

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Definisi Tutup Sensor Bensin Sepeda Motor

Tutup sensor bensin adalah sebuah komponen yang ada pada sepeda motor mempunyai 4 sisi pengunci dengan diameter masing-masing 8 mm yang berfungsi sebagai penutup atau *cover* dari sensor bensin supaya sensor bensin tetap diam dan tidak terganggu dengan guncangan saat kendaraan dijalankan.



Gambar 2.1 Tutup sensor bensin pada sepeda motor

#### 2.2 Definisi Umum *Jig* dan *Fixture*

Menurut Edgard G. Hoffman (1996), *jig* dan *fixture* merupakan alat bantu produksi yang digunakan pada proses manufaktur, sehingga dihasilkan duplikasi *part* yang akurat. *Jig* and *Fixture* biasanya dibuat secara khusus sebagai alat bantu proses produksi untuk mempermudah dalam penyetingan material yang menjamin keseragaman bentuk dan ukuran produk dalam jumlah banyak (*mass product*) serta untuk mempersingkat waktu produksi.

*Jig* didefinisikan sebagai perkakas / peralatan khusus yang menahan, menyangga atau ditempatkan pada komponen yang akan dimesin. Alat bantu produksi yang dibuat tidak hanya menempatkan dan menahan benda kerja tetapi

juga mengarahkan alat potong atau bor ketika operasi berjalan. *Jig* biasanya dilengkapi dengan *bushing* baja keras untuk mengarahkan mata gurdi/bor (*drill*) atau perkakas potong lainnya. Pada dasarnya, *jig* yang kecil tidak dibaut atau dipasang pada meja tempa gurdi (*drill press table*) Namun untuk diameter penggurdian diatas 0,25 inchi, *jig* biasanya perlu dipasang dengan kencang pada meja.

*Fixture* adalah peralatan produksi yang menempatkan, menahan dan menyangga benda kerja secara kuat sehingga pekerjaan permesinan yang diperlukan bisa dilakukan. Blok ukur atau *feeler gauge* digunakan pada *fixture* untuk referensi atau setelan alat potong ke benda kerja. *Fixture* harus dipasang tetap ke meja mesin dimana benda kerja diletakkan.

Keduanya menahan benda kerja. Tetapi *jig* mengarahkan alat bor atau perkakas potong lainnya ketika operasi berjalan, sedangkan *fixture* tidak. *Fixture* dibuat lebih kuat dan berat dari *jig* dikarenakan gaya perkakas yang lebih tinggi.

Dalam proses produksi, *jig* sering digunakan pada proses pembentukan atau pemotongan baik berupa pelubangan maupun perluasan lubang. Alat bantu ini merupakan peralatan yang terikat secara tetap pada mesin utama. Alat bantu ini banyak digunakan pada pertukangan kayu, pembentukan logam, dan beberapa kerajinan lainnya yang membantu untuk mengontrol lokasi atau gerakan dari alat potong. Beberapa jenis *jig* juga disebut alat bantu atau juga pengarah. Tujuan utama *jig* adalah untuk pengulangan dan duplikasi yang tepat dari bagian benda kerja untuk proses produksi massal. Sebuah contoh *jig* adalah kunci yang diduplikasi, asli digunakan sebagai *jig* sehingga yang baru dapat memiliki jalur yang sama dengan yang aslinya. Sejak munculnya otomatisasi dan mesin CNC, *jig* sering tidak diperlukan karena CNC dapat memprogramkan dan menyimpan pekerjaan di dalam memori.

a. *Size*

*Jig* biasanya ringan dalam ukuran, dan tidak selalu tetap pada meja mesin. Hal ini karena *jig* harus bergerak mengarahkan alat potong, tidak seperti *fixture* yang dijepit pada meja. Selain itu perlengkapan yang cukup besar dalam konstruksi dan membantu menahan pada posisinya. *Fixture* dipatenkan pada meja adalah untuk memastikan benda kerja tidak bergerak saat mesin mulai beroperasi.

b. *Application*

*Fixture* diterapkan pada aplikasi yang lebih luas dibandingkan dengan *jig*. Beberapa contoh *fixture* secara umum diantaranya *lathe fixture*, *milling fixture*, *grinding fixture*, dan *sawing fixture*. *Fixture* juga dapat dimanfaatkan dalam operasi setiap mesin yang menuntut hubungan yang tepat antara posisi alat terhadap benda kerja.

c. *Accuracy*

Perbedaan *jig* dan *fixture* juga terletak pada akurasi. *Jig* lebih akurat dibandingkan *fixture*. *Jig* biasanya digunakan pada pembuatan *part* yang lebih rumit baik dari segi ukuran dan proses pengerjaan dalam proses produksi, sehingga bisa mendekati bahkan mencapai tujuan yang diinginkan. Keduanya membantu dalam mengontrol biaya dan kualitas, artinya dengan menggunakan *jig* dan *fixture* bisa membantu untuk menghemat tenaga kerja secara efektif.

## 2.3 Pertimbangan Penggunaan *Jig* dan *Fixture*

Berikut merupakan pertimbangan dalam penggunaan *jig* dan *fixture*

### 2.3.1 Aspek Teknis/Fungsi :

1. Mendapatkan kepresisian / ketepatan dalam masalah ukuran.
2. Membantu untuk menghemat tenaga kerja secara efektif.
3. Mempermudah pekerja dalam memproduksi dengan ukuran seragam.

### 2.3.2 Aspek Penanganan :

1. *Jig* dan *fixture* harus dapat dioperasikan dengan mudah dan cepat oleh operator awam sekalipun.
2. Penggunaan aspek ergonomic diperhatikan.
3. Elemen operasi mudah dikenali dan dimengerti cara kerjanya.
4. Perlu mempertimbangkan aspek penggunaan, misal : seorang untuk pertimbangan berat, alat bantu khusus jika menggunakan operator cacat.

### 2.3.3 Aspek Ekonomi :

1. Mengurangi biaya produksi dengan memperpendek waktu proses.
2. Meningkatkan efisiensi penggunaan alat atau mesin yang akan digunakan.
3. Optimalisasi mesin yang kurang teliti.
4. Mengurangi waktu inspeksi dan alat ukur.
5. Meniadakan kesalahan pengerjaan dalam masalah ukuran (*reject*).

### 2.3.4. Aspek Konstruksi :

1. Optimasi penggunaan elemen standar.
2. Rancangan hendaknya logis dan tidak berlebihan.
3. Penggunaan elemen yang lepas pasang mempertimbangkan waktu penanganan.
4. Elemen yang pasang harus diikat agar tidak jatuh dan hilang.
5. *Jig* and *fixture* yang bergerak dan berputar harus dipertimbangkan terlebih dahulu.
6. Penggunaan elemen yang mengunci sendiri (*self locking*) pada mesin yang memiliki putaran yang tinggi, atau tergesernya benda kerja akibat kerusakan alat potong sehingga perlu dipertimbangkan secara matang.

### 2.3.5 Aspek Sosial/Keamanan :

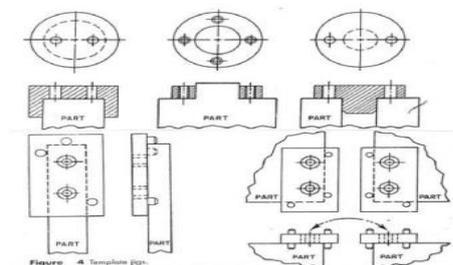
1. Mengurangi beban fisik kerja operator.
2. Mengurangi resiko kecelakaan kerja.

### 2.4 Klasifikasi Jig

*Drill jig* dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu *jig* terbuka dan *jig* tertutup. *Jig* terbuka adalah untuk operasi sederhana dimana pekerjaan dilakukan hanya pada satu sisi atau kadang-kadang dua sisi benda kerja. *Jig* terbuka paling umum adalah *template jig*, *jig* piring, *jig* meja, *jig sandwich*, dan *jig* sudut piring.

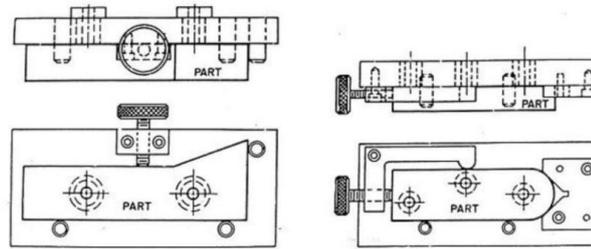
*Jig* tertutup digunakan untuk pekerjaan pada dua sisi atau lebih. Contoh umum dari *jig* tertutup termasuk *jig* kotak, *jig* saluran, dan *jig* daun. Bentuk lain dari *jig* lebih mengandalkan penerapan alat potong dari pada konstruksinya. *Jig* ini termasuk *jig* pengindekan, *jig trunnion*, dan *jig multi-station*. Nama-nama yang digunakan untuk mengidentifikasi *jig* ini mengacu pada bagaimana alat ini dibuat. *Template jig* biasanya digunakan untuk akurasi daripada kecepatan. Jenis *jig* ini cocok untuk pekerjaan itu adalah yang tidak dijepit. *Jig template* adalah yang paling mahal dan lebih sederhana dari *jig* jenis lain. Ketika *bushing* tidak digunakan, *plate jig* biasanya akan mencekam benda kerja.

