

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *Under Bracket* Tipe K97G

Under bracket adalah salah satu komponen pada kendaraan sepeda motor yang terdapat pada bagian *shock absorber* (peredam kejut) yang berfungsi sebagai pemegang *inner tube*, dimana *inner tube* diklem menggunakan baut sehingga *inner tube* tidak bisa berputar atau terpasang *fix*. Produk *under bracket* tipe K97G merupakan jenis *under bracket* yang digunakan pada sepeda motor *All New Honda PCX 150*.

2.1.1 Proses Pemesinan *Under Bracket* Tipe K97G pada OP-40

Proses machining pada OP-40 bertujuan untuk membuat Ulir yang berfungsi untuk mengikat *under bracket* pada *inner tube*.

Tabel 1.1 Tabel Proses Pemesinan OP-40.

Cutting Tool	Description Process
- Face Mill	- Facing Side Fender 21 mm.
- Twist Drill Ø10,5 mm	- Drilling 4-Ø10,5 mm Depth 26,5 mm (Max).
- Twist Drill Ø8,8 mm	- Drilling 4-Ø8,8 mm Depth 50 mm (Max).
- Tap M10x1,25	- Tapping 4-M10x1,25 depth 44 mm (Minimal).
- Chamfer	- Chamfer 1x45°



Gambar 1.1 Material Pada OP-40. a). Sebelum Proses; b). Sesudah Proses.

(Sumber: PT. PRN)

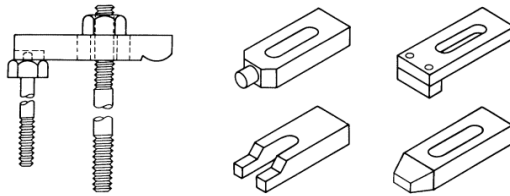
2.1 Clamping Device dan Fixture

2.2.1 Clamping Device (Perangkat cekam)

Menurut Edgard G. Hoffman dalam buku *Jig And Fixture Design* (1996: 41) *Clamping Device* adalah “...are designed to lock the part in the fixture and prevent movement”. Secara umum pencekaman (*clamping*) merupakan bagian dari *fixture* yang berfungsi mencekam benda kerja sehingga posisi benda kerja tidak berubah selama proses pemesinan. Tujuan utama dari proses pencekaman (*clamping*) adalah untuk menahan secara aman posisi benda kerja terhadap lokator selama siklus pemesinan.

- a. Ada beberapa prinsip jenis dan penempatan clamping, yaitu :
 - 1) Gaya pencekaman adalah gaya yang dibutuhkan untuk menjaga posisi benda kerja selama proses pemesinan.
 - 2) Besarnya gaya pencekaman tergantung dari besarnya gaya pemotongan dan cara peletakan benda kerja relatif terhadap pahat.

- 3) Gaya pencekaman hanya cukup untuk menahan benda kerja ke lokator.
Gaya total harus ditahan oleh locator.
- b. Pencekam memiliki dua makna tergantung dari sistem yang ditinjau:
- 1) Umum: bagian peralatan produksi yang berfungsi menahan/memegang benda kerja (termasuk *jig and fixture*).
 - 2) *Clamping*: bagian *jig and fixture* yang berfungsi mencekam benda kerja sehingga posisi benda kerja tidak berubah selama proses pemesinan.
- c. Kondisi yang harus dipenuhi dalam *workholding*/ pencekaman:
- 1) Cukup kuat untuk memegang benda kerja dan menahan pergeseran benda kerja.
 - 2) Tidak merusak/mendeformasi benda kerja.
 - 3) Menjamin *loading* dan *unloading* bendakerja dengan cepat.
- d. Posisi *clamp* dalam proses pemesinan:
- 1) Selalu bersentuhan dengan benda kerja pada posisi yang grid.
 - 2) Untuk menghindari defleksi benda kerja yang harus ditahan menggunakan alat bantu.
 - 3) *Clamp* harus diletakan sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu pergerakan pahat.
 - 4) *Clamp* harus diletakan sedemikian rupa sehingga operator dapat bekerja dengan mudah dan aman.
- e. Jenis-jenis *clamp* ada beberapa macam yaitu:
- 1) *Strap clamp*

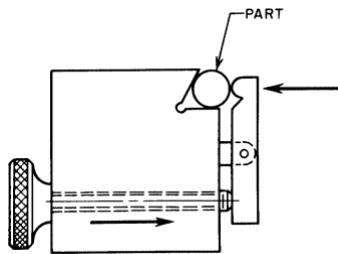


Gambar 1.2 *Strap Clamp.*

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.44)

2) *Screw clamp*

Clamp ini menggunakan bentuk ulir.

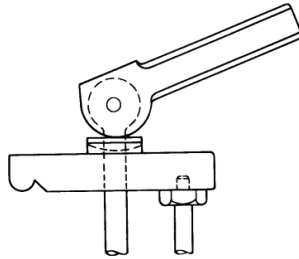


Gambar 1.3 *Screw Clamp.*

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.47)

3) *Cam-action clamp*

Clamp ini menggunakan cam untuk mencekam.

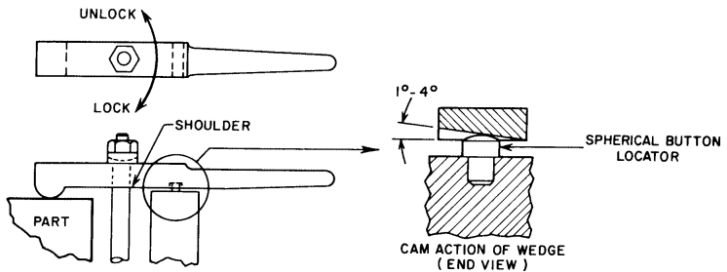


Gambar 1.4 *Cam-action clamp.*

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.48)

4) *Wedge clamp (baji/ incline plane)*

Clamp ini menggabungkan prinsip baji dengan cam.

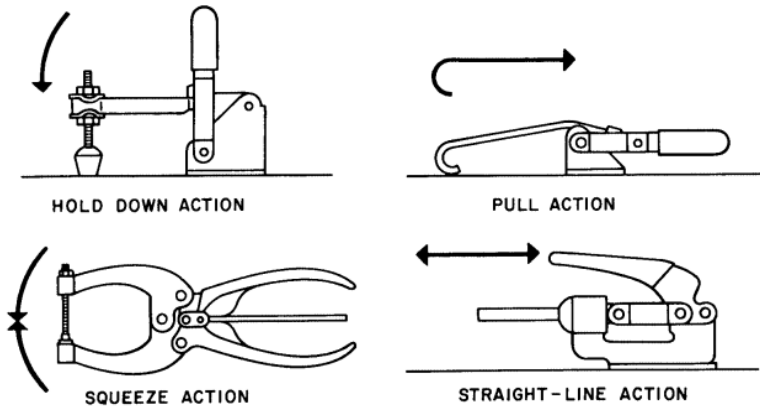


Gambar 1.5 *Wedge clamp.*

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.50)

5) *Toggle-action clamp*

Clamp ini memiliki empat aksi/pola pencekaman: hold down, squeeze, pull, dan straight line.

