

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh prosentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu baja. Perbedaan prosentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja.

Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Amanto, 1999)

2. Baja karbon menengah

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3%C – 0,6%C (*medium carbon steel*) dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah (Amanto, 1999).

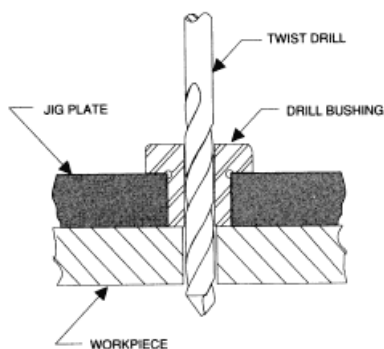
3. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mengandung 0,6%C – 1,5%C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, hampir tidak dapat diketahui jarak

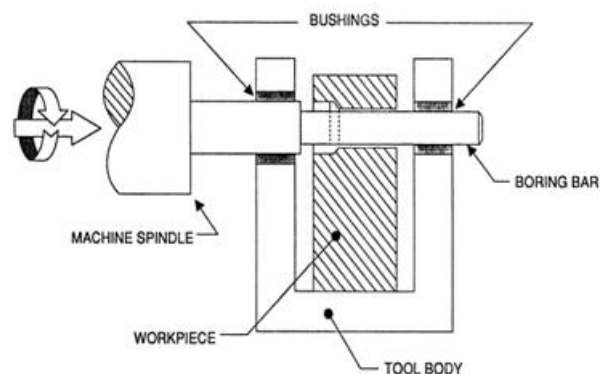
tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya martensit sehingga membuat baja menjadi getas.

2.2 Pengertian *Jig*

Jig adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengarahkan sebuah atau lebih alat potong pada posisi yang sesuai dengan proses pengerjaan suatu produk. 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 memprogram dan menyimpan pekerjaan di dalam memori.



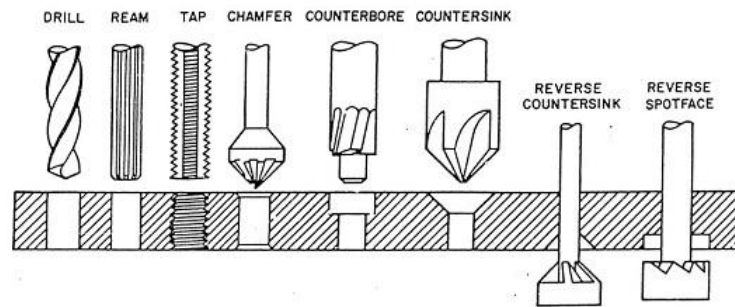
Gambar 1. *Drilling Jig*



Gambar 2. *Boring Jig*

Umumnya dalam mesin produksi *jig* digunakan untuk *boring* dan *drill*. *Boring jig* digunakan untuk perluasan lubang ukuran yang relatif besar sedangkan *drill jig* digunakan untuk mengebor, mereamer, *chamfer*, *counter bor*, *countersink* dan sebagainya. Penggunaan *jig* hampir sama untuk semua operasi mesin tapi perbedaannya hanya dalam ukuran *bushing* yang digunakan.

Dalam proses *drilling* dan *boring* biasanya dilengkapi dengan *bushing* baja keras untuk mengarahkan mata bor atau alat potong lainnya. *Boring jig* biasanya memiliki *ring* yang lebih besar dari *drilling* guna alur pelumasan. Contoh aplikasi industri dapat dilihat pada bor lubang paku keling yang terletak tepat di sayap pesawat terbang, yang mengikuti kontur permukaan pesawat terbang.



Gambar 3. Jenis-jenis Penggunaan Drill Jig

2.3 Klasifikasi Jig

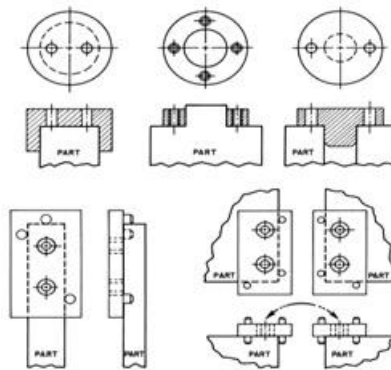
Drill jig dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu *jig* terbuka dan *jig* tertutup. *Jig* terbuka adalah untuk operasi sederhana di mana pekerjaan dilakukan hanya pada satu sisi atau kadang-kadang dua sisi benda kerja. *Jig* terbuka paling umum adalah *template jig*, *jig* piring, *jig* meja, *jig sandwich*,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

1. Jig Templat (*Template jig*)

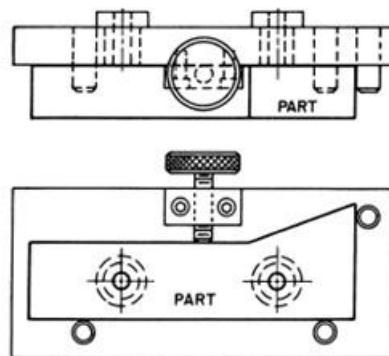
Jig templat biasanya digunakan untuk pekerjaan yang memerlukan keakuratan daripada kecepatan dan biasanya tidak dicekam.



Gambar 4. *Template Jig*

2. Jig Plat (*Plate Jig*)

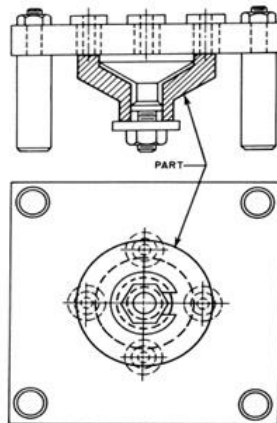
Plat jig mirip dengan template. Satu-satunya perbedaan adalah bahwa jig pelat memiliki klem untuk memegang benda kerja. Jig ini juga dibuat dengan atau tanpa *bushing*, tergantung pada jumlah bagian-bagian yang akan dibuat.