1. *Template Jig* adalah *jig* yang digunakan untuk keperluan akurasi. *Jig* tipe ini terpasang diatas, pada atau didalam benda kerja dan tidak diklem. *Template* bentuknya paling sederhana dan tidak mahal. *Jig* jenis ini bisa mempunyai *bushing* atau tidak.



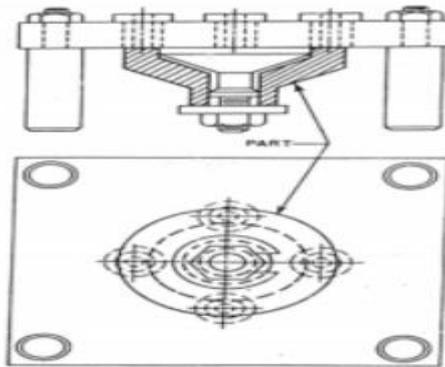
Gambar 2.2 *Template Jig*

2. *Plate Jig* sejenis dengan *template*, perbedaannya hanya *jig* jenis ini mempunyai klem untuk memegang atau menahan benda kerja.



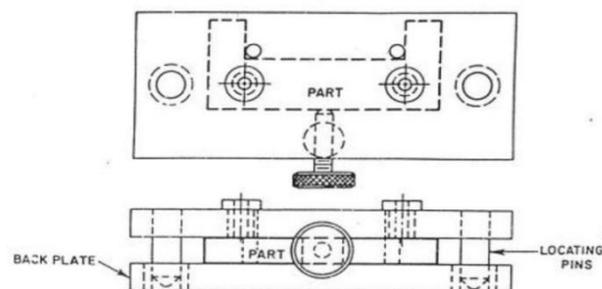
Gambar 2.3 Plate Jig

3. *Table Jig* adalah *jig plate* yang dibuat dengan kaki untuk menaikkan *jig* dari meja kerja. Model ini disebut *jig* meja.



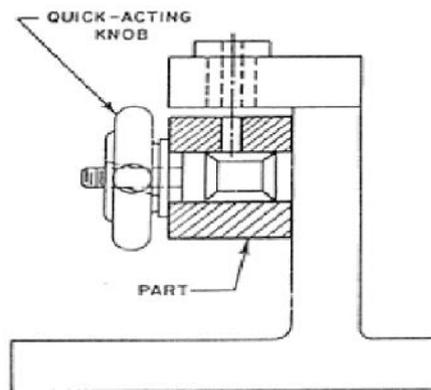
Gambar 2.4 Table Jig

4. *Sandwich Jig* adalah bentuk *plate jig* dengan pelat bawah. *Jig* jenis ini ideal untuk komponen yang tipis atau lunak yang mungkin bengkok atau terlipat pada *jig* jenis lain.



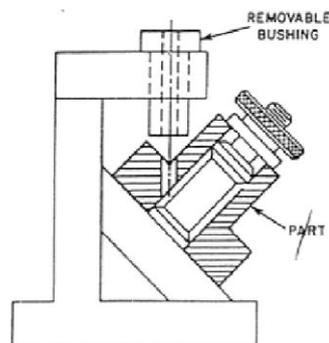
Gambar 2.5 Sandwich Jig

5. *Angle-plate Jig* digunakan untuk memposisikan dan menahan benda yang sumbunya tegak lurus dengan alat potong seperti pengerjaan pulley, collar, dan roda gigi maupun lainnya.



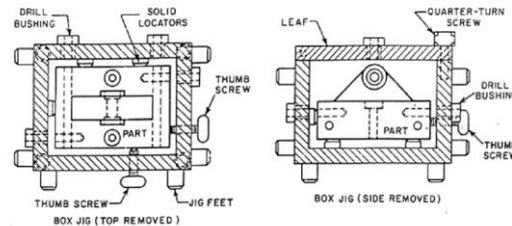
Gambar 2.6 *Angle-plate Jig*

6. *Modified angle-plate Jig* digunakan untuk proses permesinan selain sudut  $90^\circ$ . Kedua contoh memiliki masalah dengan alat potongnya. Maka bor keluar masuk kebenda kerja dengan mudahnya karena adanya bushing yang dapat diubah-ubah. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.6, dimana sebuah lubang miring memerlukan clearance (kelonggaran) tambahan kebagian yang bebas.



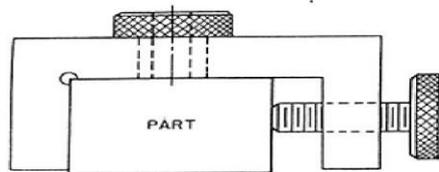
Gambar 2.7 *Modified angle-plate Jig*

7. *Box Jig* biasanya benar-benar mengelilingi bagian benda kerja. Model *jig* ini memungkinkan pengerjaan pada bagian-bagian permukaan benda tanpa perlu mereposisi benda kerja.



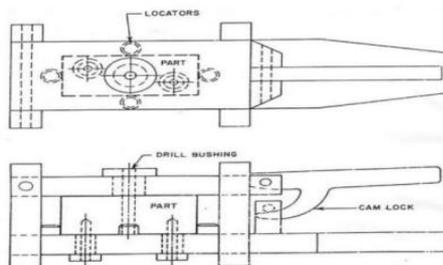
Gambar 2.8 *Box Jig*

8. *Channel Jig* adalah bentuk paling sederhana dari *jig* kotak. Benda kerja dicekam antara dua sisi dan dikencangkan dari sisi ketiga. Dalam beberapa kasus, dimana kaki *jig* digunakan, Benda kerja dapat diproses mesin pada tiga sisi.



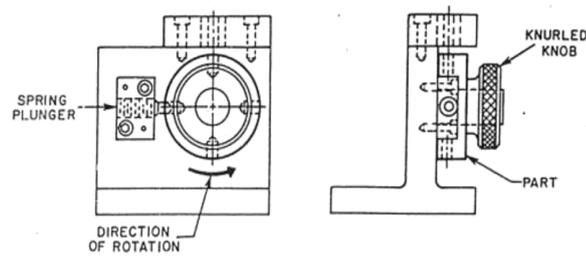
Gambar 2.9 *Channel Jig*

9. *Leaf Jig* biasanya lebih kecil dari *jig* kotak dan kadang-kadang dibuat tidak sepenuhnya mengelilingi bagian benda kerja. *Jig* ini biasanya dilengkapi dengan pegangan untuk lebih memudahkan gerakan pelepasan.



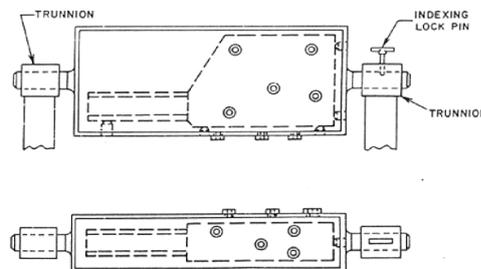
Gambar 2.10 *Leaf Jig*

10. *Indexing Jig* digunakan untuk lubang yang akurat atau area ruang permesinan lain disekitar bagian. Untuk melakukan hal ini, *Jig* menggunakan baik pelat dan sebuah pemutar. *Jig* pengindekan disebut juga *jig rotary*.



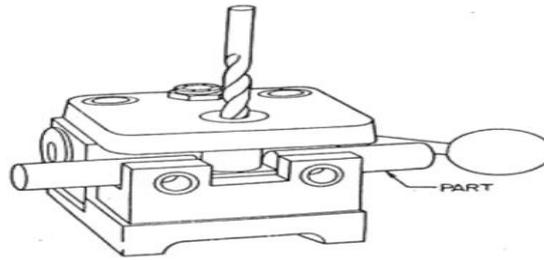
Gambar 2.11 *Indexing Jig*

11. *Jig Trunnion* adalah bentuk *jig rotary* untuk bagian yang sangat besar atau berbentuk aneh. Benda kerja ini pertama dimasukkan ke dalam kotak pembawa dan kemudian diletakkan pada *trunnion*. *Jig* ini cocok untuk pekerjaan yang besar, dan berat yang harus diproses mesin dengan beberapa macam *jig plate* yang terpisah.



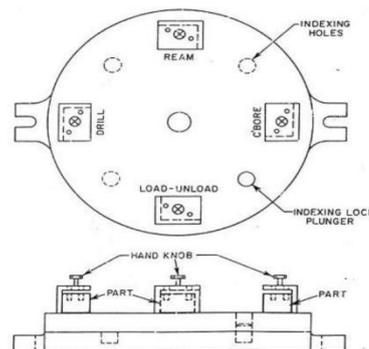
Gambar 2.12 *Jig Trunnion*

12. *Pump Jig* secara komersial dibuat dan disesuaikan dengan kebutuhan, mudah digunakan dan pergerakan *plate* diatur oleh pompa.