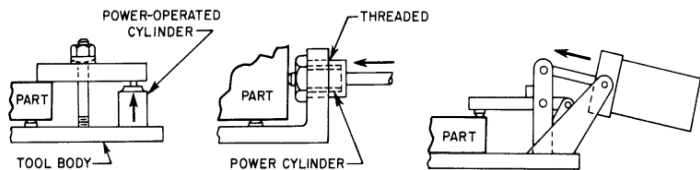


Gambar Toggle-action clamp.

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.51)

6) Power clamping

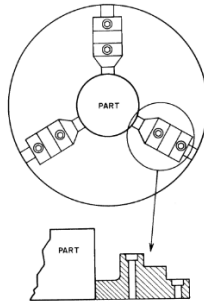
Dengan *clamp* ini gaya manual diganti dengan mekanis. Tenaga yang digunakan adalah *hydraulic*, atau *air -to-hydraulic booster*. Keunggulannya tekanan dapat dikendalikan dan kecepatan *clamping*.



Gambar 1.6 Power clamping.

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.52)

7) Chuck dan vice

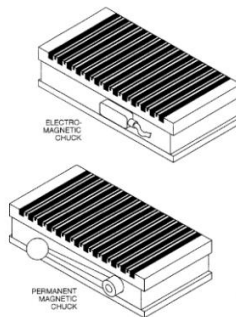


Gambar 1.7 Chuck dan Vice.

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.53)

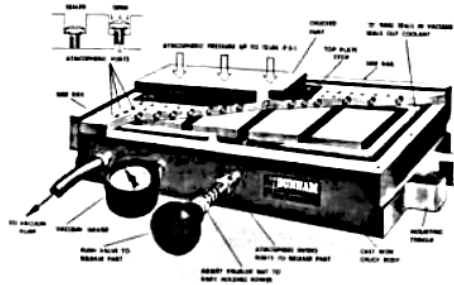
8) Clamp non mekanis

Digunakan untuk kondisi yang ekstrem dalam hal ukuran, bentuk, atau kemungkinan distorsi. Jenis utama adalah *magnetic* dan *vaccum chuck*.



Gambar 1.8 Clamp Non Mekanis (Magnetic).

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.56)



Gambar 1.9 *Vacuum chuck.*

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.58)

2.2.2 *Fixture*

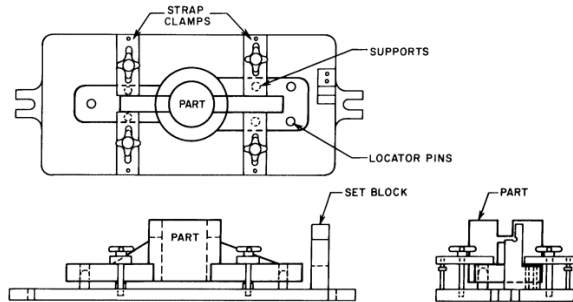
Menurut Edgard G. Hoffman dalam buku *Jig And Fixture Design* (1996: 8) *fixture* adalah "...is a production tool that locates, holds, and supports the work securely so the required machining operations can be performed". Dapat diartikan bahwa *fixture* adalah produksi yang menempatkan, menahan, dan mendukung pekerjaan secara aman sehingga operasi pemesinan yang dibutuhkan dapat dilakukan.

1) *Jenis-jenis fixture*

Jenis *fixture* dibedakan terutama oleh bagaimana alat bantu ini dibuat. *Fixture* diklasifikasikan berdasarkan penggunaannya pada suatu jenis mesin tertentu. *Fixture* yang digunakan pada mesin *milling* disebut *milling fixture*. Berikut adalah contoh dari beberapa jenis *fixture*:

- 1) ***Fixture pelat*** adalah bentuk paling sederhana dari *fixture*. Tersusun dari pelat datar dan beberapa locator serta klem yang sederhana dan adaptif

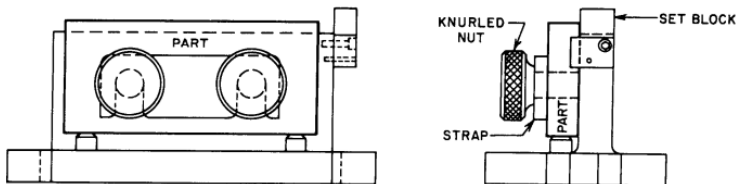
sehingga sangat luas penggunaannya (dapat digunakan untuk segala proses pemesinan).



Gambar 1.10 Fixture Pelat.

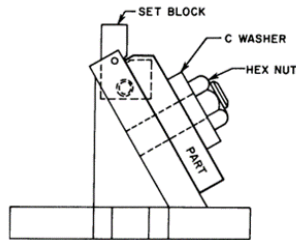
(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.16)

- 2) **Fixture pelat sudut**, dengan *fixture* jenis ini, k(omponen biasanya dimesin pada sudut tegak lurus terhadap locatornya. *fixture* pelat dengan sudut yang dapat di *setting* dan dimodifikasi bisa digunakan Untuk sudut pengerjaan yang lain.



Gambar 1.11 Fixture Pelat Sudut.

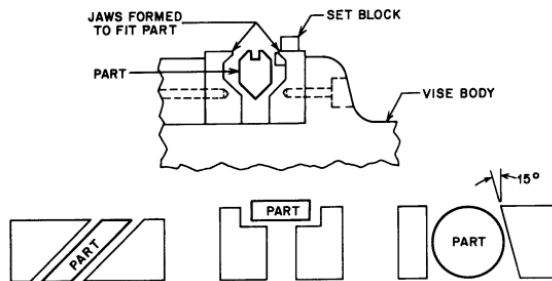
(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.17)



Gambar 1.12 *Fixture* Plat Sudut Modifikasi.

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.17)

- 3) ***Fixture vise-jaw***, digunakan untuk pemesinan komponen kecil. Dengan alat ini, cekam standar diganti dengan cekam yang diperlukan sesuai dengan bentuk komponen. *Fixture* jenis ini adalah *fixture* paling murah diantara jenis *fixture* lainnya. Namun ukuran *vise* yang tersedia sering kali menjadi kendala pada pemakaian *fixture* ini.



Gambar 1.13 *Fixture Vise-Jaw*.

