

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Mesin Gergaji Logam Great Captain

Gergaji merupakan alat perkakas yang berguna untuk memotong benda kerja, mesin gergaji yang akan dibahas dalam laporan ini adalah mesin gergaji besi (hacksaw). Gergaji besi (hacksaw) biasa digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang sederhana dalam jumlah produksi yang rendah, untuk pekerjaan-pekerjaan dengan persyaratan ketelitian tinggi dengan kapasitas yang tinggi diperlukan mesin-mesin gergaji khusus yang bekerja secara otomatis dengan bantuan mesin.



Gambar 2. 1 Mesin Gergaji Logam Great Captain

(Sumber : dokumentasi pribadi)

B. Bagian dan Cara Kerja Mesin Gergaji Logam Great Captain

1. Tuas Ragum Gergaji

Tuas ragum gergaji berfungsi untuk mengatur penjepit benda kerja yang akan dipotong, biasanya tuas ragum gergaji ini cara kerjanya diputar agar *lead screw* ikut berputar dan menggerakkan ragum

2. Ragum Gergaji

Ragum gergaji berfungsi untuk menjepit benda kerja, biasanya ragum gergaji ini memiliki dua bagian, bagian yang pertama adalah bagian ragum yang diam dan bisa diputar 45° sedangkan bagian kedua adalah bagian yang bisa maju mundur karena poros yang diatur oleh tuas ragum.

3. Daun Gergaji

Daun gergaji berfungsi untuk memotong benda kerja, cara kerja daun gergaji maju mundur yang digerakan oleh bingkai gergaji, biasanya daun gergaji memakan benda kerja pada saat maju saja.

4. Bingkai Gergaji

Bingkai gergaji berfungsi untuk menahan daun gergaji dan mengunci dan menggerakkan daun gergaji maju mundur, cara kerja bingkai gergaji untuk maju mundur daun gergaji yang bertumpu pada hantaran bingkai gergaji yang dan untuk menghantarkan gerakan dari pulley kepada daun gergaji.

5. Hantaran Bingkai Gergaji

Hantaran bingkai gergaji berfungsi sebagai dudukan bingkai gergaji untuk bergerak. Cara kerja hantaran bingkai gergaji hanya untuk dudukan bingkai gergaji agar bisa maju mundur secara optimum.

6. Pulley

Pulley adalah suatu alat mekanis yang digunakan sebagai sabuk untuk menjalankan sesuatu kekuatan yang berfungsi menghantarkan suatu daya. Cara kerja Pulley sering digunakan untuk mengubah Arah dari gaya yang diberikan, Mengirimkan gerak rotasi, Memberikan keuntungan mekanis apabila digunakan pada kendaraan.

7. Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Cara kerjanya yaitu ketika dihubungkan ke sumber listrik, maka arus akan mengalir ke stator (windings)

yang membangkitkan medan magnet di sekitar kumaran sehingga mengakibatkan rotor berputar.

8. Sistem Hidrolik

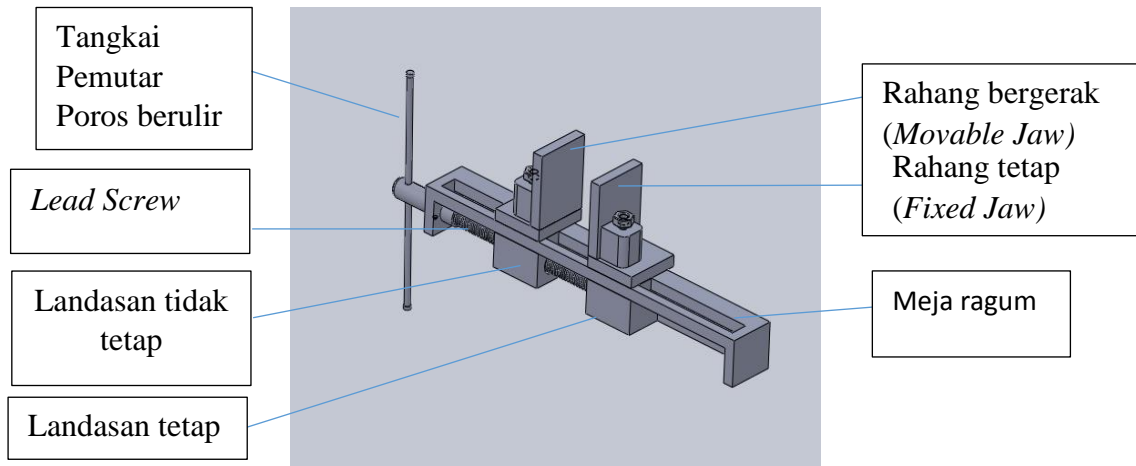
Sistem hidrolik adalah suatu system pemindah tenaga dengan menggunakan zat cair atau fluida sebagai perantara. Dimana fluida penghantar ini dinaikan tekanannya oleh pompa pembangkit tekanan yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa-pipa saluran dan katup-katup. Cara kerja sistem hidrolik pada mesin gergaji untuk mengatur naik turunnya hantaran bingkai gergaji agar bisa naik turun, cara kerjanya adalah as hidrolik disambungkan pada bantalan yang memiliki benjolan pada satu sisi untuk menekan hidrolik pada saat mundur maka otomatis hantaran bingkai gergaji naik dan pada saat maju otomatis hantaran bingkai gergaji turun untuk memakan benda kerja.