Gambar 2.13 Pump Jig

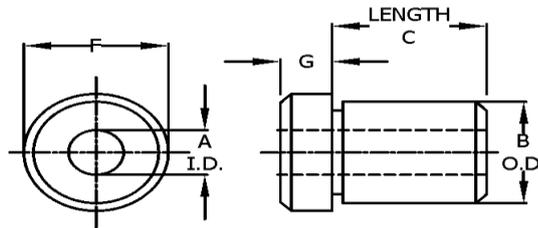
13. *Multistation Jig* mempunyai bentuk seperti gambar 2.14. Ciri utama *jig* ini adalah cara menempatkan benda kerja. Ketika satu bagian menggurdi, bagian lain meluaskan lubang (*reaming*), dan bagian ketiga melakukan pekerjaan *counterbore*. *Station* akhir digunakan untuk melepaskan komponen yang sudah selesai dan mengambil komponen yang baru.



Gambar 2.14 Multistation Jig

14. *Bushing Jig* adalah salah satu komponen penting dalam permesinan yang berfungsi untuk mengurangi gesekan atau keausan dan sekaligus menjaga dan mendukung gerak benda putar supaya tetap pada sumbunya. Karena hal ini maka elemen ini banyak digunakan untuk mendukung dan mengarahkan *tool* pada mesin produksi seperti pada pengeboran dan sebagainya. *Bushing* yang digunakan untuk mengarahkan mata bor disebut dengan *drill jig* dan pemberian namanya disesuaikan dengan dimana alat tersebut digunakan. Sesuai dengan fungsinya maka proses pengerjaan *bushing* ini harus presisi

dengan tingkat keakuratan, bagian dalam *Running Fit* dan bagian luar *Push/Press Fit* sesuai dengan kebutuhan.



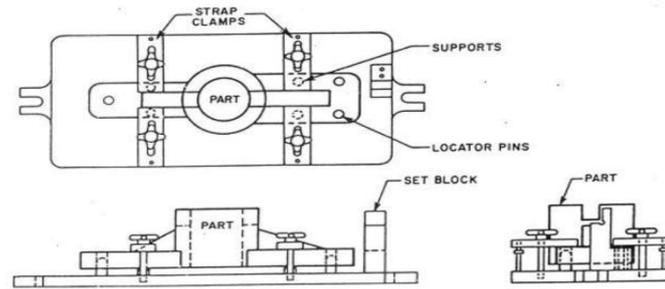
Gambar 2.15 *Bushing Jig*

## 2.5 Klasifikasi *Fixture*

*Fixture* mempunyai fungsi dan konstruksi lebih komplit dari *jig* sehingga kadang-kadang berfungsi juga sebagai *jig*. Sesuai dengan fungsinya yaitu memposisikan, mencekam dan mendukung benda kerja maka komponen *fixture* umumnya terdiri dari tiga bagian yaitu *Locator*, Klem, dan Rangka/*Block* sebagai *support* tempat pemasangan komponen tersebut. *Fixture* dapat juga diklasifikasikan menurut jenis mesin dimana mereka digunakan. Sebagai contoh, jika sebuah *fixture* dirancang untuk digunakan pada mesin *milling*, itu disebut *fixture milling*. Prinsip yang sama berlaku untuk perlengkapan alat pencekam pada mesin bubut yang disebut *chuck* atau jari-jari pencekam. Jadi menurut jenis pekerjaan, *fixture* (alat penepat) dapat dan banyak digunakan pada berbagai jenis operasi produksi.

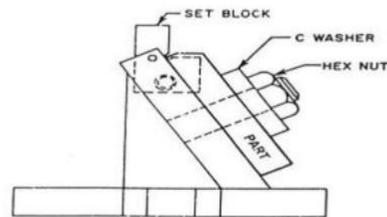
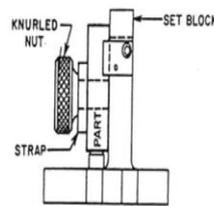
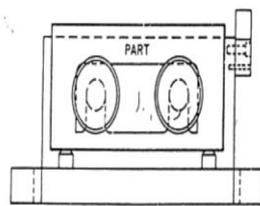
Ditinjau dari bentuknya pekerjaan, maka *Fixture* dapat diklasifikasikan menjadi enam bentuk yaitu sebagai berikut :

1. *Plate fixture* adalah bentuk paling sederhana dari *fixture* (gambar 2.15). *Fixture* dasar dibuat dari plat datar yang mempunyai variasi klem dan lokator untuk memegang dan memposisikan benda kerja. Konstruksi *fixture* ini sederhana sehingga bisa digunakan pada hampir semua proses permesinan.



Gambar 2.16 Plate Fixture

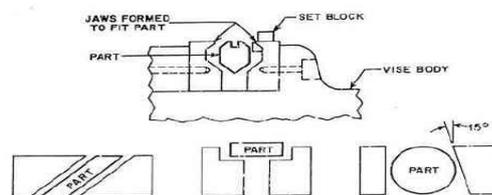
2. *Angle-plate fixture* adalah variasi dari *fixture plate* (gambar 2.18). Dengan *fixture* jenis ini biasanya dimesin pada sudut tegak lurus terhadap lokatornya. Jika sudutnya selain 90 derajat, *fixture* pelat sudut yang dimodifikasi bisa digunakan (gambar 2.18).



Gambar 2.17 Angle-Plate Fixture

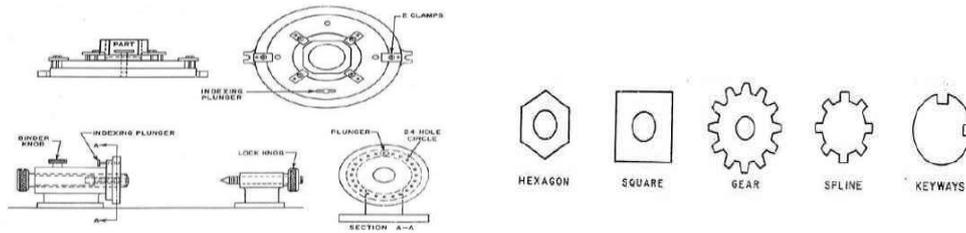
Gambar 2.18 Modified Angle-Plate Fixture

3. *Fixture vise-jaw* digunakan untuk pemesinan komponen kecil. Dengan alat ini, *vise-jaw* standar digantikan dengan *jaw* yang dibentuk sesuai dengan bentuk komponen.



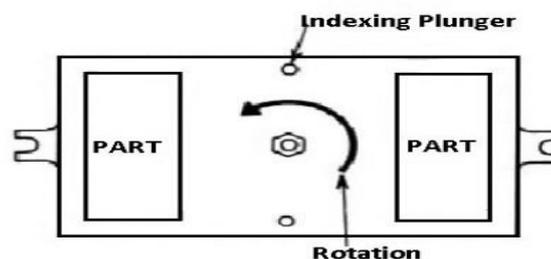
Gambar 2.19 Fixture vise-jaw

4. *Indexing Fixture* mempunyai bentuk yang hampir sama dengan *indexing jig* (gambar 2.18). *Fixture* jenis ini digunakan untuk permesinan komponen yang mempunyai detail permesinan untuk rongga yang detail. (Gambar 2.19) adalah contoh komponen yang menggunakan *fixture* jenis ini.

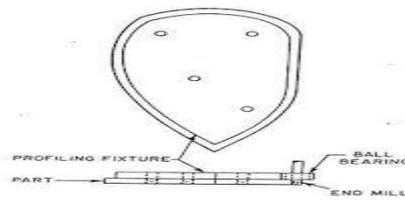
Gambar 2.20 *Indexing Fixture*

Gambar 2.21 Komponen Mesin

5. *Fixture Multistation* yang digunakan terutama untuk siklus permesinan yang cepat, dan produksi yang terus menerus.
- Fixture Duplex* adalah bentuk sederhana dari *fixture multistation*, dengan hanya menggunakan dua stasiun. Bentuk ini memungkinkan operasi pemasangan dan pembongkaran yang akan dilakukan lebih mudah. Misalnya, setelah operasi mesin selesai pada stasiun 1, alat ini berputar dan siklus diulang distasiun 2. Pada saat yang sama, bagian yang dibongkar di stasiun 1 dan bagian lain segera diletakkan benda kerja baru.

Gambar 2.22 *Fixture Duplex*

- Fixture Profil* digunakan mengarahkan perkakas untuk permesinan kontur dimana mesin secara normal tidak bisa melakukannya.



Gambar 2.23 *Fixture Profil*

*Fixture* biasanya diklasifikasikan berdasarkan tipe mesin yang menggunakannya. Misal, *fixture* yang digunakan pada mesin milling disebut *fixture milling*. *Fixture* bisa juga diklasifikasikan dengan subklasifikasi. Misal, jika pekerjaan yang dilakukan adalah *milling*, maka *fixture* disebut *straddle milling fixture*.