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.17)

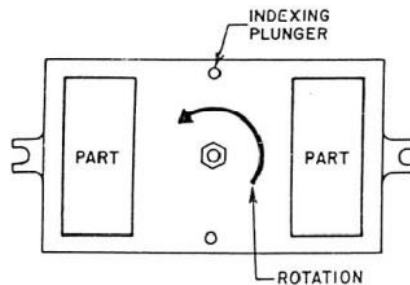
- 4) ***Fixture indexing***, *fixture* jenis ini digunakan untuk benda kerja yang harus dikerjakan dengan jarak (linier / angular) antar pemesinan yang sangat presisi.



Gambar 1.14 *Fixture Indexing.*

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.18)

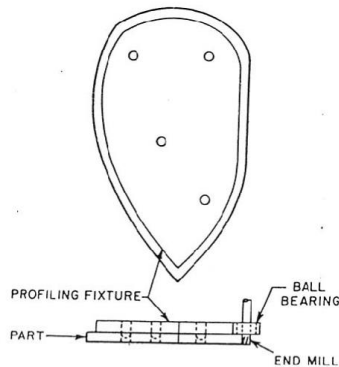
- 5) **Fixture multistation**, adalah jenis *fixture* untuk kecepatan tinggi, volume produksi tinggi dimana siklus pemesinan kontinyu. *Fixture duplex* adalah jenis paling sederhana dari jenis ini dimana hanya ada dua stasiun. Mesin tersebut bisa memasang dan melepaskan benda kerja ketika pekerjaan pemesinan berjalan.



Gambar 1.15 *Fixture Duplex.*

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.18)

- 6) **Fixture profil**, *fixture* jenis ini menggunakan pola/profil bagi proses pemesinan permukaan yang rumit.



Gambar 1.16 Fixture profil.

(Sumber: Edgard G. Hoffman, 2004, hlm.19)

2.2 *Jumping Process*

Jumping Process menurut Yusuf Budianto, selaku kepala Departemen Manufaktur *mass production* di PT. PRN, yaitu sebuah permasalahan pada suatu layout produk dimana material mengalami loncatan proses/melewati urutan proses dari aliran proses yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Pada dasarnya *jumping process* tidak selalu merugikan perusahaan, melainkan tergantung dari tipe proses produksi yang di anut oleh perusahaan tersebut. Proses produksi dilihat dari aliran (*Flow*) bahan mentah sampai menjadi produk akhir, terbagi menjadi dua yaitu proses produksi terputus-putus (*Intermettent Processes*) dan proses produksi terus-menerus (*Continous Processes*) (Ahyari, 2002). Perusahaan yang menerapkan tipe proses produksi terputus-putus (*Intermettent Processes*) dimana proses produksinya tidak terpaut pada runutan aliran proses, contohnya pada perusahaan pembuatan *Special Purpose Machine* (SPM), menggunakan *jumping process* sebagai solusi

alternative apabila terjadi permasalahan pada mesin selama proses produksi sehingga aliran produksi tetap terjaga. Sementara, pada perusahaan yang menggunakan tipe proses produksi terus-menerus (*Continous Processes*) dimana terdapat urutan-urutan yang pasti sejak dari bahan mentah sampai proses produksi akhir contohnya pada perusahaan *mass production*, Pada perusahaan dengan tipe proses produksi seperti ini, *jumping process* dianggap sebagai sebuah permasalahan dan harus dihindari, karena dapat mengganggu kelancaran proses produksi dan mempengaruhi *output* produksi. Berikut ini adalah beberapa penyebab terjadinya *jumping process* pada tipe produksi terus-menerus (*Continous Processes*):

a. Layout desain

Layout berhubungan dengan masalah penyusunan mesin dan peralatan produksi dalam pabrik. Layout desain yang tidak ideal dapat menjadi faktor terjadinya *jumping process*, karena layout yang buruk akan berdampak pada banyaknya *material movement* (pergerakan material). Semakin banyak perpindahan material semakin besar potensi terjadinya *jumping process*, karena material akan sulit terpantau.

b. Sumber Daya Manusia (SDM)

Faktor dari SDM seringkali menjadi penyebab produk cacat akibat *jumping proces* pada proses produksi, karena sering melakukan kesalahan-kesalahan seperti ketidak telitian, kecerobohan, kurang berkonsentrasi, bosan, dan kurangnya komunikasi sehingga dapat menyebabkan terjadinya *jumping process*.

c. *Machine* (mesin dan alat bantu produksi).

Mesin adalah salah satu alat yang mempengaruhi terjadinya produk cacat, karena kondisi mesin yang sudah tua dan kurang terawat, dapat menyebabkan mesin kehilangan ketelitian atau kepresisian sehingga produk yang dihasilkan kurang optimal.

Terjadinya *jumping process* pada produksi terus-menerus (*Continuous Processes*) memberikan efek atau dampak negatif untuk perusahaan, karena selain menghambat *output* harian juga menambah biaya proses produksi. Berikut adalah beberapa kerugian yang di sebabkan oleh *jumping process*:

a. Rework

Menurut Matthew P. Stephens dalam buku *Manufacturing Facilities Design & Material Handling* (2013: 25) *Rework* adalah "... is a need to redo an operation simply because the part was not produced within the desired specifications the first time". *Rework* dapat juga diartikan sebagai material yang sudah melewati suatu proses produksi, tapi produk yang dihasilkan tidak memenuhi standar mutu yang telah ditentukan, namun dengan mengeluarkan biaya pengerjaan kembali untuk memperbaikinya, produk tersebut secara ekonomis dapat disempurnakan lagi menjadi produk jadi yang baik. Kerugian apabila terjadinya material *rework*, yaitu:

1) Waktu

Dibutuhkan waktu tambahan untuk melakukan *rework*, karena untuk pengerjaannya dilakukan setelah *output* harian tercapai atau pada waktu lembur (*over time*).

2) Penambahan biaya produksi

Penambahan biaya produksi pada pengerjaan *rework* yaitu, *life time cutting tool* berkurang dan perusahaan diharuskan melemburkan pekerja. Namun biaya

yang sangat membebani perusahaan terletak pada biaya daya listrik mesin yang bertambah. Karena untuk memenuhi *output*, mesin diharuskan *running* (beroperasi) yang seharusnya mesin tidak beroperasi (*breakdown*) sehingga dapat menghemat biaya listrik perusahaan.

3) Tidak menambah nilai material

Rework dilakukan untuk mengembalikan nilai pada material, namun tidak dapat menambah nilai material.

4) *Dellay material*

Material yang berstatus *rework* akan di isolasi pada tempat khusus dan di identifikasi langkah untuk perbaikan dari material tersebut tergantung dari permasalahan pada setiap material, sehingga material akan tertahan sementara dan tidak menghasilkan keuntungan bagi perusahaan.