C. Tinjauan Umum Ragum

1. Definisi Ragum

Ragum merupakan alat yang digunakan untuk mengikat benda kerja dalam proses permesinan (biasanya proses pengefraisan atau pengikiran). Dalam bahasa Inggris, ragum disebut *vise*. Beberapa orang ada pula yang menyebut ragum sebagai *tanggem*.

Ragum memiliki tiga jenis dan memiliki fungsi yang berbeda yaitu ragum biasa, ragum putar, dan ragum universal. Ragum yang digunakan pada mesin gergaji logam GREAT CAPTAIN menggunakan jenis ragum biasa atau *plain vise* yang biasa digunakan untuk mengikat atau menjepit benda kerja yang bentuknya sederhana dan umumnya untuk pengerjaan bidang datar.



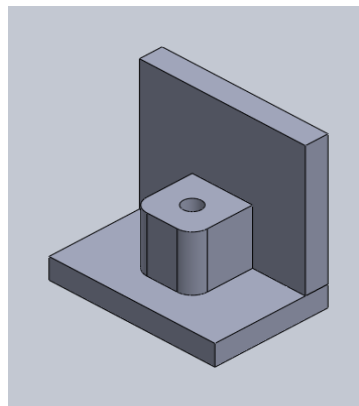
Gambar 2. 2 Disain Ragum Mesin Gergaji Logam GREAT CAPTAIN

2. Komponen Ragum

Komponen pada ragum mesin gergaji logam GREAT CAPTAIN ini terbagi atas 4 komponen utama, yaitu:

a. Rahang Penjepit Benda Kerja

Rahang penjepit benda kerja ini berfungsi sebagai penjepit benda kerja yang akan dipotong dan terbagi atas 2 bagian, yaitu rahang bergerak (*Movable Jaw*) dan rahang tetap (*Fixed Jaw*).

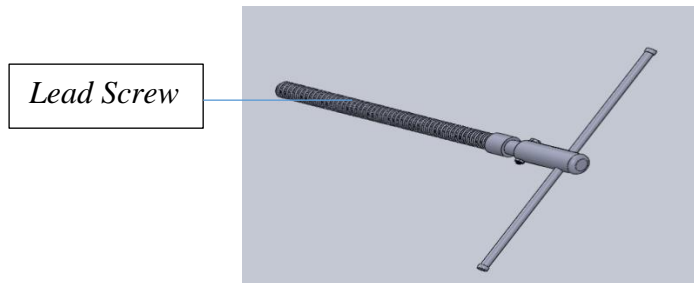


Gambar 2. 3 Rahang Penjepit

b. Poros Berulir (*Lead Screw*)

Poros berulir (*Lead Screw*) ini berfungsi sebagai poros penggerak (*Adjusting Screw*) rahang penjepit benda kerja yang dihubungkan pada

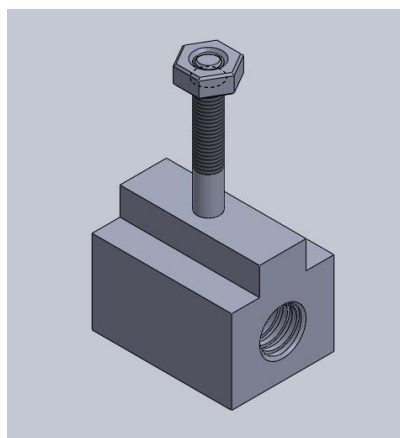
landasan tidak tetap atau *Nut* yang terpasang dibawah rahang penjepit benda kerja.



Gambar 2. 4 Poros Berulir (*Lead Screw*)

c. Landasan Tidak Tetap

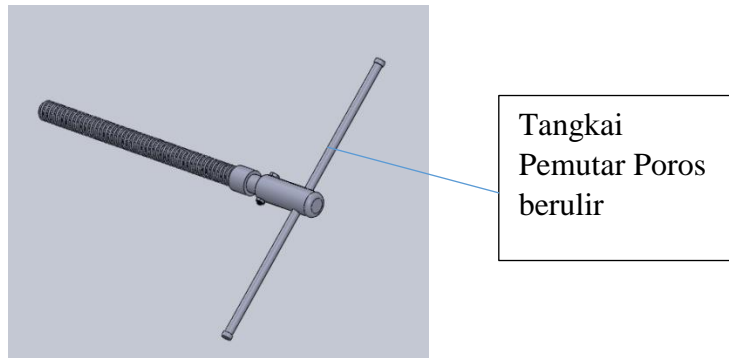
Landasan tidak.tetap ini berfungsi sebagai penggerak rahang penjepit benda kerja yang pergerakannya dipengaruhi oleh putaran dari *Lead Screw*.