Berikut ini adalah daftar operasi produksi yang menggunakan *fixture*:

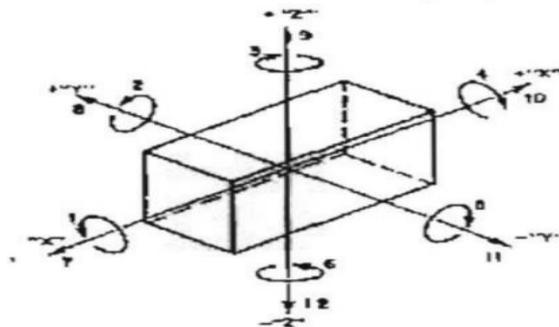
- |                      |                          |                      |
|----------------------|--------------------------|----------------------|
| 1. <i>Assembling</i> | 8. <i>Boring</i>         | 15. <i>Broaching</i> |
| 2. <i>Drilling</i>   | 9. <i>Forming</i>        | 16. <i>Gauging</i>   |
| 3. <i>Grinding</i>   | 10. <i>Heat treating</i> | 17. <i>Honing</i>    |
| 4. <i>Inspecting</i> | 11. <i>Lapping</i>       | 18. <i>Milling</i>   |
| 5. <i>Planning</i>   | 12. <i>Sawing</i>        | 19. <i>Shaping</i>   |
| 6. <i>Stamping</i>   | 13. <i>Tapping</i>       | 20. <i>Testing</i>   |
| 7. <i>Turning</i>    | 14. <i>Welding</i>       |                      |

## 2.6 Prinsip Rancangan *Jig* dan *Fixture*

Rong dan Zhu (1999), menyatakan bahwa sebuah benda kerja terdiri dari beberapa permukaan bidang (*surface*). Pada penggunaan sebuah *fixture*, proses penempatan (*locating*) adalah proses penempatan beberapa permukaan benda kerja hingga bersentuhan dengan lokator-lokator yang kemudian dilanjutkan dengan proses pencekaman (*clamping*) benda kerja sehingga benda

kerja stabil selama proses pemesinan. Permukaan-permukaan benda kerja yang bersentuhan dengan lokator tersebut disebut dengan *locating surface*.

Pada sebuah benda terdapat 6 derajat kebebasan (*degree of freedom*) pergerakan, yaitu pergerakan *linear* searah atau berlawanan arah dengan sumbu X,Y dan Z, serta pergerakan rotasi terhadap sumbu X,Y dan Z searah atau berlawanan dengan jarum jam.



Gambar 2.24 6 Titik derajat kebebasan

Rong dan Zhu (1999), menyatakan bahwa pada masing-masing titik kontak dipasang lokator yang akan menahan pergerakan benda kerja. berdasarkan prinsip kinematik, diperlukan titik kontak dengan benda kerja agar derajat kebebasan terbatas secara penuh. Ke-enam titik kontak atau titik lokator tersebut diletakkan pada 3 bidang yang saling tegak lurus, yaitu:

1. Tiga lokator diletakkan pada bidang dasar (bidang X-Y), sehingga membatasi derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu X dan Y. Bidang ini disebut sebagai bidang lokator utama (*primary locating surface*).
2. Dua lokator diletakkan pada bidang tegak lurus bidang lokator primer yaitu bidang X-Z, sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu Y dan derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu Z. bidang ini disebut sebagai bidang lokator sekunder (*seconder locating surface*).
3. Satu lokator diletakkan pada bidang yang tegak lurus pada bidang lokator primer dan bidang lokator sekunder. Yaitu bidang Y-Z, sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu X.

## **2.7 Dasar-dasar Pemilihan Bahan**

Dasar pemilihan bahan merupakan suatu syarat utama yang diperlukan sebelum melakukan desain dan perhitungan konstruksi. Pemilihan bahan sangatlah penting bagi seorang perencana dalam proses pembuatan suatu alat. Adapun hal-hal pokok yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan untuk suatu komponen mesin sebagai berikut :

### **2.7.1 Fungsi dari Komponen**

Dalam perencanaan ini, komponen-komponen yang direncanakan mempunyai fungsi yang berbeda-beda, yang dimaksud fungsinya adalah harus sesuai dengan fungsi dan kegunaan dari bagian-bagian bahan masing-masing. Namun pada bagian-bagian tertentu atau bagian bahan yang mendapatkan penulis memperhatikan jenis bahan yang digunakan sangat perlu diperhatikan.

### **2.7.2 Sifat Mekanis Bahan**

Dalam perencanaan perlu diketahui sifat mekanis dari bahan, agar dalam menentukan apa yang lebih efisien untuk digunakan. Dengan mengetahui sifat mekanis bahan, maka akan diketahui pula kekuatan bahan tersebut. Dengan demikian kita dapat menghitung kekuatan atau kemampuan bahan yang akan digunakan untuk menerima beban yang terjadi pada masing-masing bagian mesin direncanakan. Sifat-sifat mekanis bahan yang dimaksud berupa tegangan geser pada baut, tegangan geser pada ulir dan sebagainya.

### **2.7.3 Sifat Fisik Bahan**

Sifat fisik bahan perlu juga kita ketahui untuk dapat menentukan bahan apa yang akan dipakai. Sifat fisik yang dimaksud disini seperti ketahanan terhadap korosi, tahan terhadap gesekan dan lain sebagainya.

### **2.7.4 Sifat Mampu Mesin**

Sifat mampu mesin ini merupakan suatu hal penting untuk diketahui sebab dengan mengetahui sifat ini akan mempermudah dalam perencanaan,

karena dalam pengerjaan pembuatan komponen atau bagian-bagian dari alat tersebut ada yang dikerjakan dengan proses permesinan. Dengan diketahuinya sifat ini maka dalam proses pembuatannya apakah bahan tersebut dapat dikerjakan dengan mesin atau tidak.

### **2.7.5 Kemudahan Dalam Pembuatan**

Sebelum merencanakan suatu alat, perlu diperhatikan apakah alat yang akan dibuat tersebut sulit atau mudah untuk dibuat karena dalam pembuatan alat sering terjadi hambatan, seperti kesulitan dalam pembuatan komponen yang rumit bentuknya.

### **2.7.6 Harga Relatif Murah**

Untuk membuat komponen-komponen yang direncanakan maka diusahakan bahan-bahan yang akan digunakan harganya harus semurah mungkin dengan tanpa mengurangi karakteristik dan kualitas bahan tersebut. Dengan demikian dapat mengurangi biaya produksi dari komponen yang direncanakan.

## **2.8 Bahan dan Komponen**

Pada pemilihan bahan dan komponen dalam perencanaan alat bantu penapat bor untuk tutup sensor bensin di sepeda motor ini direncanakan akan menggunakan hampir keseluruhan bahan ST 37. Pelat baja ST 37 sama dengan batas minimum kekuatan tarik sebesar  $37\text{kg/mm}^2$  merupakan lembaran baja dengan ketebalan yang relative kecil dibandingkan ukuran panjang dan lebar lembarnya. Lembaran baja setelah dirol mempunyai sifat-sifat yang mudah dilas dan dibentuk. Pelat baja merupakan komponen yang paling banyak digunakan pada alat yang penulis rancang, mulai dari landasan, jig drill, dinding penyangga jig, dudukan putar, *locator v*, dan poros penyangga tengah.



Gambar 2.25 Pelat baja ST 37

## 2.9 Definisi Mesin Bor Dan Fungsinya

Mesin bor dapat digunakan untuk bermacam-macam penggunaan seperti *reaming* (perluasan lubang), *counterboring*, *boring*, *countersink* dan beberapa pengerjaan bulat lainnya. [3]

Mesin bor dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Mesin Bor Tangan (Mekanik dan Elektrik).
- Mesin Bor Bangku.
- Mesin Bor Tiang (*Couloum*).
- Mesin Bor Radial.
- Mesin Bor *Jig*.

### 2.9.1 Macam-macam Mesin Bor dan Kegunaannya

#### 1. Mesin Bor Tangan

Penggunaan dari mesin bor tangan terutama untuk benda-benda yang terpasang atau benda kerja dalam proses assembling. Mesin bor tangan dengan diameter pengecam maksimum 10 atau 12 mm.