2) **Produk rusak dan produk rework**

Material yang mengalami *jumping process* dapat dikategorikan menjadi produk rusak atau produk cacat, tergantung dari loncatan pengerjaan yang terlewat. Pengertian produk rusak menurut Hongren, Datar and Rajan dalam *Cost Accounting : A Managerial Emphasis* Ch. 14 (2012:645) Produk rusak atau yang disebut juga *not good* (NG) adalah “...is units of production—whether fully or partially completed—that do not meet the specifications required by customers for good units and that are discarded or sold at reduced prices.” Dapat disimpulkan produk rusak adalah produk yang dihasilkan atau di produksi oleh suatu perusahaan, umumnya produk rusak dapat dikethui setelah produksi selesai, yang mana produk tersebut kualitasnya tidak sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan, dan tidak dapat diperbaiki.

Produk Cacat Menurut Baldric Siregar,dkk (2013:61) adalah unit produk yang tidak memenuhi standar produksi dan dapat diperbaiki secara teknis dan ekonomis untuk dapat dijual sebagai produk baik atau tetap sebagai produk cacat. Dapat disimpulkan produk cacat adalah produk yang dihasilkan yang tidak sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan atau tidak memenuhi kriteria dari produk tersebut, produk cacat dapat di jual langsung, tetapi secara teknis produk cacat tersebut masih dapat di perbaiki dengan mengeluarkan biaya tambahan dimana biaya yang dikeluarkan untuk memperbaiki produk tersebut lebih rendah dari nilai jual setelah produk tersebut diperbaiki sehingga produk tersebut dapat dijual dengan harga dan kondisi yang normal

2.3 Mesin CNC Frais 3 Axis

Proses manufacturing didalamnya terdapat mesin-mesin yang menunjang proses produksi. Mesin CNC adalah salah satu contoh mesin industri yang sering digunakan. Pengerjaan logam dalam dunia manufacturing ada beberapa macam, mulai dari pengerjaan panas, pengerjaan dingin hingga pengerjaan logam secara mekanis. Pengerjaan mekanis logam biasanya digunakan untuk pengerjaan lanjutan maupun pengerjaan finishing, sehingga dalam pengerjaan mekanis dikenal beberapa prinsip pengerjaan, salah satunya adalah pengerjaan perataan permukaan dengan menggunakan mesin Frais atau biasa juga disebut mesin milling.

Milling (Frais) process adalah sebuah proses pemesinan dimana alat potong atau cutting tool berputar pada spindle nya dan benda kerja bergerak kearah memanjang dan melintang sejauh pemotongan yang di inginkan. Numerical Control (NC) adalah sistem pengendalian mesin dengan menggunakan angka/numerik (Yayat, 2009:6). Angka-angka yang digunakan adalah angka

dalam bentuk bilangan biner. Semua informasi yang dikirim kepada mesin dibuat dalam bentuk data digital, sehingga NC pada mesin produksi dapat diartikan sebagai metode otomasi dalam mengendalikan berbagai fungsi mesin. Beberapa fungsi dalam mesin NC yang dapat dikontrol secara otomatis, diantaranya adalah:

- 1) Arah putaran spindel mesin.
- 2) Pompa cairan pendingin (*Coolant*).
- 3) Kecepatan pergerakan alat potong.
- 4) Bentuk pergerakan alat potong.

Dalam buku petunjuk pemrograman dan pelayanan EMCO ET-120 (1988) mesin CNC diartikan mesin yang mampu menerima masukan data (Data Input), mengolah data (Data Processing), mengeluarkan data (Data Output), dan mengeksekusi data dalam bentuk gerakan-gerakan pada mesin perkakas.

Untuk menggerakkan pahat pada mesin perkakas CNC yaitu menggunakan sistem koordinat. Sistem koordinat pada mesin CNC milling adalah sistem koordinat dengan tiga sumbu/axis yaitu sumbu X, Y dan sumbu Z. Sumbu X didefinisikan sebagai sumbu yang bergerak horizontal, Sumbu Y didefinisikan sebagai sumbu yang bergerak melintang, dan sumbu Z didefinisikan sebagai sumbu yang bergerak vertikal.

2.4.1. Parameter Mesin CNC Frais 3 Axis

Parameter pemotongan diperlukan agar proses produksi dapat berlangsung sesuai dengan prosedur perencanaan. Parameter-parameter pemotongan yang penting untuk diperhatikan dalam proses frais meliputi: kecepatan potong, putaran spindel, kedalaman pemakanan, gerak makan per gigi, kecepatan penghasilan geram dan waktu pemesinan. Penentuan rasio kecepatan antara gerak benda kerja dan putaran pisau sangat penting diperhatikan. Jika langkah pemakanan benda

kerja terlalu pelan waktu akan terbuang banyak dan pisau fraispun akan cepat tumpul dan menurunkan umur pahat. Jika pemakanan benda kerja terlalu cepat pisau frais bisa cepat rusak, dan tentu memerlukan waktu lebih banyak untuk menggantinya.

a. Kecepatan Putaran

$$v = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$$

(Taufiq Rochim buku 1, 2007:19)

Dimana: v = Kecepatan potong (m/min)

D = Diameter pisau (mm)

n = Putaran mesin (rpm)

Harga kecepatan potong umumnya dapat diketahui pada tabel berdasarkan kesesuaian jenis materialnya. Kecepatan potong ditentukan atas pertimbangan jenis material benda kerja dan material. Harga kecepatan potong mesin frais untuk berbagai jenis benda kerja dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.2 Harga Kecepatan Potong Mesin Frais.

Material	High Speed Steel Cutter		Carbide Cutter	
	ft/menit	m/menit	ft/menit	m/menit
<i>Alloy steel</i>	40 – 70	12 – 20	150 – 250	45 – 75
<i>Aluminium</i>	500 – 1000	150 – 300	1000 – 2000	300 – 600
<i>Bronze</i>	65 – 120	20 – 35	200 – 400	60 – 120
<i>Cast iron</i>	50 – 80	15 – 25	125 – 200	40 – 60

<i>Free machining steel</i>	100 – 150	30 – 45	400 – 600	120 – 180
<i>Machine steel</i>	70 – 100	21 – 30	150 – 250	45 – 75
<i>Stainless steel</i>	30 – 80	10 – 25	100 – 300	30 – 90
<i>Tool steel</i>	60 – 70	18 – 20	125 – 200	40 – 60

(Krar, Gill. Smid, 2011:470)

b. Kecepatan Pergeseran Pisau (*Feeding*)