Gambar 2. 5 Landasan Tidak Tetap

d. Tuas Pemutar Poros Berulir

Tuas pemutar Poros berulir ini berfungsi sebagai tumpuan untuk memutar *Lead Screw*.



Gambar 2. 6 Tangkai Pemutar Poros Berulir

D. Tinjauan Umum Pembuatan Ragum untuk Mesin Gergaji Logam GREAT CAPTAIN

Pada pembuatan ragum untuk mesin gergaji logam GREAT CAPTAIN melalui tiga proses produksi agar memiliki bentuk yang dikehendaki yaitu :

1. Proses Permesinan

Pada proses permesinan pembuatan ragum menggunakan mesin bubut, mesin frais dan mesin bor. Proses pemesinan dengan menggunakan mesin bubut konvensional bertujuan untuk melakukan penyayatan pada benda kerja yang berbentuk silinder menggunakan *chuck* rahang 3, benda kerja berbentuk kotak menggunakan *chuck* rahang 4 dan proses pembentukan ulir sesuai yang di butuhkan.

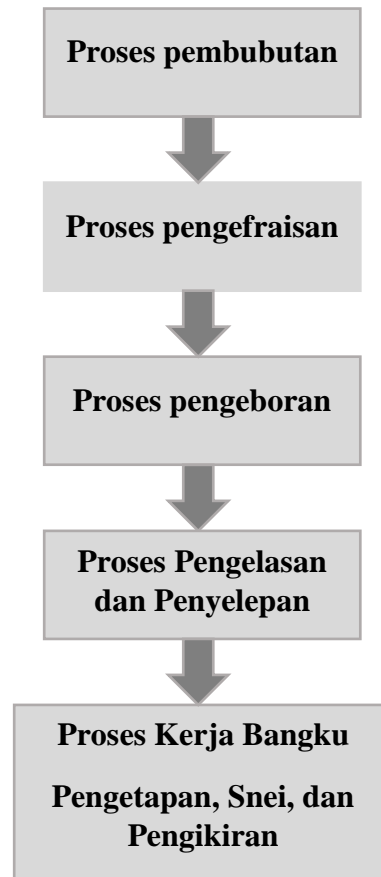
Proses pemesinan dengan menggunakan mesin frais konvensional bertujuan untuk melakukan penyayatan pada benda kerja agar memiliki ukuran dan bentuk yang sesuai dengan kebutuhan. Proses pemesinan dengan menggunakan mesin bor duduk konvensional bertujuan untuk melakukan pengeboran pada benda kerja sesuai dengan kebutuhan.

2. Proses Pengelasan

Pada proses pengelasan ini berguna untuk menyambungkan benda kerja agar menghasilkan bentuk yang diinginkan.

3. Proses Kerja Bangku

Pada proses pengerjaan ragam gergaji logam GREAT CAPTAIN yang dilakukan pada kerja bangku yaitu, proses pengetapan, *snije* untuk pembentukan ulir dan pengikiran untuk merapihkan benda kerja sisa dari proses permesina dan pengelasan.



E. Tinjauan Umum Mesin Bubut

1. Definisi Mesin Bubut

Mesin bubut adalah perkakas untuk memproduksi suatu benda yang mempunyai gerak utama berputar. Gerakan putar inilah yang menyebabkan terjadinya penyayatan oleh pahat bubut (*tool*) terhadap benda kerja. Jenis pembubutan diantaranya adalah pembubutan lurus, pembubutan tirus, pembubutan ulir, pembubutan alur, membubut atau membuat kartel membubut *eksentris*, *facing*, pengeboran dan *reaming*.

2. Parameter Mesin Bubut

a. *Feeding* dan Putaran Mesin

Feeding adalah jarak pergeseran pahat dalam satu putaran benda kerja, *feeding* akan mempengaruhi kualitas permukaan benda kerja. Untuk pengerjaan pengasaran atau awal (*roughing*) *feeding* diperbesar, sedangkan untuk penyelesaian (*finishing*) *feeding* diperkecil. Untuk *feeding* pengasaran (*roughing*) adalah sebesar 0,07 sampai 0,2 mm per putaran, sedangkan untuk penyelesaian (*finishing*) adalah sebesar 0,02 sampai 0,05 mm per putaran. Dalam mengatur *feeding* dilakukan melalui tuas-tuas yang terdapat pada kepala tetap dalam keadaan mesin tidak berputar supaya tidak terjadi kerusakan pada mesin.

