,3 \times d \text{ (mm)}$$

$S_r$  = Ketebalan pemakanan (mm/putaran)

$n$  = Kecepatan putaran mesin (*rpm*)

- c. Rumus total waktu pengerjaan

$$T_{\text{total}} = T_{m_{\text{bor}}} \times \text{Banyak pengeboran}$$

## 2.11 Dasar Perhitungan Biaya Produksi

Dalam perencanaan pembuatan alat ini sangat diperlukan analisa biaya produksinya, karena analisa biaya inilah kita dapat mengetahui biaya-biaya yang diperlukan selama proses produksi. Adapun biaya-biaya produksi yang dihitung adalah :

1. Biaya *Material*

Harga *material* yang digunakan ditentukan dari berat *material* tersebut, untuk mengetahui berat *material* yang digunakan dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$W = V \times \rho \dots\dots\dots(2.12, \text{ Lit. 8, Hal. 85})$$

Dimana :

$W$  = Massa bahan (kg)

$V$  = Volume bahan (mm<sup>3</sup>)

$\rho$  = Massa jenis bahan ( $\text{kg/mm}^3$ )

Sedangkan untuk mengetahui harga *material* yang dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$TH = W \times HS \dots\dots\dots(2.13, \text{Lit. 8, Hal. 86})$$

Dimana:

TH = Total Harga per *Material* (Rp)

HS = Harga Satuan (Kg)

W = Massa Bahan (Kg)

## 2. Biaya Listrik

Untuk menentukan biaya pemakaian listrik dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$B = T_m \times B_L \times P \dots\dots\dots(2.14, \text{Lit. 12, Hal. 44})$$

Dimana :

B = Biaya Listrik (Rp)

$T_m$  = Waktu Permesinan (Jam)

$B_l$  = Biaya Pemakaian Listrik = Rp. 1.444,70/kWh

P = Daya Mesin (Kw)

## 3. Biaya Operator

Dalam menentukan upah operator harus sesuai dengan *standard* upah yang telah ditetapkan.

$$BO = S \times T \dots\dots\dots(2.15, \text{Lit. 12, Hal. 45})$$

$$S = \frac{UMP}{JK} \dots\dots\dots(2.16, \text{Lit. 12, Hal. 45})$$

Dimana :

BO = Biaya Operator

S = Upah/Jam

T = Total pengerjaan (Jam)

UMP = Upah minimum Provinsi Sumatera Selatan Rp. 3.144.446,-

JK = Jam Kerja dalam Sebulan (Terhitung Senin - Sabtu 8 jam)

## 4. Biaya Sewa Mesin

Rumus yang digunakan antara lain :

$$BSM = T_m \times B \dots\dots\dots(2.17, \text{Lit. 8, Hal. 88})$$

Dimana :

BSM = Biaya Sewa Mesin

$T_m$  = Waktu Permesinan (jam)

B = Sewa Mesin (Rp/jam)

## 5. Biaya Tak Terduga (Perencanaan)

Biaya tak terduga diambil 15% dari biaya material dan biaya sewa mesin, jadi untuk mencari rumus biaya tak terduga adalah :

$$BT = 15\% \times (BSM + HM) \dots\dots\dots(2.18, \text{Lit. 8, Hal. 89})$$

Dimana :

BT = Biaya Tak Terduga

BSM = Biaya Sewa Mesin

HM = Harga *Material*

## 6. Biaya Produksi Total

Rumus yang digunakan :

$$BPT = HM + BSM + BO + BT \dots\dots\dots(2.19, \text{Lit. 8, Hal.89})$$

Dimana :

BPT = Biaya Produksi Total

BT = Biaya Tak Terduga

BSM = Biaya Sewa Mesin

HM = Harga *Material*

BO = Biaya Operator

## 7. Keuntungan

Keuntungan diambil sebesar 25% dari biaya produksi, maka rumus yang digunakan :

$$K = 25\% \times BTP \dots\dots\dots(2.20, \text{Lit. 8, Hal. 89})$$

Dimana :

K = Keuntungan

BPT = Biaya Produksi Total

#### 8. Harga Jual

Untuk menghitung harga jual menggunakan rumus :

$$HJ = BPT + K$$

Dimana:

HJ = Harga Jual

BPT = Biaya Produksi Total

K = Keuntungan