Kecepatan pergeseran pisau (*feeding*) adalah jarak pergeseran pisau dalam satu putaran benda kerja. Dalam pelaksanaannya pengaturan kecepatan pergeseran pisau (*feeding*) dilakukan melalui tuas pengatur yang terdapat pada mesin. Kecepatan pergeseran pisau (*feeding*) ditentukan oleh bahan dan pisau yang digunakan.

$$v_f = N \times fz \times n$$

(Taufiq Rochim buku 1, 2007:19)

Dimana: v_f = Kecepatan pergeseran pisau (mm/min)

fz = *Feed per tooth* (mm)

n = Putaran mesin (rpm)

N = Jumlah mata potong

Tabel 1.3 *Harga Recommended Feed per Tooth (High-Speed Cutters).*

Material	Face Mills		Helical Mills		Sloting and Side Mills		End Mills		From Relieved Cutters		Circular Saw	
	inch	mm	inch	Mm	Inch	Mm	Inch	Mm	inc h	Mm	inch	Mm
<i>Alloy steel</i>	0,006	0,15	0,005	0,12	0,004	0,1	0,003	0,07	0,00 2	0,05	0,002	0,05
<i>Aluminium</i>	0,022	0,55	0,018	0,45	0,013	0,33	0,011	0,28	0,00 7	0,18	0,005	0,13
<i>Brass and bronze (medium)</i>	0,014	0,35	0,011	0,28	0,008	0,2	0,007	0,18	0,00 4	0,1	0,003	0,08
<i>Cash iron (medium)</i>	0,013	0,33	0,010	0,25	0,007	0,18	0,007	0,18	0,00 4	0,1	0,003	0,08
<i>Free machining steel</i>	0,012	0,3	0,010	0,25	0,007	0,17	0,006	0,15	0,00 4	0,1	0,003	0,07
<i>Machine steel</i>	0,012	0,3	0,010	0,25	0,007	0,18	0,006	0,15	0,00 4	0,1	0,003	0,08
<i>Stanless steel</i>	0,006	0,15	0,005	0,13	0,004	0,1	0,003	0,08	0,00 2	0,05	0,002	0,05
<i>Tool steel (medium)</i>	0,010	0,25	0,008	0,2	0,006	0,15	0,005	0,13	0,00 3	0,08	0,003	0,08

(Krar, Gill. Smid, 2011, hlm. 472)

Tabel 1.4 *Harga Recommended Feed per Tooth (Cemented-Carbide-Tipped Cutters).*

Material	Face Mills		Helical Mills		Sloting and Side Mills		End Mills		From Relieved Cutters		Circular Saw	
	inch	mm	Inch	Mm	Inch	Mm	Inch	Mm	inch	Mm	inch	Mm
<i>Aluminium</i>	0,020	0,50	0,016	0,40	0,012	0,3	0,010	0,25	0,006	0,15	0,005	0,13
<i>Brass and bronze (medium)</i>	0,012	0,30	0,010	0,25	0,007	0,18	0,006	0,15	0,004	0,1	0,003	0,08
<i>Cash iron (medium)</i>	0,016	0,40	0,013	0,33	0,010	0,25	0,008	0,2	0,005	0,13	0,004	0,1
<i>Machine steel</i>	0,016	0,40	0,013	0,33	0,009	0,23	0,008	0,2	0,005	0,13	0,004	0,1
<i>Tool steel (medium)</i>	0,014	0,35	0,011	0,28	0,008	0,2	0,007	0,18	0,004	0,1	0,004	0,1
<i>Stanless steel</i>	0,010	0,25	0,008	0,2	0,006	0,15	0,005	0,13	0,003	0,08	0,003	0,08

(Krar, Gill. Smid, 2011, hlm. 472)

c. Kedalaman Pemakanan (depth of cut)

Kedalaman pemakanan (depth of cut) sama dengan tebal geram benda yang akan disayat oleh pisau. Kedalaman maksimal untuk pisau jenis carbide dan HSS adalah 0.15 mm s.d. 0.4 mm (Krar, Gill. Smid, 2011:234).

d. Waktu Pemotongan

$$T = \frac{lt}{vf}$$

(Taufiq Rochim buku 1, 2007:21)

$$lt = lv + lw + ln$$

Untuk: $lv \geq \sqrt{a(D-a)}$; untuk mengefrais mendatar.

$lv \geq 0$; untuk mengefrais tegak.

$ln \geq 0$; untuk mengefrais mendatar.

$ln \geq \frac{D}{2}$; untuk mengefrais tegak.

(Taufiq Rochim buku 1, 2007:21)

Dimana: T = Waktu pemotongan (menit)

lt = Panjang total (mm)

lv = Jarak bebas pisau (mm)

lw = Panjang benda kerja (mm)

ln = Jarak lebih pisau (mm)

vf = Kecepatan pemakanan (m/menit)

n = Kecepatan putaran (rpm)

D = Diameter pisau (mm)

a = kedalaman pemotongan (mm)

e. Banyaknya pemakanan

Banyaknya pemakanan dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

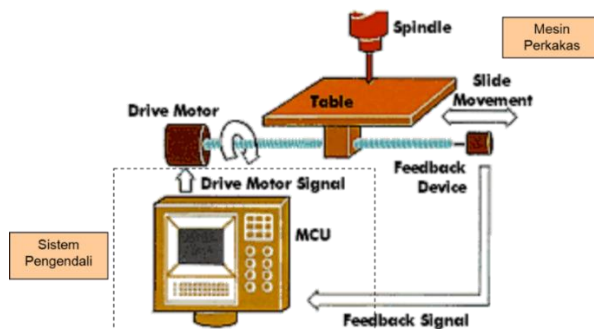
$$z = \frac{b}{a}$$

(Wardaya, 2005:5)

Dimana: z = Banyaknya pemakanan
 b = Tebal yang harus dipotong (mm)
 a = Tebal pemotongan (mm)

2.4.2. Bagian-bagian Utama Mesin CNC Milling

Secara umum, mesin CNC terdiri dari 2 bagian utama, yaitu bagian sistem pengendali dan bagian mesin perkakas. Bagian pengendali atau sistem pengendali adalah bagian dari mesin CNC yang berguna untuk mengendalikan seluruh pergerakan yang terjadi pada mesin perkakas. Sementara, mesin perkakas, adalah bagian dari mesin CNC yang merealisasikan seluruh perintah atau data yang dikeluarkan dari sistem pengendali. Perintah tersebut dapat berhubungan dengan bentuk dan arah pergerakan alat potong, pergantian alat potong, dan putaran motor. Kedua bagian utama tersebut secara skematik dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1.17 Bagian-bagian utama Mesin CNC.