Putaran mesin bubut sangat dipengaruhi oleh kondisi pemotongan, sedangkan kondisi pemotongan ditentukan oleh jenis bahan yang dikerjakan, jenis bahan pahat dan sudut-sudut pahat. Dalam memebubut sebaiknya jika beban bahan berat maka putaran mesin diperlambat, sedangkan jika beban bahan ringan maka putaran mesin dinaikan. Dalam pelaksanaannya putaran mesin diatur melalui tuas pengatur putaran yang terdapat di kepala tetap. Adapun rumus mencari putaran mesin adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{Vc \times 1000}{\pi \times d}$$

(Wardaya, 2000)

Dimana: n = Putaran mesin (rpm)


Vc = Kecepatan potong pahat (meter/menit)

d = Diameter benda kerja (mm)

Tabel 2. 1 Kecepatan Potong Material

No.	Material	Pahat HSS		Pahat Carbida	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar
1	Baja perkakas	75-100	25-45	185-230	110-140
2	Baja karbon rendah	70-90	25-40	170-215	90-120
3	Baja karbon menengah	60-85	20-40	140-185	75-110
4	Perunggu	40-45	25-30	110-140	60-75
5	Aluminium	85-110	45-70	185-215	120-150
6	Besi cor	70-110	30-45	140-215	60-90

(Sumber: Wardaya, 2010)

		Spindeldrehzahl  /min			
		1	2	3	
I II	I	A	320	1550	950
		B	90	430	260
		C	240	1200	725
	II	A	220	1150	700
		B	60	300	200
		C	180	890	525

Gambar 2. 7 Tabel Putaran Mesin Bubut KNUTH

(Sumber: Manual Mesin Bubut KNUTH)

b. Waktu Kerja Mesin

Waktu kerja mesin adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan pada mesin.

Waktu kerja mesin = waktu kerja efektif mesin + waktu kerja terbuang + waktu persiapan.

Waktu kerja efektif mesin adalah waktu yang dimanfaatkan secara efektif untuk melaksanakan penyayatan benda kerja, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$T = \frac{L}{f \times n} \quad (\text{menit})$$



(Wardaya, 2000)

- Dimana: T = Waktu kerja efektif (menit)
 L = Panjang benda yang dikerjakan (mm)
 f = Feeding (mm/putaran)
 n = Putaran Mesin (rpm)

Catatan : Berlaku jika mesin dijalankan otomatis

Waktu kerja terbuang adalah waktu operasi mesin tanpa melakukan penyayatan, misal langkah balik. Jika langkah balik ini dilakukan secara otomatis, maka rumus diatas dapat digunakan untuk menghitung waktunya, jika dilakukan secara manual.

Waktu persiapan adalah waktu waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan mesin agar bisa dioperasikan dengan aman, seperti pengaturan *feeding*, pengaturan putaran, pemasangan pahat dan benda kerja.

Workpiece material	Tensile strength in kp/mm ²	1) Tool	Cutting angle clearance/top		Feed in mm/rev.				Coolant and Lubricant	
			 α°	 γ°	cutting speed v m/min				Roughing	Finishing
					0,1	0,2	0,4	0,8		
Steel St 34, St 37, St 42	up to 50.	SS S ₁	8 5	14 10	280	60	45	34	E	E or P
St 50, St 60	50...70	SS S ₁	8 5	14 10	240	44	32	24	E	E or P
St 70	70...85	SS S ₁	8 5	14 10	200	32	24	18	E	E or P
Cast steel	50...70	SS S ₁	8 5	10 6	118	34	25	19	E	dry
Alloyed steel	85...100	SS S ₁	8 5	10 6	150	24	17	12	E	E or P
Mn-Steel, Cr-Ni-steel, Cr-Mo-steel	100...140	SS S ₁	8 5	6 6	95	16	11	8	E	E or P
other alloyed steels	140...180	SS S ₁	8 5	6 6	60	9,5	6	48	E	E or P
Tool steel	150...180	SS S ₁	8 5	6 6	50	40	32	27	E	Colza oil or P
C. I. 20, C. I. 25	hardness Brinell 200...250	SS	8	0		32	18	13		
Copper alloys	hardness Brinell 80...120	H ₁ G ₁	5 5	0 6	106	90	75	63	dry or E	dry
					600	530	450	400	dry, EorL	dry

Gambar 2. 8 Tabel Feeding Mesin Bubut

(Sumber : Wijanarka, 40)

c. Kedalaman Pemakanan

Kedalaman pemotongan (mm) dapat dilakuakn dengan penyetulan. Kedalam pemotongan benda kerja berarti pengurangan garis tengah benda kerja pada pembubutan memanjang, pada pada pembubutan membidang

atau muka berarti mengurangi panjang benda kerja. Besarnya kedalaman pemotongan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$a = \frac{do - dm}{2}$$

(Wardaya, 2000)

Dimana: a = Kedalaman pemotongan atau *depth of cut* (mm)

do = Diameter awal (mm)

dm = Diameter akhir (mm)

d. Kecepatan Pemakanan

Kecepatan pemakanan pada mesin bubut adalah gerakan pemakanan oleh pahat dalam proses pembubutan. Besarnya kecepatan pemakanan tergantung pada kehalusan permukaan potong pada benda kerja yang dikehendaki. Rumus untuk mencari kecepatan pemakanan adalah sebagai berikut :

$$vf = f \times n$$

(Wardaya, 2000)

Dimana: vf = Kecepatan pemakanan (*cutting speed*) (mm/min)

f = Makan atau *feed* (mm)

n = Putaran *spindle* (rpm)

e. Kecepatan Penghasil Geram

Kecepatan untuk menghasilkan geram dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Z = A \times v$$