Gambar 5. *Plate Jig*

3. Jig Meja (*Table Jig*)

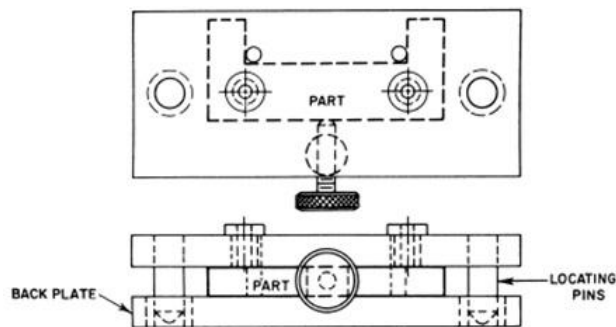
Jig Pelat yang dibuat dengan kaki untuk menaikkan jig dari meja kerja. Model ini disebut jig meja.



Gambar 6. Table Jig

4. Jig Sandwich (*Sandwich Jig*)

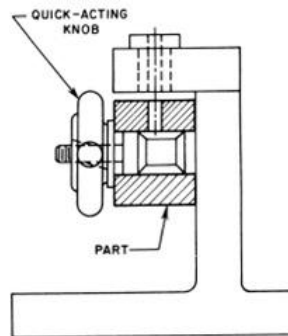
Jig Sandwich adalah bentuk jig plate dengan pelat belakang. jig jenis ini sangat ideal untuk bagian tipis atau lunak yang dapat bengkok. Di sini sekali lagi, penggunaan Bushings ditentukan oleh jumlah bagian yang akan dibuat.



Gambar 7. Sandwich Jig

5. Jig Plate Sudut (*Angle-plate Jig*)

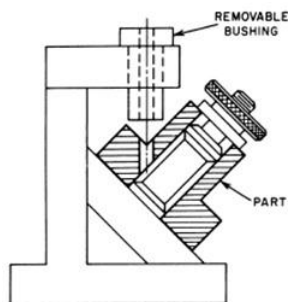
Jig Plate Sudut digunakan untuk memposisikan dan menahan benda yang sumbunya tegak lurus dengan alat potong seperti pengerjaan pulley, collar, dan roda gigi maupun lainnya.



Gambar 8. Angle-plate Jig

5. Jig Plate Sudut Yang Dapat Diubah (*Modified angle-plate jig*)

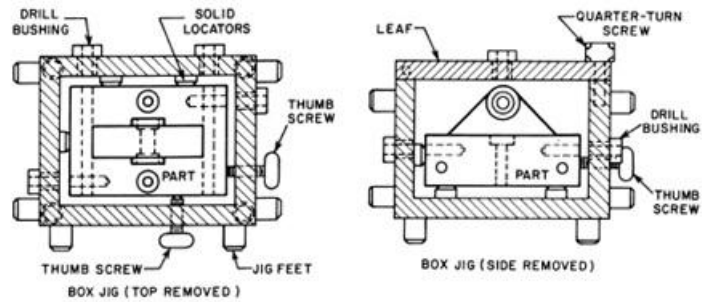
Jig digunakan untuk untuk proses permesinan selain sudut 90 derajat. Kedua contoh memiliki masalah dengan alat potongnya. Mata bor keluar masuk ke benda kerja dengan mudahnya karena adanya bushing yang dapat diubah-ubah. Hal ini dapat dilihat pada Gambar, dimana sebuah lubang miring memerlukan *clearance* (kelonggaran) tambahan ke bagian yang bebas.



Gambar 9. Modified angle-plate jig

7. Jig Kotak (*Box Jig*)

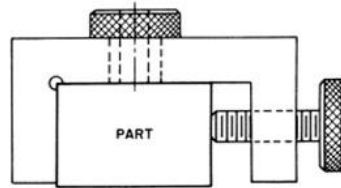
Jig Kotak biasanya benar-benar mengelilingi bagian benda kerja. Model jig ini memungkinkan pengerjaan pada bagian-bagian permukaan benda tanpa perlu mereposisi benda kerjanya.



Gambar 10. Box Jig

8. Jig Channel (*Channel Jig*)

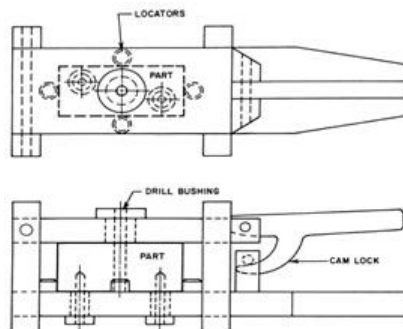
Jig Channel adalah bentuk paling sederhana dari jig kotak. Benda Kerja di cekam antara dua sisi dan dikencangkan dari sisi ketiga. Dalam beberapa kasus, di mana kaki jig digunakan, Benda kerja dapat di proses mesin pada tiga sisi.



Gambar 11. Jig Channel

9. Jig Daun (*Leaf Jig*)

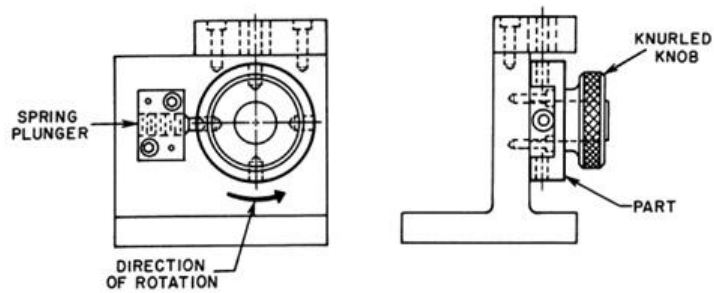
Jig Daun adalah jig kotak kecil dengan berengsel daun untuk memudahkan bongkar pasang benda kerja. Perbedaan utama antara jig daun dan jig kotak adalah ukuran dan lokasi bagian. Jig Daun biasanya lebih kecil dari jig kotak dan kadang-kadang dibuat tidak sepenuhnya mengelilingi bagian benda kerja. Jig ini biasanya dilengkapi dengan pegangan untuk lebih memudahkan gerakan pelepasan.