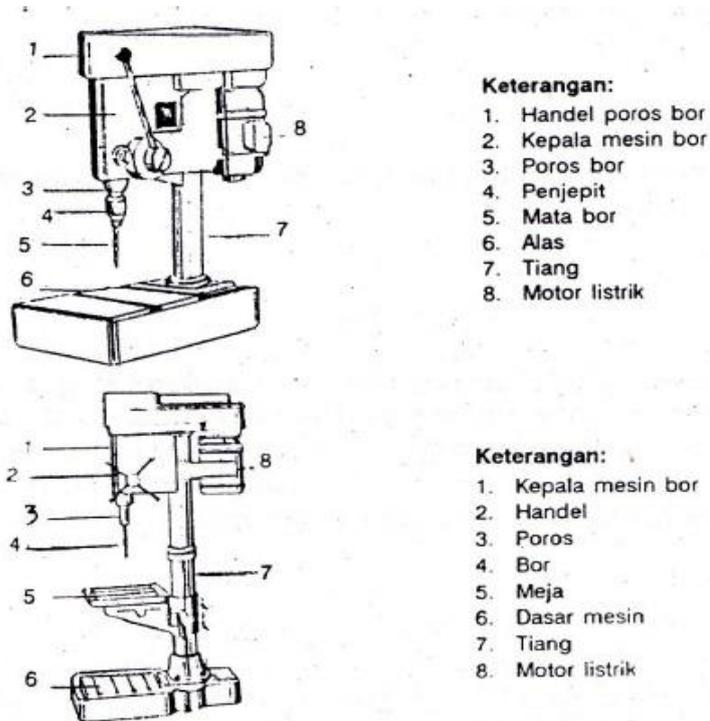
Gambar 2.26 Bor Tangan Manual



Gambar 2.27 Bor Tangan Elektrik

## 2. Mesin Bor Bangku

Mesin bor bangku digunakan untuk mengebor dari lubang yang berdiameter kecil sampai kira-kira diameter 16mm. Biasanya mesin ini ditempatkan diatas bangku kerja atau suatu alas dari pelat. Mesin jenis ini digunakan dibengkel-bengkel elektronik dan listrik. Motor listrik yang terpasang pada mesin jenis ini dapat memberikan daya sebesar 0,5 Hp dengan menggunakan tegangan 380 Volt, 3 Phasa.

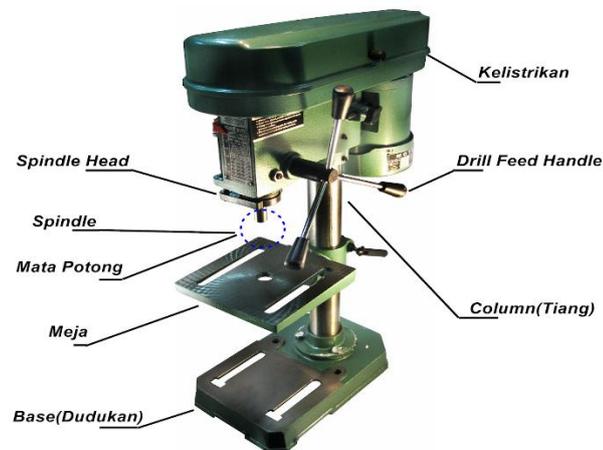


Gambar 2.28 Mesin Bor Bangku Tunggal dan Ganda  
(Sumber: Fenoria Putri, 2016)

### 3. Mesin Bor *Column* dan *Pillar*

Mesin bor jenis *column* meja mesin ini dapat digerakkan keatas dan kebawah dan kesamping. Meja mesin tipe *pillar* hanya dapat dinaikkan dan diturunkan, tetapi mesin ini sering digunakan dengan gabungan meja dan ragum sebagai alat bantu.

Kedua tipe mesin bor ini biasanya dilengkapi dengan pemakaian otomatis, disamping dengan tuas pemutar dengan tangan.

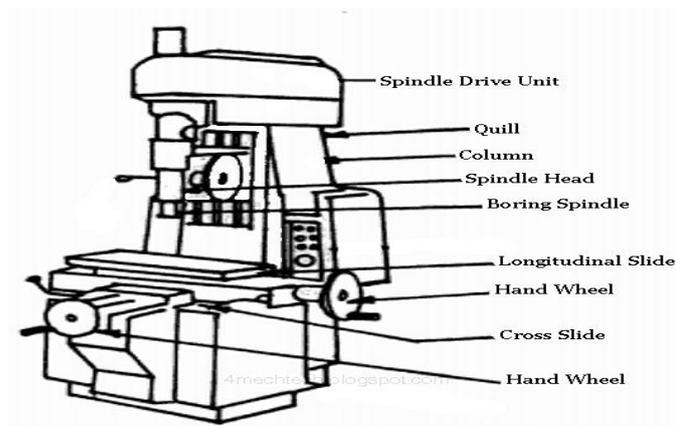


Gambar 2.29 Mesin Bor *Column*  
(Sumber: Putri Fenoria, 2016)

#### 4. Jig Boring Machine

Mesin bor jig mempunyai fungsi untuk membesarkan dan membuat lubang-lubang dengan jarak pusat ke pusat yang tepat untuk diameter yang sangat teliti.

Meja mesin dapat digerakkan dengan arah memanjang dan dapat mencapai ketelitian 0,001 mm dan sebaiknya digunakan pada ruang.



Gambar 2.30 *Jig Bor Machine*  
(Sumbe: Putri Fenoria, 2016)

## 5. Mesin Bor Radial

Mesin bor ini cocok untuk benda kerja yang lebar. Poros utama dari mesin dipasang meja mesin (*Sadie*) yang dapat dipindahkan dalam arah radial. Lengan dapat diputar dan dinaik turunkan pada batang tegak poros dapat digerakkan melalui tuas penggerak dengan tangan atau secara otomatis.



Gambar 2.31 Mesin Bor Radial

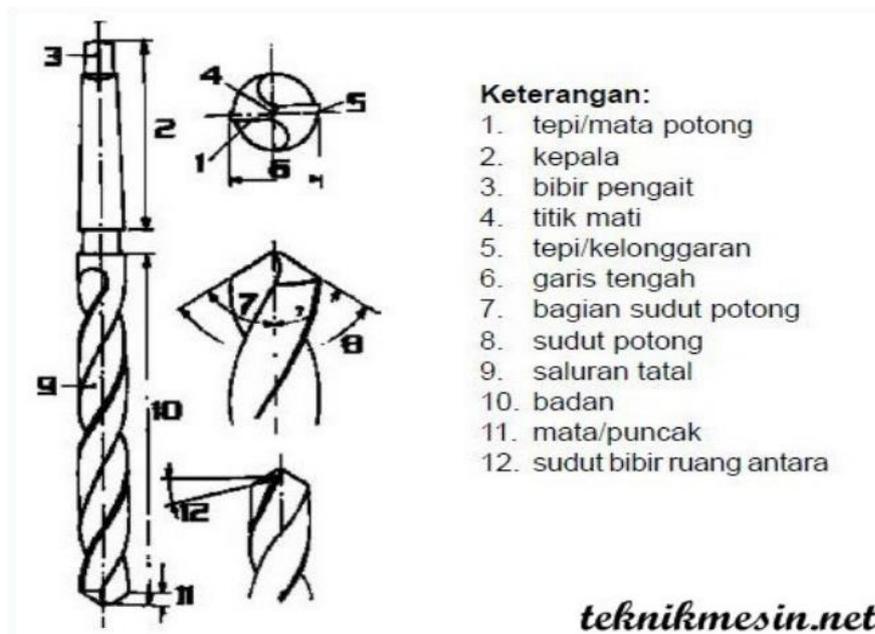
### 2.9.2 Jenis-jenis Mata Bor

1. Mata Bor Bilah
2. Mata Bor Alur Lurus
3. Mata Bor Alur Spiral

Dibuat pertama kali pada tahun 1863, sebagai alat pembuat lubang. Mata bor spiral dibuat agar tahan tegangan torsi. Mata bor biasanya terbuat dari baja karbon, HSS atau *carbide*.

- Keuntungan Mata Bor Spiral :
  - Mempunyai sudut bibir pemotong yang baik.
  - Bram-bram pemotong mudah keluar.
  - Mudah dalam pemakaian.

- Bentuk–bentuk Mata Bor Spiral
  - Alur spiral 2 alur
  - Alur spiral 3 alur
  - Alur spiral 4 alur



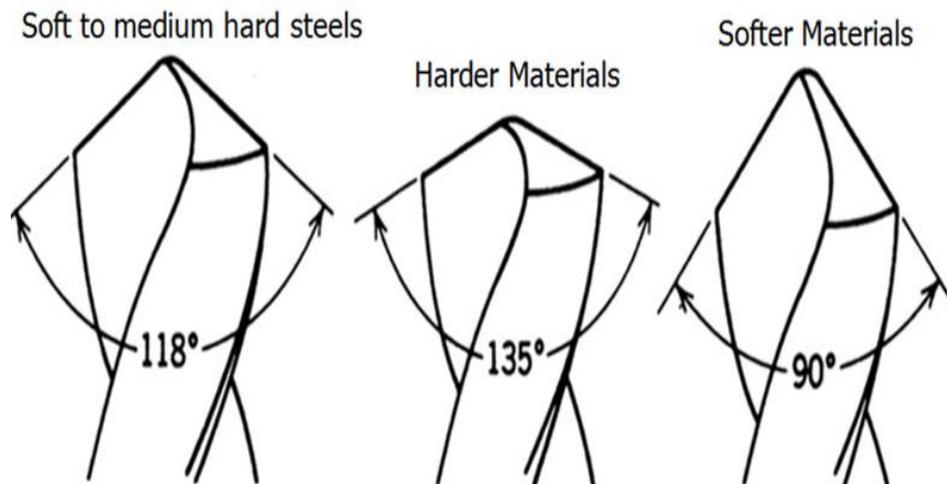
Gambar 2.32 Mata Bor Spiral

(Sumber : Putri Fenoria, 2016)

- Bagian-bagian Mata Bor Spiral :
  1. Tangkai : Bentuknya ada 2 macam yaitu silindris dan konis (*Morse Taper*). Bor yang bertangkai silindris biasanya berdiameter kecil dan pemakaiannya menggunakan chuck bor. Sedangkan bor bertangkai tirus dipasang dengan menggunakan sarung pengurang atau langsung pada *spindle* mesin bor yang berlubang konis.
  2. Badan : Panjangnya diukur dari batas tangkai sampai ujung bor.
  3. Alur : Alur pada mata bor berfungsi untuk mempercepat keluarnya tatal.