Dimana, penampang geram sebelumnya dipotong:

$$A = f \times a$$

Jadi,

$$Z = f \times a \times v$$

(Wardaya, 2000)

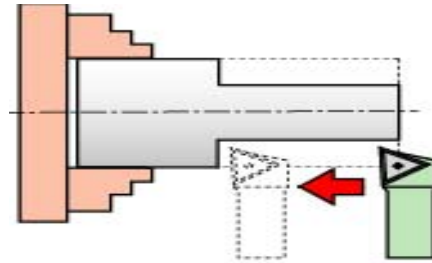
Dimana: Z = Kecepatan menghasilkan geram (mm³/min)

A = Penampang geram (mm²)

f = Makan atau *feed* (mm)

v = Kecepatan potong (m/menit)

f. Banyaknya Penyayatan
Pembubutan Silindris



Gambar 2. 9 Pembubutan Silindris

(Sumber: Hoiri Efendi, 2014)

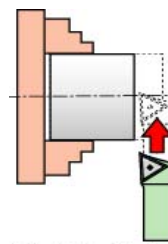
$$Z = \frac{d_1 - d_2}{2 \cdot a}$$

(Sumber: Wardaya,2000)

Dimana :

Z	= Banyaknya penyayatan	
d_1	= Diameter awal	(mm)
d_2	= Diameter akhir	(mm)
a	= Kedalaman penyayatan	(mm)

g. Pembubutan Muka (*Facing*)



Gambar 2. 10 Pembubutan Muka (*Facing*)

(Sumber: Hoiri Efendi, 2014)

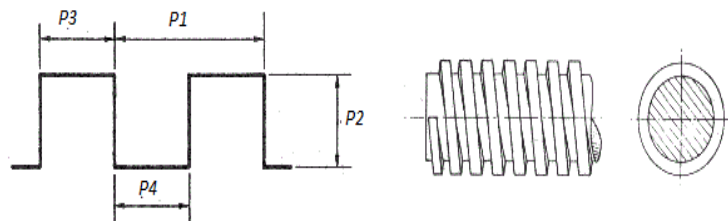
$$Z = \frac{la - lb}{a}$$

(Sumber: Wardaya,2000)

Dimana : Z = Banyaknya penyayatan
 la = Panjang awal (mm)
 lb = Panjang akhir (mm)
 a = Kedalaman penyayatan (mm)

h. Pembuatan Ulir

Ulir adalah garis atau alur melingkar pada benda kerja silinder yang mempunyai sudut kisar atau ulir tetap.



Gambar 2. 11 Ulir Segi Empat

(Sumber: Hoiri Efendi, 2014)

$$P_2 = \frac{P_1}{2}$$

$$P_3 = \frac{P_1}{2}$$

$$P_4 = \frac{P_1}{2}$$

(Sumber: Hoiri Efendi, 2014)

P_1 = jarak antar puncak ulir atau profil (mm)

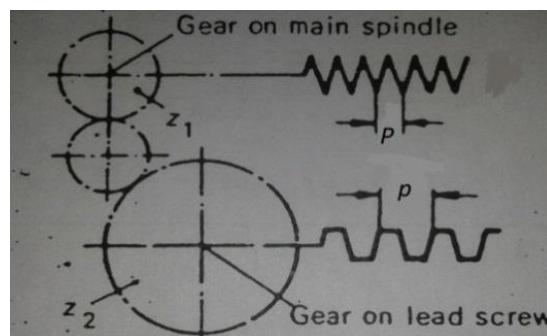
P_2 = tinggi ulir atau profil (mm)

P_3 = ketebalan ulir atau profil (mm)

P_4 = jarak antar ulir atau profil (mm)

i. Pergantian Roda Gigi pada *Gearbox*

Roda gigi yang digunakan pada *Gearbox* mesin bubut berpengaruh pada ukuran ulir yang dihasilkan, maka perlu dilakukan pergantian roda gigi penggerak *Spindle* utama dan roda gigi penggerak poros *Transportir* yang sesuai dengan ulir yang akan dibuat dengan cara menghitung jumlah gigi pada roda gigi menyesuaikan dengan jarak antar puncak ulir pada benda kerja yang dibuat dan poros transportir pada mesin bubut yang digunakan.



Gambar 2. 12 Ulir Segi Empat

(Sumber: Westermann, 1961)

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{P}{p}$$

(Sumber: Westermann, 1961)

Z_1 = Roda gigi *Spindle* utama (gigi)

Z_2 = Roda gigi penggerak poros *Transportir* (gigi)

P = *Pitch* pada benda kerja (mm)

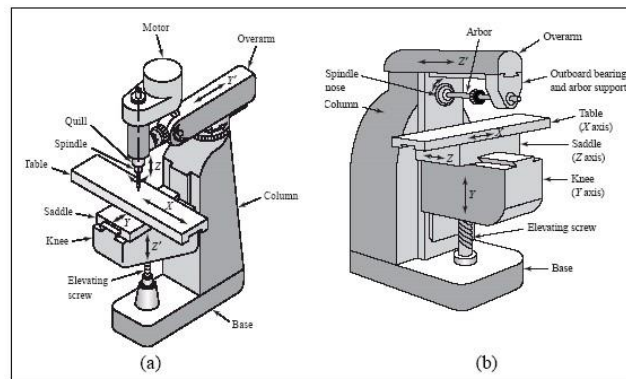
p = *Pitch* pada poros *Transportir* (mm)

Keterangan: table pembuatan ulir yang ada pada mesin sudah pasti berdasarkan rumus yang diatas agar mempermudah penulis dalam pengerjaan penguliran tanpa menghitung pergantian roda gigi.