Gambar 12. Leaf Jig

10. Jig Pengindekan (*Indexing Jig*)

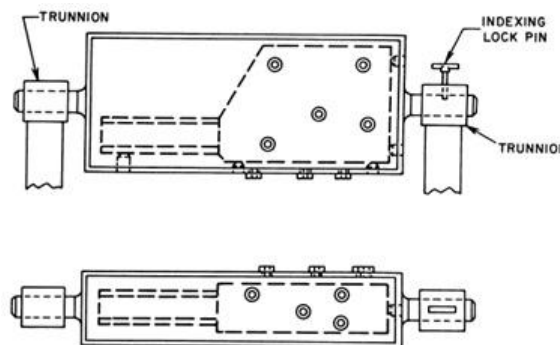
Jig Pengindekan digunakan untuk lubang yang akurat atau area ruang permesinan lain di sekitar bagian. Untuk melakukan hal ini, jig menggunakan baik pelat dan sebuah pemutar. Jig pengindekan disebut juga jig rotary.



Gambar 13. *Indexing Jig*

11. Jig Trunnion

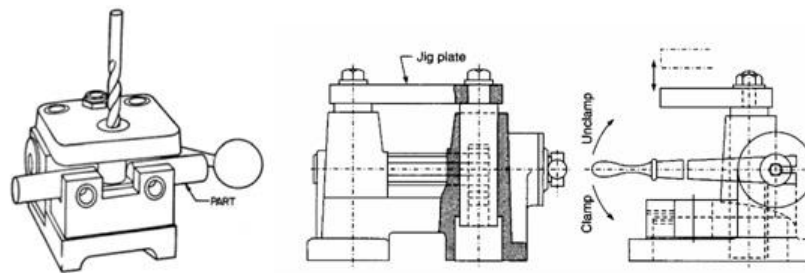
Jig Trunnion adalah bentuk jig rotary untuk bagian yang sangat besar atau berbentuk aneh. Benda kerja ini pertama dimasukkan ke dalam kotak pembawa dan kemudian diletakkan pada trunnion. Jig ini cocok untuk pekerjaan yang besar, dan berat yang harus di proses mesin dengan beberapa macam jig plat yang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



Gambar 14. *Jig Trunnion*

12. Jig Pompa (*Pump Jig*)

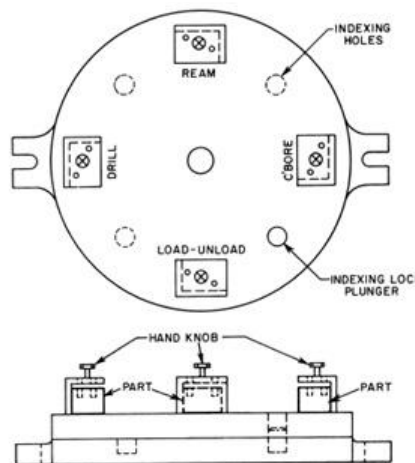
Jig Pompa secara komersial dibuat dan disesuaikan dengan kebutuhan, mudah digunakan dan pergerakan plate diatur oleh pompa.



Gambar 15. Pump Jig

13. Jig Multistation (*Multistation Jig*)

Jig Multistation dibuat merupakan kombinasi dari bentuk yang telah dibahas. Fitur utama dari jig ini adalah bagaimana menempatkan benda kerja. Jig merupakan kombinasi dari jenis Jig yang ada dan merupakan gabungan dari banyak proses permesinan.

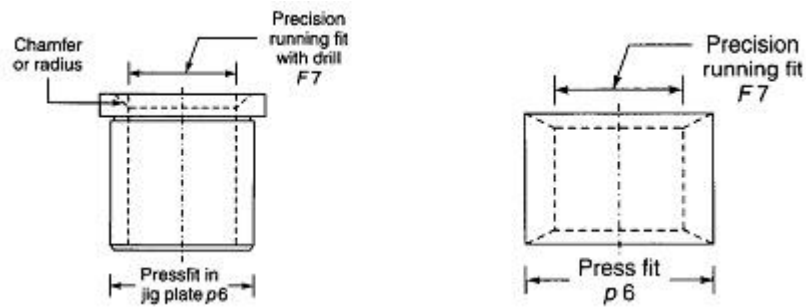


Gambar 16. Multistation Jig

14. Jig Bushes (*Bushing Jig*)

Bushing adalah salah satu komponen penting dalam permesinan yang berfungsi untuk mengurangi gesekan atau keausan dan sekali gus menjaga dan mendukung gerak benda putar supaya tetap pada sumbunya. Karena hal tersebut 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

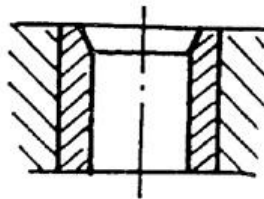
fungsinnya maka proses pengerjaan bushing ini harus presisi dengan tingkat keakuratan, bagian dalam Running Fit dan bagian luar Push/Press fit sesuai dengan kebutuhan. Adapun jenis-jenis bushing yang sering digunakan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 17. Suaian *Bushing*

1. *Headless Bush*

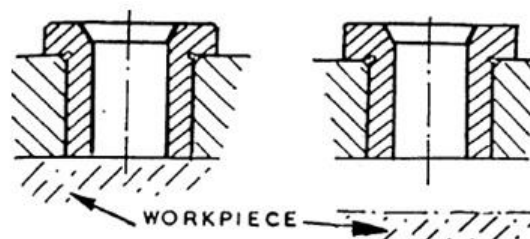
Headless Bush yang paling populer, mahal dan beban aksial ringan. Bushingtekan *Headless Bush* cocok digunakan dimana mudah diganti, dimana operasinya adalah tunggal seperti pengeboran atau reaming.



Gambar 18. *Headless Bush*

2. *Headed Drill Bush*

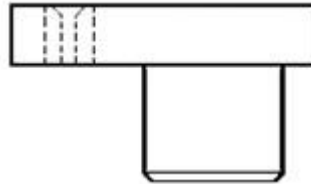
Bushing ini pada dasarnya adalah sama dengan *headless bushing*, tetapi *bushing* ini memakai kepala.