Sistem pengendali (control unit) adalah inti dari mesin CNC, karena semua pergerakan yang telah diaur pada mesin perkakas dikendalikan dari sistem pengendali. Terkait dengan itu, ada beberapa fungsi penting dari sistem pengendali, yaitu untuk:

- a. Memuat program pada mesin baik secara manual melalui keyboard pada mesin, maupun melalui operasi antar aparat seperti pita magnet, disket, maupun interface.
- b. Memuat data alat potong.
- c. Memperbaiki program.
- d. Pembuatan kode program benda kerja.
- e. Menghitung lintasan pahat (cutter path) dan pemuatan data pahat.
- f. Memunculkan perintah pergerakan dan pengendalian kecepatan sumbu berdasarkan sinyal yang diberikan.
- g. Memberi perintah “ on/off” pada beberapa elemen pengendali sumbu mesin dan memonitor kecepatan spindel.
- h. Menyimpan data program.

2.4.3. Cutting Tool

Keberadaan *Cutting Tools* (alat potong) pada proses pemotongan logam atau metal cutting sangatlah penting karena alat potong dapat menentukan hasil kualitas pengerjaan yang meliputi ukuran serta performa, efisiensi dari suatu proses pengerjaan, disamping itu alat potong dapat menjadi sebuah ciri dari suatu proses pengerjaan logam. Melihat dari pentingnya keberadaan alat potong, maka pengetahuan akan alat potong merupakan salah satu syarat orang dapat bekerja dengan mesin perkakas. Ada berbagai macam alat potong, akan tetapi kita

fokuskan perhatian kita pada alat potong yang biasa kita gunakan dalam proses pemesinan serta masalah – masalah yang sering muncul seiring penggunaan alat potong tersebut (Pisau Industri Indonesia, 2018:17).

Pada mesin CNC Milling 3A terdapat alat bantu yang bernama arbor. Arbor merupakan tempat yang digunakan untuk memasang pisau-pisau mesin frais, nama lain dari arbor yaitu perlengkapan berguna untuk kedudukan pisau frais di tempatkan pada sumbu mesin, arbor sendiri memiliki dua macam, yaitu arbor panjang dan arbor pendek. Pada arbor panjang digunakan untuk mesin frais horizontal, sedangkan untuk arbor pendek digunakan pada mesin frais vertikal.



Gambar 1.18 Arbor Mesin Frais.

(Sumber: PT. Perkakas Rekadaya Nusantara)

Di dalam arbor terdapat alat bantu cekam cutter, yaitu collet. Collet chuck adalah salah satu perlengkapan jenis mesin frais yang digunakan sebagai pengikat alat potong/pisau (*end mill*, slot drill, center drill, mata bor, dll), yang pemasangannya pada spindel utama atau tegak. Jadi posisinya dapat dipasang dengan posisi mendatar (horizontal) atau tegak (vertikal). Alat jenis ini pada umumnya tersedia dalam satu set yang terdiri dari: kolet, rumah kolet dan kunci

C sebagai pengencang dan pembuka alat potong. Penggunaan collet juga harus disesuaikan dengan jenis dan diameter cutter yang akan digunakan.



Gambar 1.19 Collet Arbor.

(Sumber: PT. Perkakas Rekadaya Nusantara)

a. *Insert Tool*

Insert tool adalah *Hardmetal cutting tools* atau alat potong yang memiliki kemampuan untuk diganti dengan cepat sehingga dapat meminimalisir *break down time* saat penggantian *tool*.

Insert digunakan sebagai alat potong pada proses penyayatan logam seperti baja, baja tahan karat, besi tuang, aluminium atau material lainnya dengan mesin perkakas seperti mesin bubut atau frais. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, maka pemilihan jenis insert haruslah tepat sesuai dengan material yang akan dikerjakan.



Gambar 1.20 *Insert Tool.*

(*Sumber:* PT. Perkakas Rekadaya Nusantara)

Setiap *insert* umumnya memiliki beberapa mata sayat (2 - 8 buah), ketika suatu mata sayat tumpul maka insert dilepas kemudian diputar/ digunakan mata potong lainnya. Insert tidak didesain untuk diasah kembali, sehingga setelah keseluruhan mata potong tumpul maka insert diganti dengan yang baru.

b. Face Mill

Proses freis tegak (*face milling*) yaitu sumbu putaran pahat freis muka tegak lurus dengan permukaan benda kerja.



Gambar 1.21 *Face Mill.*

(*Sumber:* PT. Perkakas Rekadaya Nusantara)

Pisau frais ini digunakan untuk meratakan permukaan benda kerja, di mana posisi bagian muka pisau bersama arbornya tegak lurus terhadap bidang benda kerja yang difrais.

c. *End Mill*

End mill Adalah mata bor frais yang memotong bahan di satu sisi, serta di ujungnya. Mata bor frais umumnya digunakan untuk merujuk kepada pemotong dasar rata .Mereka biasanya terbuat dari baja kecepatan tinggi (HSS) atau karbida, dan memiliki satu atau lebih alur/flute. Mereka adalah alat yang paling umum digunakan di milling vertikal.



Gambar 1.22 *End Mill.*

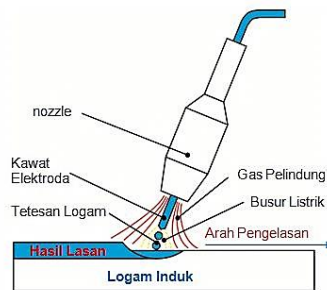
End mill pada mesin CNC Milling biasanya digunakan untuk pengerjaan kontur, karena *end mill* memiliki ukuran yang bervariasi.

2.4 Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Las MIG merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat, dengan menggunakan elektroda gulungan (rod filler metal) yang sama dengan logam dasarnya (base metal) dan menggunakan gas pelindung (inert gas) (sunaryo, 2008). Las MIG merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (roll) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer.

Perpindahan logam cair dari elektroda terutama dapat diatur melalui kombinasi yang sesuai antara komposisi gas, jenis sumber tenaga, elektroda, arus, tegangan, dan kecepatan kawat pengumpan (filler). Berbeda dengan pengelasan TIG, pada pengelasan MIG lebih banyak menggunakan polaritas balik karena akan menghasilkan busur listrik yang stabil perpindahan logam cair yang kontinu dan penetrasi yang baik.

Debit gas yang dilahirkan pada pengelasan MIG dapat diatur dengan pengatur debit yang berada pada tabung gas. Karena tekanan gas berpengaruh pada debit gas, maka pengaturan debit akan berpengaruh pada intensitas gas pelindung pada waktu pengelasan. Semakin besar debit yang dikeluarkan dari tabung gas, maka intensitas gas pelindung semakin banyak, sehingga perlindungan logam cair dari reaksi udara bebas semakin besar. Hal ini mengurangi retak yang diakibatkan oleh hidrogen yang terdifusi di logam cair atau dikenal dengan HIC (hidrogen Induced Cracking).