F. Teori Umum Mesin Frais

1. Definisi Umum Mesin Frais

Proses pemesinan frais adalah proses penyayatan benda kerja dengan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak yang mengitari pahat ini bisa menghasilkan proses pemesinan 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 pahat, dan penyayatannya disebut mesin frais (Milling Machine).



Gambar 2. 13 Gambar skematik dari gerakan-gerakan dan komponen-komponen dari (a) mesin frais vertikal tipe column and knee dan (b) mesin frais horisontal tipe column and knee

(Sumber: Rahdiyanta, 2010)

2. Klasifikasi Proses Frais

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pahat , arah penyayatan, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja

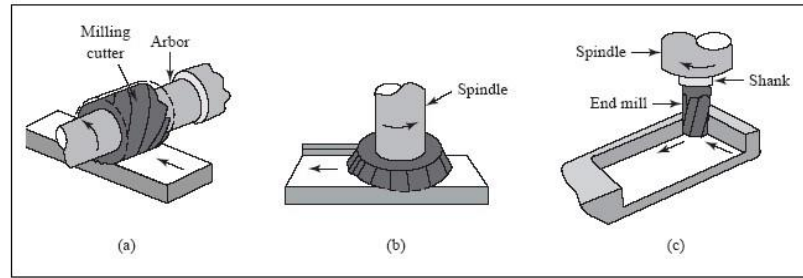


FIGURE 12.2: The three basic milling operations: (a) milling, (b) face milling, (c) end milling

Gambar 2. 14 Tiga Klasifikasi proses frais : (a) frais periperal/ slab milling, (b) frais muka/ face milling, (c) frais jari /end milling

(Sumber: Rahdiyanta, 2010)

a. Frais Periperal (*Peripheral Milling*)

Proses frais ini disebut juga slab milling, permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pahat yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu dari putaran pahat biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat.

b. Frais muka (*Face Milling*)

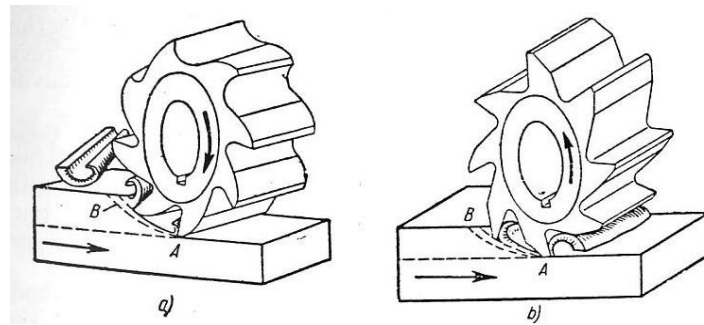
Pada frais muka, pahat dipasang pada spindel yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pahat.

c. Frais jari (*End Milling*)

Pahat pada proses frais ujung biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja. Pahat dapat digerakkan menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut. Gigi potong pada pahat terletak pada selubung pahat dan ujung badan pahat.

3 Metode Mesin Frais

Metode proses frais ditentukan berdasarkan arah relatif gerak makan meja mesin frais terhadap putaran pahat (Gambar 3.4). Metode proses frais ada dua yaitu frais naik dan frais turun.



Gambar 2. 15 a frais naik (*up milling*) dan b frais turun (*down milling*)

(Sumber: Dr. Dwi Rahdiyanta, 2010)

a. Frais naik (*Up Milling*)

Frais naik biasanya disebut frais konvensional (*conventional milling*). Gerak dari putaran pahat berlawanan arah terhadap gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh, pada proses frais naik apabila pahat berputar searah jarum jam, benda kerja disayat ke arah kanan.

Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan minimal kemudian menebal. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais konvensional/ manual, karena pada mesin konvensional backlash ulir transportirnya relatif besar dan tidak dilengkapi backlash compensation.

Proses ini tidak dapat diperuntukan benda kerja yang ukurannya tipis, maka dari itu proses ini dilakukan untuk benda yang ukurannya tebal dan membutuhkan target waktu produksi yang cepat, akan tetapi resiko pada pahat dapat menimbulkan cepat tumpul atau patah.

b. Frais turun (*Down Milling*)

Proses frais turun dinamakan juga *climb milling*. Arah dari putaran pahat sama dengan arah gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh jika pahat berputar berlawanan arah jarum jam, benda kerja disayat kekanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan maksimal kemudian menipis.