### 2.9.3 Macam-macam Sudut Alur dan Sudut Ujung

1. Kuningan dan Perunggu 50 s/d 90°
2. Baja, Besi Tuang, dan Besi Biasa 118°
3. Alumunium, Tembaga, Timah putih, Seng, dan Timah hitam 135°

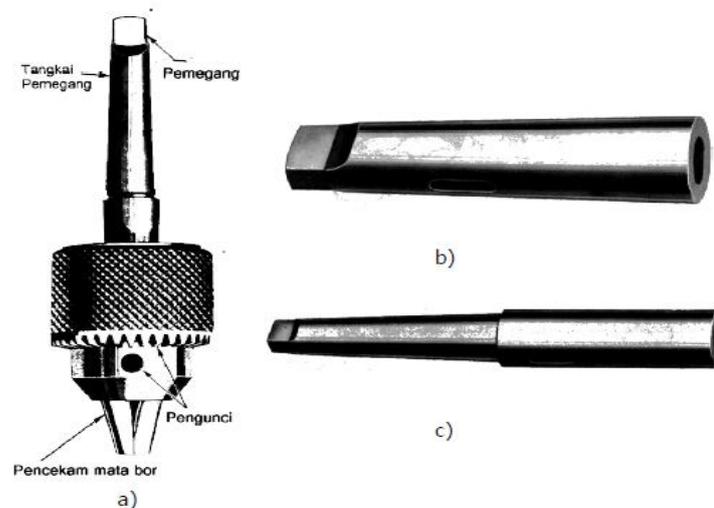


Gambar 2.33 Sudut Mata Bor Spiral

(Sumber: Putri Fenoria, 2016)

### 2.9.4 Pencekam Mata Bor Pada Mesin

1. Pencekaman dengan menggunakan pencekam bor (*Chuck* bor) biasanya untuk mata bor yang berdiameter kecil yaitu s/d 12mm, pencekam mata bor mempunyai 3 rahang yang dapat menjepit tangkai bor dengan kokoh. Chuck dapat digunakan pada kepala lepas mesin bubut (*Tail Stock*).
2. Untuk Tangkai Tirus  
Tangkai konis bor dikeluarkan dari *spindle* dengan menggunakan baji (Baja Konis) dan dibuat dari baja lunak agar tidak merusak tangkai mata bor.



Gambar 2.34 Pencekam Mata Bor

(Sumber: Putri Fenoria, 2016)

- Prinsip Kerja Pemegang Mata Bor

Cara memegang bor yang tangkainya silinder dipakai dengan menggunakan dua atau tiga rahang, perlu diperhatikan bahwa bor harus dimasukkan sedalam mungkin sehingga tidak selip pada waktu berputar, biasanya permukaan bor mempunyai permukaan (sebelah dalam dan luar), permukaan dalam terhubung dengan tangkai mata bor sehingga menghasilkan putaran bor.

Untuk bor dengan mempunyai kepala bulat lurus dipergunakan pemegang/penjepit bor otomatis ( Universal ), bilamana diputar kuncinya maka mulutnya akan membuka atau menjepit dengan sendirinya ( Otomatis ), untuk pemegang bor yang mempunyai bentuk kepala tirus dipergunakan taper atau sarung pengurang yang dibuat sesuai dengan tingkatan dan kebutuhan sehingga dapat bermacam-macam ukuran.

### 2.9.5 Langkah-langkah dalam Pengeboran

Benda kerja terlebih dahulu dibuat garis sumbu dan titik pada persilangan garis sumbu tersebut.

Untuk persiapan mesin. Gunakan putaran mesin dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Tabel Kecepatan Mata Bor

Bahan	Pahat Bubut HSS		Pahat Bubut Karbida	
	m/men	Ft/min	M/men	Ft/min
Baja lunak ( <i>Mild Steel</i> )	18 – 21	60 – 70	30 – 250	100 – 800
Besi Tuang ( <i>Cast Iron</i> )	14 – 17	45 – 55	45 - 150	150 – 500
Perunggu	21 – 24	70 – 80	90 – 200	300 – 700
Tembaga	45 – 90	150 – 300	150 – 450	500 – 1500
Kuningan	30 – 120	100 – 400	120 – 300	400 – 1000
Aluminium	90 - 150	300 - 500	90 - 180	b. – 600

(Sumber : Putri Fenoria, 2016)

Rumus putaran mesin:

$$n = \frac{1000 \times Vc}{\pi \times d} \dots\dots\dots (2.1 \text{ Lit 3 hal 48})$$

Keterangan:

n = Putaran Mesin (Rpm)

Vc = Kecepatan potong benda kerja (m/min)

d = Diameter benda kerja (mm)

## 2.10 Perhitungan Gaya Torsi pada Mesin Bor

Perhitungan yang akan dibahas pada bab ini meliputi dari perhitungan pengeboran, analisa gaya pada kontruksi dan komponen alat.

Untuk mengetahui berapa besar gaya yang diperlukan untuk mencekam benda supaya aman dikerjakan dalam proses pengeboran. Dengan mengetahui gaya potong mesin harus lebih kecil dari pada gaya tangan yang diberikan untuk memutar klem pengikat alat.

Dimana diketahui:

T = Torsi Mesin (Nm)

P = Daya Mesin Bor (watt)

$\omega$  = Kecepatan sudut (rad/s)

d = Diameter mata bor (mm)

Vc = Kecepatan potong (m/menit)

Pahat bubut yang digunakan yaitu : HSS (*High Speed Steel*)

Jenis Bahan : Baja lunak (*Mild Steel*)

1. Mencari Putaran Mesin (n)

Vc = 20 m/menit (direncanakan)

d = 8 mm

$$\begin{aligned} n &= \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot d} \\ &= \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 8} \\ &= \mathbf{796,2 \text{ rpm}} \end{aligned}$$

2. Mencari Torsi Mesin (T)

P = 2300 watt (direncanakan)

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \\ &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 796,2}{60} \\ &= \mathbf{83,3 \text{ rad/s}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{P}{\omega} \\ &= \frac{2300}{83,3} \\ &= \mathbf{27,61 \text{ Nm}} \end{aligned}$$

3. Mencari Gaya Potong Mesin (F<sub>tm</sub>)

r = 4 mm = 0,004 m (direncanakan)

$$F_{tm} = \frac{T}{r}$$

$$F_{tm} = \frac{27,61}{0,004}$$

$$= \mathbf{6902 \text{ N}}$$

## 2.11 Perhitungan Gaya Klem Baut

Untuk mengetahui berapa besar gaya klem maka harus dicari dengan perhitungan seperti dibawah ini:

### 1. Mencari Sudut Kemiringan Ulir ( $\alpha$ )

Baut L = M12 berjumlah 4 buah yang terbagi menjadi 2 untuk pengikat *jig* atas dengan dinding *jig* dan 2 nya lagi sebagai pengikat dinding *jig* dengan landasan.

Baut L = M8 berjumlah 2 buah yang bertujuan untuk mengikat lokator dengan dudukan benda putar.

$$\text{Kisar} = 1,75 \text{ (M12) (direncanakan)}$$

$$d_{\text{baut}} = 12 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$\alpha = \arctan \left( \frac{\text{kisar}}{\pi \cdot d} \right)$$

$$\alpha = \arctan \left( \frac{1,75}{3,14 \cdot 12} \right) = 2,66^\circ$$

### 2. Mencari Sudut Akibat Gesekan ( $\theta$ )

$$\mu = 0,05 \text{ (direncanakan)}$$

$$\theta = \arctan \mu$$

$$\theta = \arctan 0,05 = 2,89^\circ$$

### 3. Mencari Gaya Dorong Klem Baut ( $F_s$ )

$$F_h = 200 \text{ N (direncanakan)}$$

$$r_{\text{baut}} = 6 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$L = 30 \text{ mm}$$

$$F_s = \frac{F_h \cdot L}{r \cdot \tan(\alpha + \theta)}$$

$$F_s = \frac{200 \cdot 30}{6 \cdot \tan(2,66^\circ + 2,89^\circ)}$$

$$= \frac{6000}{0,58}$$

$$= \mathbf{10344,82 \text{ N}}$$

Gaya-gaya dorong klem baut (  $F_s$  ) sebesar = **10344,82 N** > daya potong mesin (  $F_{tm}$  ) sebesar **6902 N**. Jadi alat bantu penepat bor ini aman untuk digunakan.