Gambar 19. *Headed Drill Bush*

3. Screw Lock Penepatan Jig

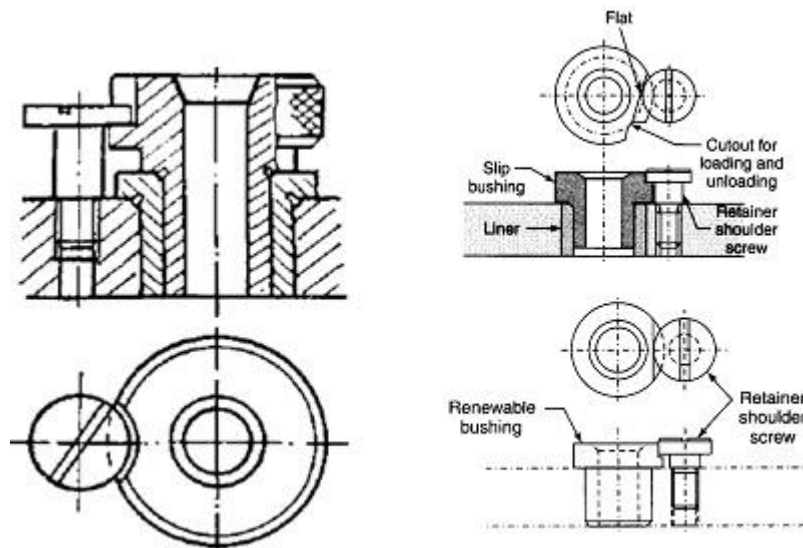
Jig ini dirancang untuk menempatkan posisi kunci ulir secara akurat dan cepat. Pemegang (*spigot*) yang cocok dengan diameter bagian dalam untuk penepatan.



Gambar 20. Screw Lock Penepatan Jig

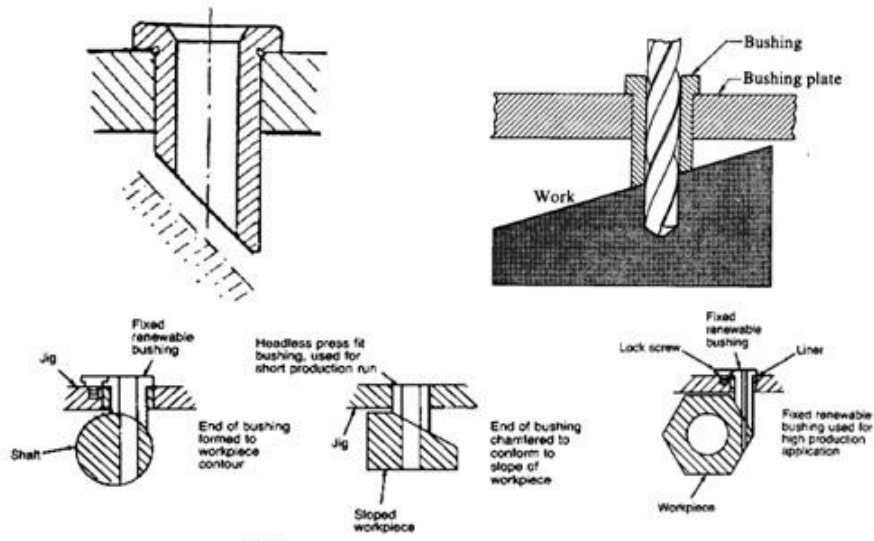
4. Bushing Slip Yang Dapat Diganti (*Slip Renewable Bush*)

Bushing ini digunakan di mana lebih dari satu operasi ini yang dilakukan dalam lubang yang sama pada benda kerja, seperti pengeboran, dan kemudian reaming atau counter bor. *Bushing* diposisikan dan dikunci dengan baut pengunci. Baut pengunci digunakan dengan sistem tetap atau slip yang dapat diganti yang berguna untuk memastikan bahwa *Bushing* tidak bergerak selama operasi permesinan.



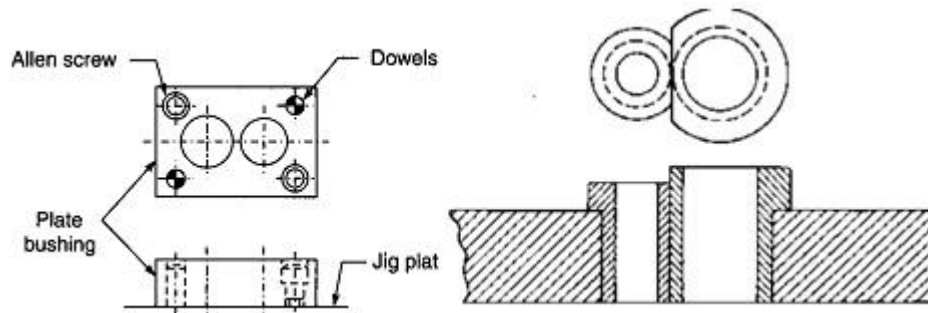
Gambar 21. *Slip Renewable Bush*

5. Bushing untuk Permukaan Miring (*Extended Bushing*)



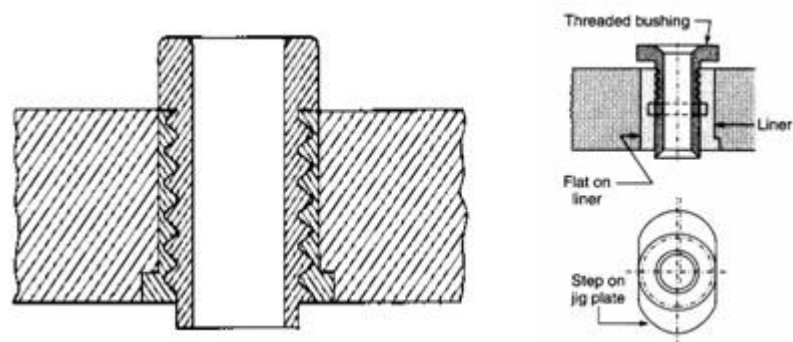
Gambar 22. *Extended Bushing*

6. Bushing untuk 2 Lubang berdekatan



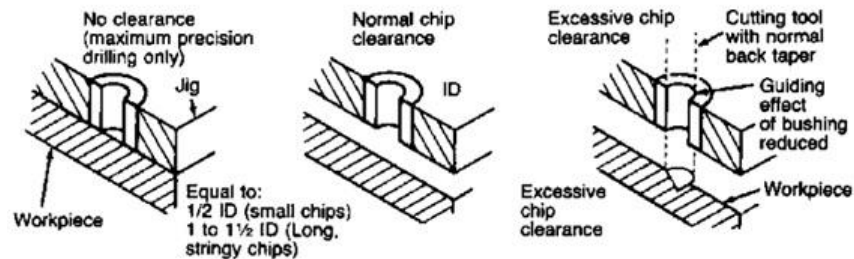
Gambar 23. Dua bushing dalam satu plat

7. Bushing berulir (*Threaded Bushing*)



Gambar 24. *Threaded Bushing*

Pemasangan bushing di atas benda kerja harus diberi jarak guna pelepasan chip yang besarnya disesuaikan dengan ukuran chip yang terjadi yaitu : $0,5 \theta$ lubang untuk chip kecil dan $(1 - 1,5) \theta$ lubang untuk chip panjang.