Proses frais ini sesuai untuk mesin frais CNC, karena pada mesin CNC gerakan meja dipandu oleh ulir dari bola baja, dan dilengkapi backlash

compensation. Untuk mesin frais konvensional tidak direkomendasikan melaksanakan proses frais turun, karena meja mesin frais akan tertekan dan ditarik oleh pahat.

Proses ini biasanya di gunakan untuk *finishing* proses pengerjaan karna dapat menghasilkan permukaan yang halus dan bisa digunakan untuk benda kerja yang tipis dan pemakanan yang tipis, akan tetapi prosesnya akan cukup memakan waktu yang lama.

4 Parameter Pemesinan Pada Mesin Frais

a. Kecepatan Putar

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

(Taufiq Rochim, 1993:19)

Dimana: v = Kecepatan potong (m/min)
 D = Diameter pisau (mm)
 n = Putaran mesin (rpm)

b. Kecepatan Potong

Kecepatan potong adalah panjang dari keliling benda dalam satu menit, kecepatan potong dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

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

(Taufiq Rochim, 1993:19)

Dimana: v = Kecepatan potong (m/min)
 D = Diameter pisau (mm)
 n = Putaran mesin (rpm)

Harga kecepatan potong umumnya dapat diketahui pada table 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 *table* berikut:

Tabel 2. 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)



Gambar 2.16. Kecepatan Putaran Mesin Frais EMCO F3

(Sumber: Workshop DPTM FPT UPI)

c. 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.

$$v_f = N \times Cpt \times n$$

(S.F. Krar, 1986:340)

Dimana:

- v_f = Kecepatan pergeseran pisau (mm/menit)
- N = Jumlah mata pahat enmill
- Cpt = dalamnya pemakanan (mm)
- n = Kecepatan putaran (rpm)

Tabel 2. 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	inch	Mm	Inch	Mm
<i>Alloy steel</i>	0,006	0,15	0,005	0,12	0,004	0,1	0,003	0,07	0,002	0,05	0,002	0,05
<i>Alumunium</i>	0,022	0,55	0,018	0,45	0,013	0,33	0,011	0,28	0,007	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	0,004	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	0,004	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	0,004	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	0,004	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	0,002	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	0,003	0,08	0,003	0,08

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

Tabel 2. 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)

d. 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)

e. Waktu Pemotongan

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

$$lt = lv + lw + ln \quad ln = \frac{da}{2} \times 2$$

(Taufiq Rochim, 1993:21)

Dimana: T = Waktu pemotongan (menit)

lt = Panjang total (mm)

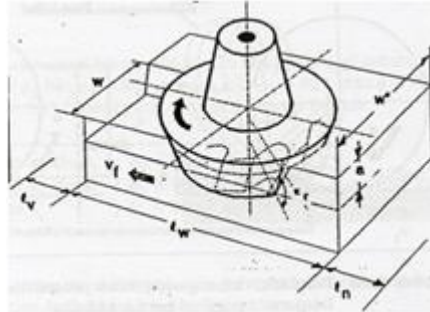
lv = Jarak bebas pisau (mm)

lw = Panjang benda kerja (mm)

ln = Jarak lebih pisau (mm)

f = Kecepatan pemakanan (m/menit)

- n = Kecepatan putaran (rpm)
 d_a = Diameter pisau (mm)



Gambar 2. 17 Proses Frais Vertikal

(Sumber: Taufiq Rochim, 1993:21)

f. Banyaknya pemakanan

Banyaknya pemakanan dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

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

(Wardaya, 2005:5)

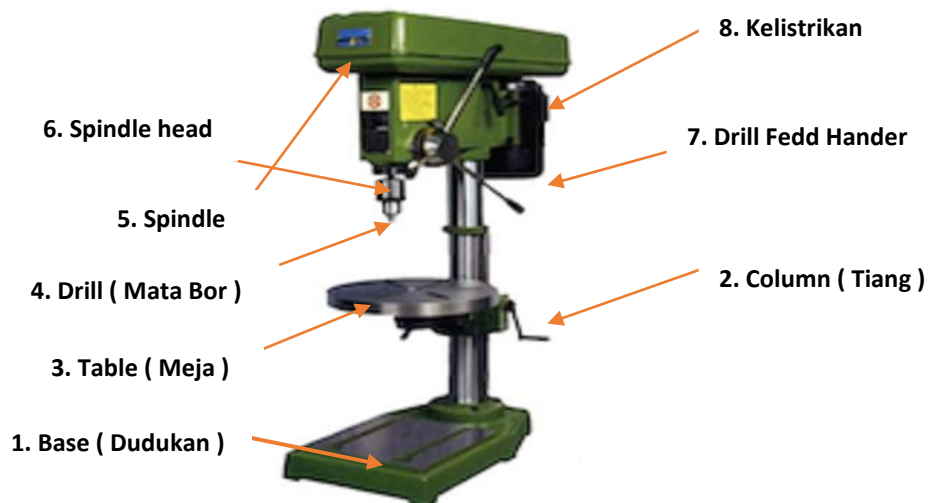
- Dimana: z = Banyaknya pemakanan
 b = Tebal yang harus dipotong (mm)
 a = Tebal pemotongan (mm)

G. Teori Umum Mesin Bor (*Drill*)

1. Definisi Mesin Bor (*Drill*)

Mesin bor adalah suatu jenis mesin gerakanya memutar alat pemotong yang arah pemakanan mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut (pengerjaan pelubangan). Sedangkan Pengeboran adalah operasi menghasilkan lubang berbentuk bulat dalam lembaran-kerja dengan menggunakan pemotong berputar yang disebut bor.