## 2.12 Baut dan Mur

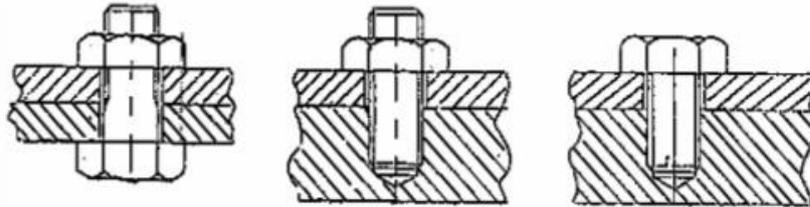
Baut atau Skrup adalah suatu batangan atau tabung dengan alat heliks pada permukaannya. Penggunaan utamanya adalah sebagai pengikat (*Fastener*) untuk menahan dua objek secara bersamaan, dan sebagai pesawat sederhana untuk mengubah torsi menjadi gaya linier.

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

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 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.

1. Baut dan mur dapat dibagi menjadi beberapa bagian seperti pada gambar 2.35 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 baut tanpa kepala



Gambar 2.35 Baut dan Mur

- 2. Baut pemakaian khusus, ditunjukkan 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 baut dengan pemakaian khusus



Gambar 2.36 Baut Pemakaian Khusus

### 3. Skrup Mesin

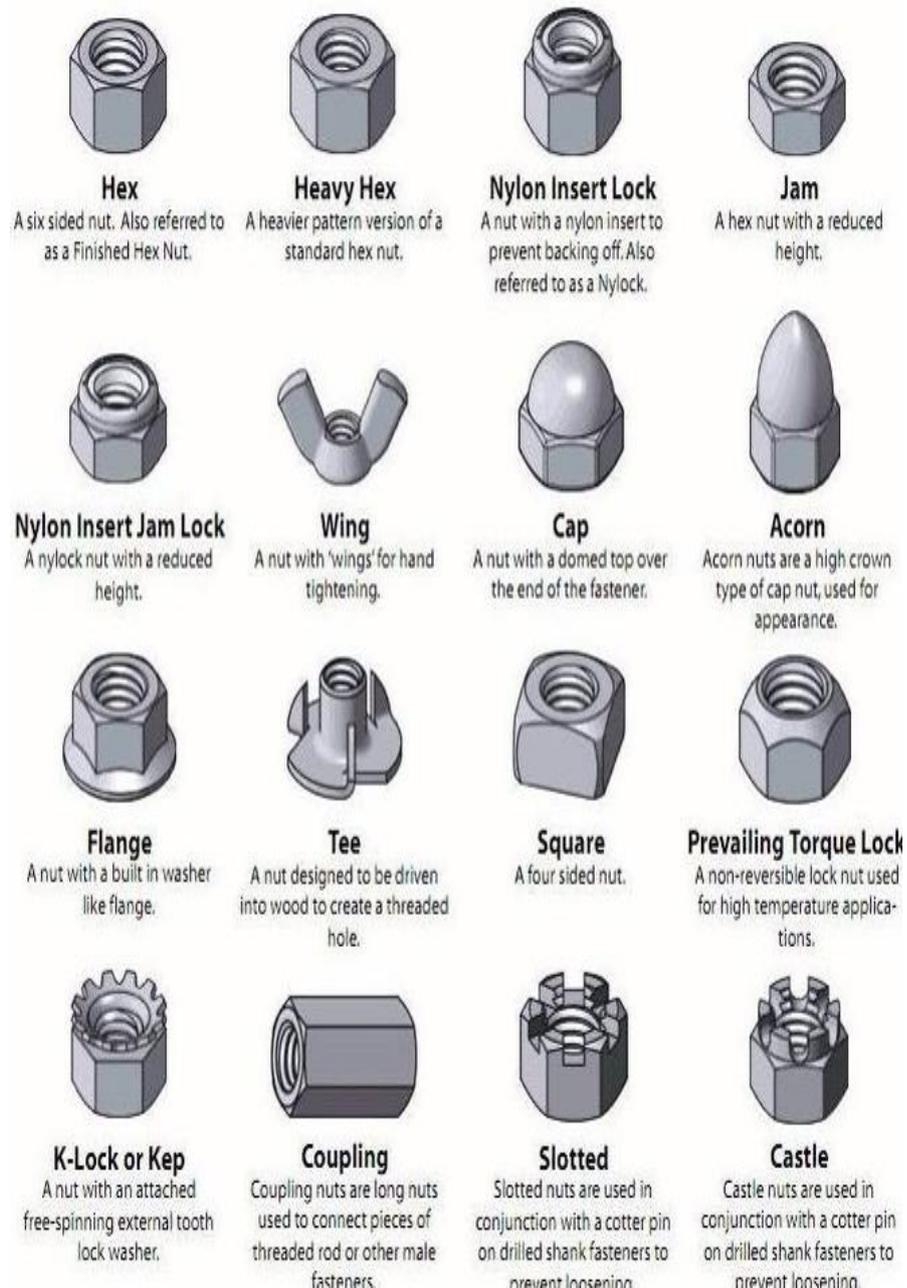
Skrup ini mempunyai diameter sampai 8 mm dan digunakan pada konstruksi yang menggunakan beban kecil, seperti pada gambar 2.35. Skrup Mesin dengan diameter berbeda dan jenis kepala yang berbeda pula.



Gambar 2.37 Macam-macam Bentuk Skrup Mesin

#### 4. 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 gambar 2.36.



Gambar 2.38 Macam-macam Bentuk Mur

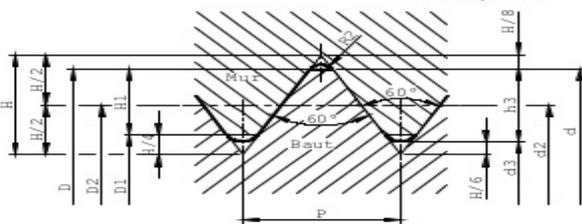
Tabel 2.2 Tabel Ulir ISO Metrik Normal

Diameter nominal d = D		Gang P	Diameter Tengah d2 = D2	Baut		Mur	
			Diameter terkecil d3	Luas tegangan tarik As <sup>1)</sup> (mm <sup>2</sup> )	Diameter terkecil D1	Diameter mata bor	
M 1		0,25	0,838	0,69	0,46	0,73	0,75
M 1,2		0,25	1,038	0,89	0,73	0,93	0,95
M 1,6		0,35	1,373	1,71	1,27	1,22	1,25
M 2		0,4	1,740	1,51	2,07	1,57	1,6
M 2,5		0,45	2,208	1,95	3,39	2,01	2
M 3		0,5	2,675	2,39	5,03	2,46	2,5
M 4		0,7	3,545	3,14	8,78	3,24	3,3
M 5		0,8	4,480	4,02	14,2	4,13	4,2
M 6		1	5,350	4,77	20,1	4,91	5
M 8		1,25	7,188	6,47	36,6	6,65	6,8
M 10		1,5	9,026	8,16	58,0	8,37	8,5
M 12		1,75	10,863	9,85	84,3	10,10	10,2
(M 14)		2	12,700	11,55	115	11,83	12
M 16		2	14,701	13,55	157	13,83	14
(M 18)		2,5	16,376	14,93	192	15,29	15,5
M 20		2,5	18,376	16,93	245	17,29	17,5
(M 22)		2,5	20,376	18,93	303	19,29	19,5
M 24		3	22,051	20,32	353	20,75	21
(M 27)		3	25,051	23,32	459	23,75	24
M 30		3,5	27,727	25,71	561	26,21	26,5
(M 33)		3,5	30,726	28,71	693	29,21	29,5
M 36		4	33,402	31,09	817	31,67	32
(M 39)		4	36,401	34,09	975	34,67	35
M 42		4,5	39,077	36,48	1120	37,13	37,5
(M 45)		4,5	42,077	39,48	1306	40,13	40,5
M 48		5	44,752	41,87	1470	42,59	43
(M 52)		5	48,752	45,87	1758	46,59	47
M 56		5,5	52,427	49,25	2030	50,04	50,5
(M 60)		5,5	56,427	53,25	2362	54,04	54,5
M 64		6	60,102	56,64	2676	57,50	58
(M 68)		6	64,102	60,64	3055	61,50	62

Ukuran-ukuran nominal dalam kurung ( ) adalah pilihan kedua sebaiknya dihindarkan.  
 Diameter mata bor = diameter nominal – gang.

$$\text{Luas tegangan tarik } A_s = \frac{\pi}{4} \left( \frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