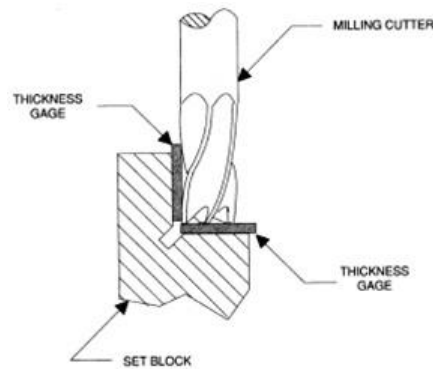


Gambar 25. Jarak antara benda kerja dan Bushing

2.4 Pengertian *Fixture*

Fixture adalah suatu alat bantu yang berfungsi untuk mengarahkan dan mencekam benda kerja dengan posisi yang tepat dan kuat. Alat ini banyak digunakan pada proses pengerjaan *milling*, *boring* dan biasanya terpasang pada meja mesin seperti ragum pada mesin *milling*, pencekam pada mesin bubut, pencekam pada mesin gergaji, dan pencekam pada mesin gerinda. *Fixture* adalah elemen penting dari proses produksi massal seperti yang diperlukan dalam sebagian besar manufaktur otomatis untuk inspeksi dan operasi perakitan dengan tujuan menempatkan benda kerja ke posisi yang tepat yang diberikan oleh alat potong atau alat pengukur, atau terhadap komponen lain, seperti misalnya dalam perakitan atau pengelasan. Penempatan tersebut harus tepat dalam arti bahwa alat bantu ini harus mencekam dan memosisikan benda kerja di lokasi untuk dilakukan proses permesinan. Ada banyak standar cekam seperti rahang cekam, ragum mesin, *chuck bor*, *collets*, yang banyak digunakan dalam bengkel dan biasanya disimpan di gudang untuk aplikasi umum.

Block set dan alat peraba (*feeler*), pengukur ketebalan (*thickness gauges*) digunakan dengan *fixture* untuk mengukur jarak dari cutter ke benda kerja. Meskipun sebagian besar digunakan pada mesin *milling*, *fixtures* yang juga dirancang untuk berbagai operasi permesinan dari alat yang relatif sederhana sampai dengan bentuk yang lebih kompleks.



Gambar 26. Block Set sebagai Gauge Fixture

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 Lokator, Klem dan Rangka/Block sebagai suport 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 pecekam pada mesin bubut yang juga disebut chuck atau jari-jari pencekam. Jadi menurut jenis pekerjaan, Fixture (alat penepat) dapat dan banyak digunakan pada berbagai jenis operasi produksi yaitu :

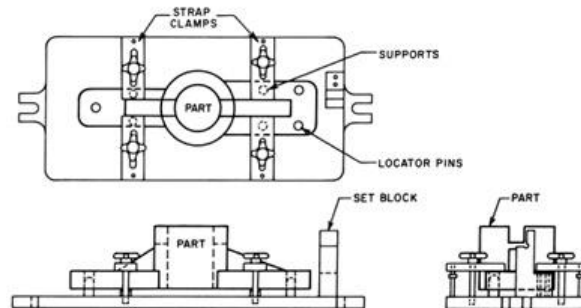
<i>Assembling</i>	<i>Lapping</i>	(Memuku-mukul)	<i>Honing</i>	(Mengasah)
<i>Boring</i>	<i>Milling</i>	<i>Forming</i>	<i>Shaping</i>	<i>Welding</i>
<i>Broaching</i>	<i>Plaining</i>	<i>Stamping</i>	<i>Tapping</i>	<i>Testing</i>
<i>Drilling</i>	<i>Sawing</i>	<i>Turning</i>	<i>Milling</i>	<i>Inspecting</i>

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

1. **Fixture Pelat (*Plat Fixture*)**

Alat Bantu ini adalah bentuk sederhana dari fixture. Fixture dasar dibuat dari pelat datar yang memiliki berbagai klem dan penepat untuk memegang dan

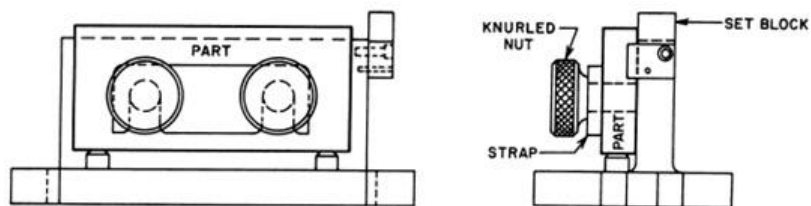
memposisikan benda kerja. Fixture yang sederhana ini berguna untuk pengoperasian mesin yang sederhana.



Gambar 27. Plat Fixture

2. Fixture Sudut-Pelat (*Angle-Plate Fixture*)

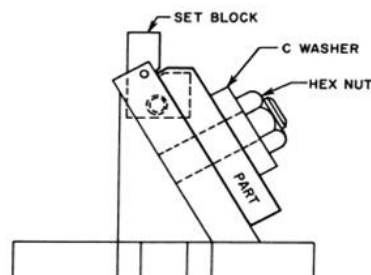
Fixture Sudut-Pelat mempunyai variasi dari piringan fixture. Dengan alat ini, benda kerja di cekam dengan posisi sudut yang normal.