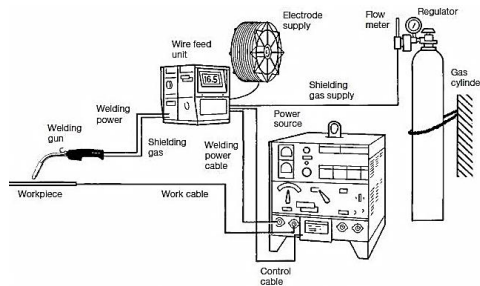
Gambar 1.23 Las MIG (*Metal Inert Gas*).

(Sumber: Hermanuloh, Artikel Welding Design: Cara Memilih Jenis Pengelasan untuk Konstruksi).

2.5.1 Perlengkapan Utama las MIG

- a. Mesin las : Mesin utama yang digunakan untuk proses pengelasan GMAW, terdapat banyak komponen listrik yang berguna untuk mengkonversi energi listrik menjadi panas serta banyak lagi fungsi lainnya.
- b. Tabung Gas : Berfungsi sebagai tempat penampung dari gas pelindung (CO_2 , Ar, He).

- c. Welding Gun : Alat keluarnya gas dan kawat las untuk mengelas, jika ditekan dan didekatkan pada benda kerja maka busur las akan menyala.
- d. Gulungan kawat las : Tempat kawat las digulung, biasanya gulungan ini dimasukkan kedalam alat yang bernama wire feeder. Pada wire feeder terdapat pengatur motor penarik, ampere dan voltase yang berfungsi untuk mengatur kecepatan keluarnya kawat las.



Gambar 1.24 Perlengkapan Las MIG.

Ada beberapa keuntungan dan kekurangan dari las MIG:

1) Keuntungan Las MIG

- Las mig lebih cepat dari pada metode pengelasan tradisional dan menghasilkan hasil yang lebih tahan lama, terus-menerus.
- Dapat digunakan dengan berbagai paduan dan logam yang membuatnya menjadi panutan dalam proses serbaguna.
- Operasi pengelasan mudah karena konsentrasi tinggi dari busur listrik dengan sedikit percikan.
- Efisiensi yang sangat baik karena dapat menggunakan arus yang tinggi dengan kecepatan tinggi.

- Sifat ketangguhan, elastisitas, kedap udara dan ketidak pekaan terhadap terak yang sangat baik.
- 2) Kerugian Las MIG
- Peralatan pengelasan yang kompleks dan besar untuk digunakan.
 - Peralatan yang memerlukan sumber arus kontinu dan terus-menerus.
 - Ini merupakan proses yang sangat berbeda dari pengelasan tradisional sehingga ada kurva belajar bagi semua tukang las yang menggunakan teknik ini.
 - Karena gas inert, pengelasan MIG tidak dapat digunakan di daerah terbuka karena angin akan menyebabkan gas lebih banyak bermasalah untuk tukang las MIG.

2.5 Kerja Bangku

Kerja bangku adalah teknik dasar yang harus dikuasai dalam mengerjakan benda kerja secara manual. Pekerjaan kerja bangku melakukan penekanan pada pembuatan benda kerja dengan alat tangan, dan dilakukan di bangku kerja. Praktek kerja bangku melatih mahasiswa agar mampu menggunakan alat kerja yang baik dan benar, serta mampu menghasilkan benda kerja yang memiliki standar tertentu sesuai dengan lembar kerja yang ditentukan. Hal ini dapat tercapai jika mahasiswa melakukan pekerjaan dengan baik sesuai dengan peraturan dan tata cara pengerjaan praktek kerja bangku.

2.6.1 Peralatan Kerja Bangku

a. Ragum

Ragum merupakan suatu alat penjepit untuk menjepit benda kerja yang akan dikikir, dipahat, digergaji, ditap, disney, dan lain lain. Alat jugs merupakan

peralatan yang harus ada dalam semua proses pengerjaan dalam praktikum kerja bangku.

Dengan memutar tangkai (*handle*) ragum Maka mulut ragum akan menjepit atau membuka/melepas benda kerja yang sedang dikerjakan. Bibir mulut ragum harus dijaga jangan sampai rusak akibat terpacah, terkikir dan lain sebagainya.

b. Kikir

Kikir merupakan alat yang terbuat dari baja tempa yang mengandung karbo tinggi dan meliputi bagian panjang, potongan bentuk dan gigi pemotong yang biasa digunakan sebagai alat penghalus atau pemerata permukaan plat atau benda kerja lainya yang terbuat dari logam.

c. Gergaji

Gergaji adalah sejenis alat yang digunakan untuk memotong sesuatu. Mata gergaji berbentuk gerigi, dan bentuk gigi gergaji tergantung pada bahan yang dipotong, misalnya kayu atau logam.

Ada banyak jenis gergaji. Antaranya merupakan peralatan tangan yang bekerja dengan kekuatan otot ataupun dengan menggunakan bantuan mesin. Gergaji biasanya menimbulkan suara bising. Menggunakan gergaji untuk memotong bahan agak berbahaya karena tepinya yang tajam diperlukan ketrampilan dan prosedur yang tepat dalam penggunaanya.

d. Penggores

Penggores adalah proses pemindahan ukuran-ukuran dari gambar-gambar, menurut suatu benda kerja, atau menurut petunjuk-petunjuk untuk dikerjakan dimesin, dengan tanda garis-garis. Bahan dari ppenggores biasanya haruslah lebih kuat dari benda kerjanya. Cara pemakainya yaitu:

- Penggores dimiringkan dari pengarahnya dengan sudut 30° , sehingga hasil penggoresan sesuai dengan yang diinginkan.
- Tekan penggaris besi, atau penyiku dengan kuat pada benda kerja dan goreslah hanya satu kali saja.
- Miringkan penggores kearah gerakan

2.6 Perhitungan Waktu Produksi

Waktu produksi sangat penting dalam pembuatan suatu produk, hal ini dikarenakan dengan mengetahui berapa lama pembuatan suatu produk dapat mempengaruhi harga jual suatu produk. Untuk melakukan perhitungan waktu dapat dilakukan dengan perbandingan seperti tabel dibawah ini:

Tabel 1.5 Kegiatan Operator dan Mesin.