Tabel 2.3 Tabel Ulir ISO Metrik Halus

		Tabel Ulir ISO Metrik Halus		
<b>ISO 261, 262</b>				
		D <sub>2</sub> , d <sub>2</sub> = Dia. tengah D <sub>2</sub> = d <sub>2</sub> = d - 0,64952 P D <sub>1</sub> = d - 1,08253 P d <sub>3</sub> = d - 1,22687 P H = 0,86603 P H <sub>1</sub> = 0,54127 P h <sub>3</sub> = 0,61343 P R <sub>1</sub> = 0,14434 P R <sub>2</sub> = 0,07217 P		
Penunjukkan dari ulir metrik halus ISO dengan nominal diameter d = 30 mm dan pitch p = 2 mm ; M 30 x 2.				
Diameter nominal d = D	Gang-gang			
	Pilihan	Pilihan lain		
M 4	0,5			
M 5	0,5			
M 6	0,75			
M 8	1			0,75
M 10	1,25		1	0,75
M 12	1,25		1,5	1
(M 14)	1,25		1,5	1
M 16	1,5		1,5	1
(M 18)		2	1,5	1
M 20	1,5	2	1	
(M 22)		2	1,5	1
M 24	2		1,5	1
(M 27)		2		1
M 30	2		1,5	1
(M 33)		2	1,5	
(M 35)	1,5			
M 36	3	2	1,5	
(M 39)			3	2
M 42	3	4	3	2
(M 45)		4	3	2
M 48	3	4	3	2
(M 52)		4	3	2
M 56	4		3	2
(M 60)		4	3	2
M 64	4		3	2
(M 68)		4	3	2
M 72	4	6	4	3
(M 76)		6	4	3
M 80	4	6	4	3
(M 85)		6	4	3
M 90	4	6	4	3
M 100	4	6	4	3

Gang P	Diameter tengah D <sub>2</sub> = d <sub>2</sub>	Baut diameter terkecil d <sub>1</sub>	Mur diameter terkecil D <sub>1</sub>
0,5	d - 0,325	d - 0,61	D - 0,54
0,75	d - 0,487	d - 0,92	D - 0,81
1	d - 0,649	d - 1,22	D - 1,08
1,25	d - 0,811	d - 1,53	D - 1,35
1,5	d - 0,974	d - 1,84	D - 1,62
2	d - 1,299	d - 2,45	D - 2,16
3	d - 1,948	d - 3,68	D - 3,24
4	d - 2,598	d - 4,90	D - 4,33
6	d - 3,897	d - 7,36	D - 6,29

Diameter nominal dalam kurung ( ) adalah pilihan kedua dan harus dihindarkan.  
 \*Hanya untuk busi mesin.  
 \*\* Hanya untuk mur pengunci bantalan.  
 \*\*\* Diameter pengepakan = Nominal Ø - gang.

Luas tegangan tarik  $A_s = \frac{\pi}{4} \left( \frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$

Diameter dalam ulir halus dalam baut pengikat :

$$d_l = \sqrt{\frac{4W}{\pi \sigma a}} \dots\dots\dots (2.2 \text{ Lit 5 Hal 37})$$

Keterangan :

- d<sub>l</sub> = Diameter dalam ulir halus
- W = Beban
- σ<sub>a</sub> = Tegangan geser

Jumlah ulir dalam baut pengikat :

$$Z \geq \frac{W}{\pi \cdot D_2 \cdot H_1 \cdot \tau_a} \dots\dots\dots (2.3 \text{ Lit 5 Hal 38})$$

Keterangan :

- Z = Jumlah Ulir  
 D2 = Diameter Luar  
 H1 = Tinggi  
 $\tau_a$  = Tegangan permukaan

Tegangan geser yang terjadi pada baut pengikat :

$$\tau_g = \frac{W}{\pi \cdot D_1 \cdot k \cdot p \cdot z} \dots\dots\dots (2.4 \text{ Lit 5 Hal 38})$$

Luas penampang baut :

$$A = 2 \frac{\pi}{4} d^2 \text{ (2.5 Lit 4 Hal 27)}$$

Keterangan :

- $\tau_g$  = Tegangan geser (N/mm<sup>2</sup>)  
 F = Gaya (N)  
 d = Diameter baut (mm)  
 A = Luas penampang baut (mm<sup>2</sup>)  
 $\pi$  = 3,14 atau  $\frac{22}{7}$

### 2.13 Rumus-rumus Yang Digunakan

#### 1. Rumus Torsi Mesin (T)

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \quad T = \frac{P}{\omega} \dots\dots\dots (2.6 \text{ Lit 6})$$

Keterangan :

- T = Torsi Mesin (Nm)  
 P = Daya Mesin Bor (watt)  
 n = Putaran Mesin (Rpm)  
 $\omega$  = Kecepatan Sudut (rad/s)

$$\Pi = 3,14 \text{ atau } 22/7$$

2. Rumus Gaya Potong Mesin (F<sub>tm</sub>)

$$F_{tm} = \frac{T}{r} \dots\dots\dots(2.7 \text{ Lit 5 Hal 16})$$

Keterangan :

F<sub>tm</sub> = Gaya Mesin Potong ( N )

T = Torsi Mesin (Nm)

r = Jari-jari Pahat (mm)

3. Rumus Sudut Kemiringan Ulir (a)

$$a = \text{arc tan} \left( \frac{\text{kisar}}{\pi \cdot d} \right) \dots\dots\dots(2.8 \text{ Lit 8 Hal 54})$$

4. Rumus Sudut Akibat Gesekan (θ)

$$\theta = \text{arc tan } \mu \dots\dots\dots(2.9 \text{ Lit 8 Hal 37})$$

5. Rumus Gaya Dorong Klem Baut (F<sub>s</sub>)

$$F_s = \frac{F_h \cdot L}{r \cdot \tan(a+\theta)} \dots\dots\dots(2.10 \text{ Lit 7 Hal 37})$$

Keterangan :

F<sub>h</sub> = Gaya putar tangan operator (N)

F<sub>s</sub> = Gaya dorong klem baut (N)

a = Sudut kemiringan ulir

μ = Koefisien gesek ulir antar baut dan mur

θ = Sudut gesek ulir

r = Radius rata-rata ulir baut

6. Rumus Volume ( V )

$$V_{\text{balok}} = P \times L \times T \dots\dots\dots(2.11 \text{ Lit 8 Hal 85})$$

$$V_{\text{silinder}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times T \dots\dots\dots(2.12 \text{ Lit 8 Hal 86})$$

Keterangan :

V = Volume Material (m<sup>3</sup>)

P = Panjang Material (m)

- L = Lebar Material (m)  
 T = Tinggi Material (m)  
 D = Diameter Material (m)

7. Rumus Harga Material

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

Keterangan :

- TH = Total Harga Per Material (Rupiah)  
 HS = Harga Satuan Per Kg  
 W = Massa Material (Kg)

8. Rumus Biaya Listrik

$$B = T_m \times B_l \times P \dots\dots\dots(2.14 \text{ Lit 8 Hal 44})$$

Keterangan :

- B = Biaya Listrik (Rupiah)  
 T<sub>m</sub> = Waktu Permesinan (Jam)  
 B<sub>l</sub> = Biaya Pemakaian Listrik = Rp. 1.467,28,-/ KWH (sumber: pln.co.id)  
 P = Daya Mesin (Kw)

9. Rumus Biaya Operator

$$BO = S \times T \dots\dots\dots(2.15 \text{ Lit 8 Hal 45})$$

$$S = \frac{UMP}{JK} \dots\dots\dots(2.16 \text{ Lit 8 Hal 45})$$

Keterangan :

- BO = Biaya Operator  
 S = Upah/Jam  
 T = Total Pengerjaan (jam)  
 UMP = Upah Minimum Provinsi Sumatera Selatan Rp 3.043.111  
 (Sumber : Tribun Sumsel)  
 JK = Jam Kerja dalam Sebulan

## 10. Rumus Biaya Sewa Mesin

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

Keterangan :

BM = Harga Sewa Mesin (Rupiah)

T<sub>m</sub> = Waktu Permesinan (Jam)

B = Harga Sewa Mesin / Jam (Rupiah)

## 11. Rumus Biaya Tak Terduga.....(2.18 Lit 8 Hal 89)

Biaya tak terduga dikenakan sebesar 15% dari biaya material dan sewa mesin.

$$= 15 \% (\text{Biaya Material} + \text{Biaya Sewa Mesin})$$

## 12. Rumus Total Biaya Produksi.....(2.19 Lit 8 Hal 89)

Biaya Produksi dari perencanaan ini meliputi biaya material, biaya listrik, biaya sewa mesin, dan biaya operator.

## 13. Rumus Keuntungan

Keuntungan dihitung sebesar 25% dari biaya produksi alat.

$$= 25\% \times \text{Biaya Produksi} \dots\dots\dots(2.20 \text{ Lit 8 Hal 89})$$

## 14. Rumus Harga Jual

Rumus harga jual dari alat ini adalah akumulasi dari biaya produksi, biaya tak terduga (Perencanaan) dan Keuntungan.