Gambar 28. Angle-Plate Fixture

3. Fixture Dapat Diubah Sudut (*Modified angle-plate fixture*)

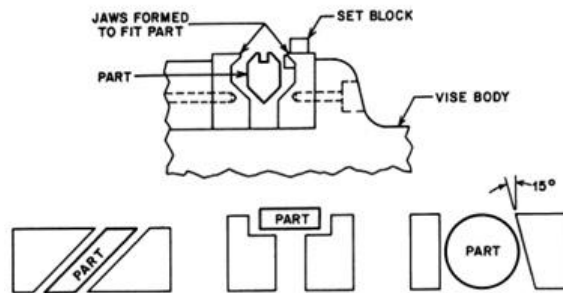
Sementara sebagian besar sudut-piringan fixture dibuat dengan sudut 90° ada kalanya diperlukan sudut yang lain. Dalam kasus ini, sudut piringan pengecam yang sudutnya dapat diatur sesuai kebutuhan dapat menggunakan Fixture tipe ini.



Gambar 29. Modified angle-plate fixture

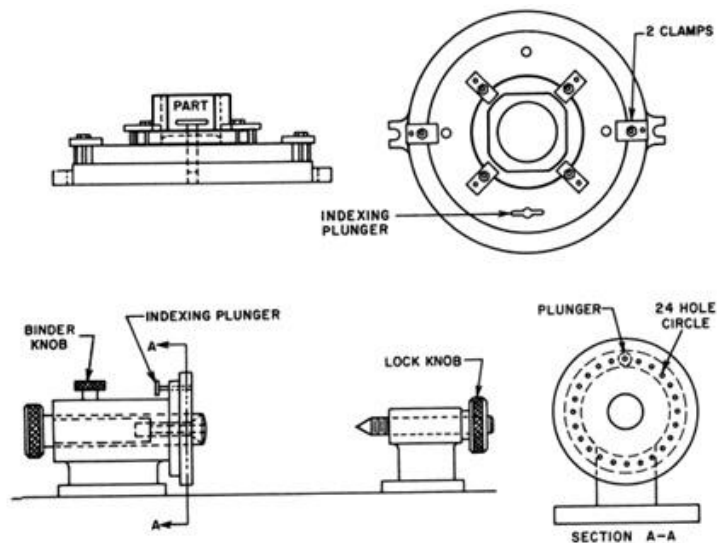
4. Fixture Vise-rahang (*Vise-jaw Fixture*)

Fixture Vise-rahang digunakan untuk pemesinan dengan komponen kecil. Jenis alat ini, rahang ragum dapat diganti dengan rahang yang dibentuk sesuai benda kerja. Fixture Vise-rahang adalah tipe paling murah dan penggunaannya hanya dibatasi oleh ukuran dari vises yang tersedia.



Gambar 30. *Vise-jaw Fixture*

5. Fixture Index (*Indexing Fixture*)



Gambar 31. *Indexing Fixture*



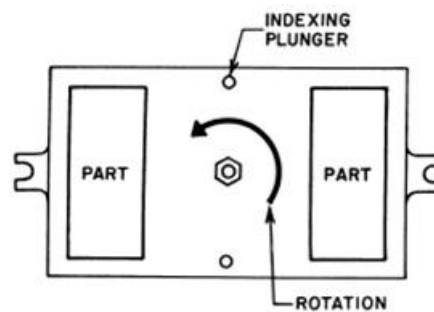
Gambar 32. Benda Kerja Yang Dikerjakan Dengan Fixture Index

6. Fixture Multistation

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

a. Fixture Duplex

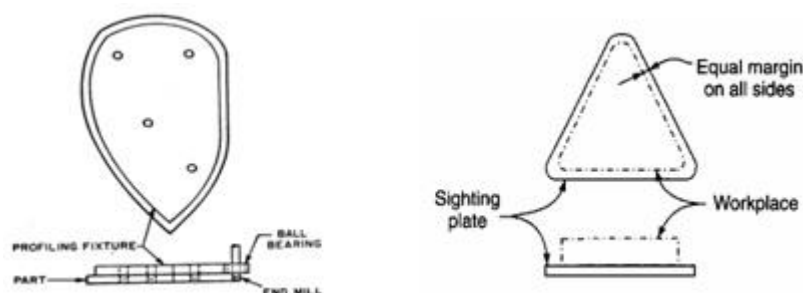
Fixture Duplex adalah bentuk sederhana dari fixture multistation, dengan hanya menggunakan dua stasiun. Bentuk ini memungkinkan operasi pemasangan dan pembongkaran yang akan dilakukan lebih mudah. Misalnya, setelah operasi mesin selesai pada stasiun 1, alat ini berputar dan siklus diulang di stasiun 2. Pada saat yang sama, bagian yang dibongkar di stasiun 1 dan bagian lain segera diletakkan benda kerja baru.



Gambar 33. Fixture Duplex

b. Fixture Profil

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



Gambar 34. Fixture Profil

Sekarang ini proses manufaktur telah mengalami kemajuan yang besar. dengan peralatan modern, proses manufaktur pada industri saat ini telah dapat

membuat bagian-bagian mesin lebih cepat dan akurat dari sebelumnya. Meskipun untuk memegang benda kerja memakai metode kerja yang sudah cukup maju, namun prinsip dasar pengekamannya masih sama seperti sebelumnya.

Sistem produksi massal memerlukan metode penempatan benda kerja yang cepat dan mudah dalam pengoperasian yang memerlukan keakuratan yang tinggi. *Jig* dan *fixtures* adalah alat bantu yang digunakan untuk pembuatan duplikat dan akurat dimana bagian-bagiannya dapat saling dipertukarkan dalam proses manufaktur. Penggunaan *jig* atau *fixture* membuat operasi menjadi sederhana dan dapat menghemat waktu produksi. *Jig* dan *fixture* yang berukuran besar digunakan pada perakitan rangka pesawat terbang, dan yang sangat kecil digunakan dalam pembuat jam tangan. Penggunaan dari keduanya dibatasi hanya sesuai dengan apa yang dikerjakan dan dihayalkan oleh desainer.

Jig dan *Fixture* harus dibuat secara akurat dari bahan yang harus mampu menahan gaya geser dan gaya potong selama proses pengerjaan. Dalam penggunaannya *Jig* dan *Fixture* harus bersih, tidak rusak, bebas dari chip dan benda kerja tidak boleh dipaksa masuk ke dalamnya dan juga harus disimpan dengan baik dan diberi kode penomeran. Alat ini dilengkapi dengan bagian tambahan untuk mengarahkan, pengaturan, dan mendukung alat potong sedemikian rupa sehingga semua benda kerja yang dihasilkan mempunyai bentuk dan ukuran sama. Tenaga kerja tidak terampilpun akan bekerja dengan baik apabila menggunakan *jig* dan *fixture* dalam pekerjaan produksi dan ini berarti akan berpengaruh terhadap peningkatan efektifitas produksi.