Kegiatan operator	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan
	Mengefrais (%)
Kegiatan produktif	
1. Mengawasi mesin yang bekerja (aktif memotong)	31,6
2. Memasang benda kerja, penyiapan, pengakhiran, pengambilan produk (mesin tidak memotong, <i>nonproduktif</i>)	16,9
3. Mengganti pisau	0,8
4. Mengukur benda kerja (pada atau diluar mesin)	8
Sub total	57,3
Kegiatan persiapan	
1. Memasang / menyetel peralatan bantu / pemegang (<i>jig / fixture</i>)	18,2

2. Mempelajari gambar teknik	0,4
3. Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>simple maintenance</i>)	8,0
4. Meminta / mencari pisau atau peralatan lain / mengirim / memindahkan benda kerja	1,8
5. Diskusi dengan kepala pabrik / kelompok / membantu operator lain	0,4
Sub total	28,8
Kegiatan pribadi	
1. Pergi ke kamar kecil	1,8
2. Istirahat di dekat mesin	5,8
3. Menunggu pekerjaan	3,6
4. Berbincang dengan teman, bersanda gurau dan lain-lain	2,7
Sub total	13,9
Total	100%

(Taufiq Rochim, 2007:25)

2.7 Perhitungan Biaya Produksi

Setiap proses pembuatan produk diperlukan perhitungan biaya produksi, hal ini penting karena dengan mengetahui besarnya biaya produksi dapat melakukan perhitungan besarnya biaya yang diperlukan untuk setiap proses produksi.

1. Biaya Total Perproduk (*Unit Cost*)

$$C_u = C_M + C_{plan} + \Sigma C_p$$

(Taufiq Rochim buku 3, 2007:9)

Dimana:

C_u = ongkos total (Rp/produk)

C_M = ongkos material (Rp/produk)

C_{plan} = ongkos persiapan/perencanaan produksi; dapat pula dimasukkan

ongkos perencanaan produksi (bila produk bersangkutan dirancang sendiri)

ΣC_p = Jumlah ongkos proses produksi (Rp/produk)

a. Biaya Material

$$C_M = C_{M_o} + C_{M_i}$$

$$C_{M_o} = w \times k$$

(Taufiq Rochim buku 3, 2007:10)

Dimana:

C_M = Ongkos material (Rp/produk)

C_{M_o} = Biaya material (Rp/produk)

C_{M_i} = Ongkos tak langsung (Rp/produk)

w = berat *material* (Kg/produk)

k = harga *material* (Rp/Kg)

b. Biaya Produksi

$$C_P = C_o + C_m + C_e$$

(Taufiq Rochim buku 3, 2007:11)

Dimana:

C_P = ongkos produksi (Rp)

C_o = ongkos penyiapan peralatan (Rp)

C_m = ongkos pemesinan (Rp)

C_e = ongkos pahat (Rp)

c. Ongkos Penyiapan Peralatan

$$C_r = \frac{(C_{set} + C_{fix} + C_{pr})}{n_e}$$

(Taufiq Rochim buku 3, 2007:12)

Dimana:

C_r = Ongkos persiapan dan peralatan khusus (Rp)

C_{set} = Ongkos pengaturan/*setting* mesin (Rp)

C_{fix} = Ongkos perkakas batu cekam (*fixture*) (Rp)

C_{pr} = Ongkos penyiapan NC (hanya berlaku bagi mesin perkakas NC)

n_e = Jumlah produk yang dibuat untuk satu siklus produksi

d. Ongkos Pemesinan

$$C_m = c_m \times t_m$$

(Taufiq Rochim buku 3, 2007:12)

Dimana:

C_m = Ongkos Pemesinan (Rp/produk)

c_m = Ongkos operasi mesin (beban dari mesin, operator, dan *overhead*) (Rp)

t_m = Waktu permesinan (menit)

e. Ongkos Pahat

$$C_e = \frac{C_{otb} + r_g C_g}{r_g + 1}$$

(Taufiq Rochim buku 3, 2007:35)

Dimana:

C_e = biaya *tooling* (Rp)

- C_{otb} = harga pisau HSS atau karbida dalam kondisi siap pakai
(tajam) (Rp)
- r_g = Jumlah pengasahan sampai mata potong pisau pendek
(diperkirakan sekitar 4 s/d 15 kali)
- C_g = ongkos pengasahan pisau tergantung pada ongkos operasi
permenit untuk proses pengasahan (Rp) (standar empirik ongkos pengasahan BLIB Rp. 1.500 s/d Rp. 4.000)

2.8 Alat Ukur

Mengukur adalah proses membandingkan ukuran (dimensi) yang tidak diketahui terhadap standar ukuran tertentu. Berdasarkan sifat aslinya, dapat dibedakan atas:

- 1) Alat Ukur Langsung, yaitu alat ukur yang dilengkapi dengan skala ukur yang lengkap, sehingga hasil pengukuran dapat langsung diperoleh. Contohnya: Jangka sorong, Mikrometer.
- 2) Alat Ukur Pembanding, Yaitu alat ukur yang berfungsi untuk mengukur beda ukuran suatu produk dengan ukuran dasar produk yang telah diperkirakan terlebih dahulu dengan blok ukur. Contohnya: Dial indicator, Boring gauge.
- 3) Alat Ukur Standar, yaitu alat ukur yang hanya dilengkapi dengan satu skala nominal, tidak dapat memberikan hasil pengukuran secara

langsung, dan digunakan untuk alat kalibrasi dari alat ukur lainnya.
Contohnya: blok ukur.

- 4) Alat Ukur Kaliber Batas, yaitu alat ukur yang berfungsi untuk menunjukkan apakah dimensi suatu produk berada di dalam atau diluar dari daerah toleransi produk tersebut. Contohnya: kaliber lubang dan kaliber poros, plug gauge.
- 5) Alat Ukur Bantu, yaitu alat ukur yang berfungsi untuk membantu dalam proses pengukuran. Sebenarnya alat ini tidak bisa mengukur objek, namun karena peranannya yang sangat penting dalam pengukuran maka alat ini dinamakan juga dengan alat ukur. Contohnya: meja rata, stand magnetic, batang lurus.

2.8.1 Jangka Sorong

Jangka sorong merupakan alat ukur yang penting untuk tukang kayu. Jangka ini memberikan pengukuran yang tepat pada pengukuran panjang, tebal dan diameter suatu benda kerja. Dengan jarum pengukur lubang dapat dengan tepat diukur kedalaman lubang. Rahang sorong yang dilengkapi dengan nonius, memungkinkan pembacaan dalam perseribu milimeter. Jangka sorong adalah perlengkapan presisi (tepat). Maka dari itu, jangka sorong harus diperlakukan dengan tertib pada pemakaian maupun penyimpanannya.

2.8.2 Mistar Baja

Mistar baja ini berfungsi untuk mengukur benda kerja yang berukuran pendek, selain itu juga dapat dipakai untuk membimbing penggoresan dalam melukis batangan pada pelat yang digunakan, ukuran panjang dari mistar baja ini bermacam-macam, ada yang berukuran 30 cm, 60 cm, dan 100 cm.