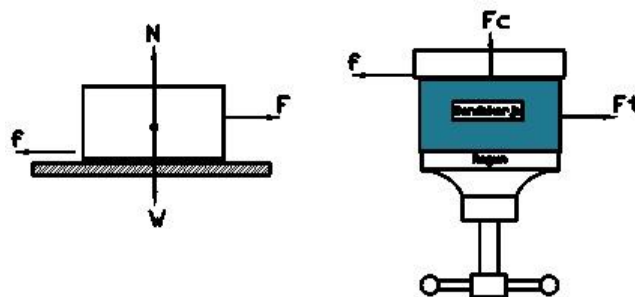
Kedua alat ini biasanya bekerja secara bersamaan sehingga sering disebut *Jig & Fixture* yang dapat digunakan untuk :

1. Menempatkan benda kerja pada posisi yang sesuai dengan kebutuhan
2. Mencekam dan mendukung benda kerja supaya tetap pada posisinya
3. Mempermudah penyetingan benda kerja pada saat awal pengerjaan
4. Mendapatkan kualitas/bentuk dan ukuran produk yang seragam
5. Menyederhanakan proses penyetingan dan pengerjaan benda kerja sehingga waktu produksi lebih efisien.

2.6 Jig dan Fixture sebagai Pencekam

Mencekam benda kerja supaya tidak berubah posisi dan mendukung benda kerja supaya tidak lepas dari tempatnya pada saat benda tersebut disentuh oleh Tool/alat potong ketika poses pengerjaan sedang berlangsung. Dalam hal ini ada tiga elemen yang saling berhubungan yaitu benda kerja, Jig dan Fixture dan Alat potong (Tool).

Mencekam, berarti ada dua benda bersentuhan/bergesekan yang satu memberi gaya aksi dan benda lainnya menimbulkan Gaya reaksi sehingga berlaku Hukum Newton II dan III yang dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 35. Gaya Reaksi

Hukum Newton II $\sum F = m \cdot a$ (N)

$F - f = m \cdot a$ bila $a = 0$ benda diam

$F = \mu \cdot N$ dimana $N = W = m \cdot g$

Aplikasi pada ragum $F_t - f = 0$ supaya benda kerja tidak bergerak $F_t \leq f = \mu \cdot F_c$. Jadi supaya benda kerja tidak bergerak diperlukan gaya klem atau jepit (F_c) yang besarnya :

$$F_c = \frac{F_t}{\mu}$$

Keterangan :

F_c : Gaya klem (N)

F_t : Gaya tool mendorong/memotong benda kerja (N)

μ : Koefisien statik antara ragum dan benda kerja, nilainya tergantung pada material dan tingkat kehalusan permukaan benda sentuh

Besarnya gaya yang ditimbulkan klem tergantung pada jenis klem yang digunakan. Untuk pekerjaan sederhana banyak menggunakan klem Srew (Baut-Mur), mudah didapat dan dibuat tetapi proses penjepitannya relatif lebih lama dari jenis klem cam dan lainnya.

2.7 Pengelasan

Elektroda baja lunak dan paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (*American Welding Society*) dinyatakan dengan tanda Exxxx, yang artinya sebagai berikut:

1. E menyatakan Elektroda.
2. Xx (dua angka) sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuanlb/in².
3. X (angka ketiga) menyatakan posisi pengelasan; angka 1 menunjukkan untuk pengelasan segala posisi sedangkan angka 2 untuk pengelasan posisi datar dan bawah tangan.
4. X (angka keempat) menyatakan jenis selaput dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan pipa.

Penilaian elektroda dengan sifat logam yang dilas biasanya tidaklah begitu penting disbanding kecepatan, pertimbangan operator, dan penampilan sambungan yang diselesaikan. Sifat-sifat elektroda berbeda-beda dengan jelas, tetapi Tabel 1. menyajikan sifat minimum untuk beberapa kelas elektroda.

Tabel 1. Sifat minimum logam las

Nomor Elektroda AWS	Kekuatan Tarik kpsi	Kekuatan Mengalah kpsi	Persentase Pemanjangan
E60xx	62	50	17-25
E70xx	70	57	22
E80xx	80	67	19
E90xx	90	77	14-17
E100xx	100	87	13-16
E120xx	120	107	14

Sumber : Lit 6, Hal 444

Tabel 2. Besar arus (ampere) dan diameter elektroda (mm)

Diameter elektroda dalam mm	Tipe elektroda dan besarnya arus dalam ampere					
	E 6010	E 6014	E 7018	E 7024	E 7027	E 7028
2,5		80-125	70-100	100-145		
3,2	80-120	110-160	115-165	140-190	125-185	140-190
4	120-160	150-210	150-210	180-260	180-240	180-250
5	160-200	200-275	200-275	230-305	210-300	230-305
5,5		260-340	260-340	275-285	250-350	275-365
6,3		330-415	315-400	335-430	300-420	335-430
8		390-500	375-470			

Sumber : <http://indonesia-mekanikal.blogspot.com/2008/06/teknik-pengelasan-welding-bag-2.html>

2.8 Dasar-dasar Proses Permesinan

Proses permesinan diawali dengan persiapan material, mesin dan alat bantu. Alat bantu tersebut meliputi alat potong dan alat ukur. Sedangkan proses permesinan pada masing-masing bagian dilihat pada diagram urutan proses pembuatan.

2.8.1 Mesin Frais (*Milling Machine*)

Proses pemesian frais (milling) adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak yang mengitari pisau ini bisa menghasilkan proses pemesian lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Permukaan benda kerja bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk. Mesin yang digunakan untuk memegang benda kerja, memutar pisau, dan penyayatannya disebut Mesin Frais (*Milling Machine*).

2.8.2 Mesin Bubut (*Turning Machine*)

Mesin bubut (*turning machine*) adalah sebuah mesin untuk membuat benda berbentuk silinder, tetapi kenyataan bisa juga untuk bentuk yang lain dengan menggunakan mekanisme yang lain yang digunakan untuk mengoperasikan mesin

yang lain sebagai tambahan pada fungsi dasarnya. Benda kerja biasanya berputar kearah operator, dapat dipasang diantaranya dua senter yang masuk pada lubang-lubang yang dibor tirus pada salah satu ujungnya, atau dapat juga dicekam atau dibautkan pada sebuah pelat penyetel. Perkakas potong dipasang pada puncak eretan, dapat digerakkan sepanjang mesin dan kedua pergerakan ini adalah fungsi dasarnya untuk pembuatan selinder yang benar. Pergerakan memanjang dari perkakas sepanjang peluncuran menghasilkan suatu permukaan yang bundar dan pergerakan untuk menghasilkan permukaan yang rata.

2.8.3 Mesin Bor (*Drilling Machine*)

Mesin bor adalah suatu mesin yang berguna untuk melubangi benda kerja dengan cara menyayat, dengan gerakan utama berputar. Mesin bor digunakan untuk melubangi material yang digunakan untuk menempatkan bagian-bagian komponen agar mudah untuk dibongkar dan disesuaikan tingginya.

2.9 Rumus-rumus yang Terkait pada Perencanaan Alat Penepat

1. Rumus Putaran Mesin

$$n = \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot d} \dots\dots\dots(\text{Lit 7, Hal 108})$$

Keterangan :

n = Putaran Mesin (rpm)

Vc = Kecepatan Potong (m/menit)

d = Diameter (mm)

2. Rumus Torsi

$$T = 9554 \frac{P}{n} \dots\dots\dots(\text{Lit 1, Hal 56})$$

Keterangan :

T = Torsi Mesin (Nm)

P = Daya Mesin (kW)

n = Putaran Mesin (rpm)

3. Rumus Gaya Potong

$$F_{tm} = \frac{T}{r} \dots\dots\dots(\text{Lit 1, Hal 56})$$

Keterangan :

F_{tm} = Gaya Potong Mesin (N)

T = Torsi Mesin (Nm)

r = Jari-jari Mata Bor (m)

4. Rumus Gaya Klem

$$F_s = \frac{F_h \cdot L}{r \cdot \tan(\alpha + \theta)} \dots\dots\dots(\text{Lit 1, Hal 54})$$

Keterangan :

F_s = Gaya Dorong Klem Baut (N)

F_h = Gaya Putar Tangan Operator (N)

r = Radius Rata-rata Ulir Baut (m)

$\alpha = \text{arc tan} \left(\frac{\text{kisar}}{\pi \cdot d} \right)$ Sudut Kemiringan Ulir

$\theta = \text{arc tan} (\mu)$ Sudut Gesek Ulir

μ = Koefisien Gesek Ulir antara Baut-Mur

5. Rumus Tegangan Geser Maksimum

$$\tau_{gmax} = \frac{\mu}{(\mu + 1)} \sigma_m \dots\dots\dots(\text{Lit 1, Hal 83})$$

Keterangan :

τ_{gmax} = Tegangan Geser Maksimum (N/mm²)

μ = Angka Poison (3-4 untuk logam)

σ_m = Tegangan Bahan (N/mm²)

6. Rumus Tegangan Geser Izin

$$\tau_{gi} = \tau_{gmax}/v \dots\dots\dots(\text{Lit 1, Hal 87})$$

Keterangan :

$$\tau_{gi} = \text{Tegangan Geser Izin (N/mm}^2\text{)}$$

$$\tau_{gmax} = \text{Tegangan Geser Maksimum (N/mm}^2\text{)}$$

v = Faktor Keamanan

7. Rumus Tegangan Geser

$$\tau_g = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(\text{Lit 1, Hal 83})$$

Keterangan :

$$\tau_g = \text{Tegangan Geser (N/mm}^2\text{)}$$

F = Gaya (N)

A = Luas Permukaan (mm²)

8. Rumus Waktu Pengerjaan pada Mesin Milling

$$T_m = \frac{L}{S} \dots\dots\dots(\text{Lit 7, Hal 108})$$

Keterangan :

T_m = Waktu Permesinan (menit)

L = $(1 + \frac{d}{2} + 2)$ Panjang Langkah (mm)

d = Diameter Pahat (mm)

S = (n . z . Sr) Kecepatan Langkah (mm/menit)

n = Putaran Mesin (rpm)

z = Jumlah Gigi Pahat

Sr = Pemakanan (mm/putaran)

9. Rumus Waktu Pengerjaan pada Mesin Bor

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot n} \dots\dots\dots(\text{Lit 7, Hal 106})$$

Keterangan :

T_m = Waktu Permesinan (menit)

S_r = Pemakanan (mm/putaran)

n = Putaran Mesin (rpm)

$L = (l + 0,3 \cdot d)$ Panjang Langkah (mm)

l = Panjang Benda (mm)

d = Diameter Mata Bor (mm)

10. Rumus Waktu Pengerjaan pada Mesin Bubut (Melintang)

$$T_m = \frac{r}{S_r \times n} \dots\dots\dots(\text{Lit 7, Hal 108})$$

Keterangan :

T_m = Waktu Permesinan (menit)

r = Jari-jari Benda (mm)

S_r = Pemakanan (mm/putaran)

n = Putaran Mesin (rpm)

11. Rumus Waktu Pengerjaan pada Mesin Bubut (Memanjang)

$$T_m = \frac{L}{S_r \times n} \dots\dots\dots(\text{Lit 7, Hal 108})$$

Keterangan :

T_m = Waktu Permesinan (menit)

L = Panjang Benda (mm)

S_r = Pemakanan (mm/putaran)

n = Putaran Mesin (rpm)

12. Rumus Biaya Material

$$W = V \cdot \rho \dots\dots\dots(\text{Lit 4, Hal 85})$$

$$TH = HS \cdot W \dots\dots\dots(\text{Lit 4, Hal 86})$$

Keterangan :

W = Berat bahan (Kg)

V = Volume bahan (mm^3)

ρ = Massa jenis (Kg/mm^3)

HS = Harga satuan

TH = Total harga per satuan material (Rp)