2. Bagian Bagian Mesin Bor



Gambar 2. 16 Bagian Mesin Bor

(Sumber: Rahdiyanta , 2010)

a. Dudukan (*base*)

Base ini merupakan penopang dari semua komponen mesin bor. Base terletak paling bawah menempel pada lantai, biasanya dibaut. Pemasangannya harus kuat karena akan mempengaruhi keakuratan pengeboran akibat dari getaran yang terjadi.

b. Tiang (*column*)

Bagian dari mesin bor yang digunakan untuk menyangga bagian-bagian yang digunakan untuk proses pengeboran. Kolom berbentuk silinder yang mempunyai alur atau rel untuk jalur gerak vertikal dari meja kerja.

c. Meja (*table*)

Bagian yang digunakan untuk meletakkan benda kerja yang akan di bor. Meja kerja dapat disesuaikan secara vertikal untuk mengakomodasi ketinggian pekerjaan yang berbeda atau bisa berputar ke kiri dan ke kanan dengan sumbu poros pada ujung yang melekat pada tiang (*column*).

Untuk meja yang berbentuk lingkaran bisa diputar 3600 dengan poros ditengah-tengah meja. Kesemuanya itu dilengkapi pengunci (*table clamp*) untuk menjaga agar posisi meja sesuai dengan yang dibutuhkan. Untuk menjepit benda kerja agar diam menggunakan ragum yang diletakkan di atas meja.

d. Mata Bor

Suatu alat pembuat lubang atau alur yang efisien. Mata bor yang paling sering digunakan adalah bor spiral, karena daya hantarnya yang baik, penyaluran serpih (geram) yang baik karena alur-alurnya yang berbentuk sekrup, sudut-sudut sayat yang menguntungkan dan bidang potong dapat diasah tanpa mengubah diameter bor. Bidang–bidang potong bor spiral tidak radial tetapi digeser sehingga membentuk garis-garis singgung pada lingkaran kecil yang merupakan hati bor.

e. Spindel

Bagian yang menggerakkan chuck atau pencekam, yang memegang / mencekam mata bor.

f. Spindel Head

Merupakan rumah dari konstruksi *spindle* yang digerakkan oleh motor dengan sambungan berupa *belt* dan diatur oleh *drill feed handle* untuk proses pemakananya.

g. Drill Feed Handle

Handel untuk menurunkan atau menekankan *spindle* dan mata bor ke benda kerja (pememakankan).

h. Motor Listrik

Penggerak utama dari mesin bor adalah motor listrik, untuk kelengkapannya mulai dari kabel power dan kabel penghubung, fuse/sekring, lampu indicator, saklar on/off dan saklar pengatur kecepatan.

3. Parameter Permesinan Pada Mesin Bor

Berdasarkan pekerjaan yang dilakukan, maka mesin bor dapat berfungsi untuk membuat lobang silindris dan bertingkat, membesarkan lobang, dan mengetap. Pekerjaan yang banyak menuntut ketelitian yang tinggi pada pengeboran adalah pada saat menempatkan mata bor pada posisi yang tepat di titik senter.

a. Kecepatan Putar

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

(Westermann Tables, 1961:106)

Dimana: v = Kecepatan potong (m/min)

D = Diameter pisau (mm)

n = Putaran mesin (rpm)

b. Kecepatan Potong

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

(Westermann Tables, 1961:106)

Dimana: v = Kecepatan potong (m/min)

D = Diameter pisau (mm)

n = Putaran mesin (rpm)

Tabel 2. 5 Harga *Feed* dan *Cutting Speed* Mesin Bor

Material		Diameter of Drill (mm)						
		Ø5	Ø 10	Ø 15	Ø 20	Ø 25	Ø 30	Ø 35
Steel up to 40 kgf/mm ²	<i>Feed</i> (mm/rev)	0,1	0,18	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36
	<i>Cutting speed</i> (m/min)	15	18	22	26	29	32	35
Up to 60 kgf/mm ²	<i>Cutting speed</i> (m/min)	13	16	20	23	26	28	29
Up to 80 kgf/mm ²	<i>Feed</i> (mm/rev)	0,07	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23	0,25

	<i>Cutting speed</i> (m/min)	12	14	16	18	21	23	24
<i>Up to 100 kg/mm²</i>	<i>Cutting speed</i> (m/min)	8	10	13	15	17	18	19
<i>Beyond 100 kg/mm²</i>	<i>Feed</i> (mm/rev)	0,015 s.d 0,17						
	<i>Cutting speed</i> (m/min)	6 s.d 12						
<i>Grey cast iron Up to 18 kg/mm²</i>	<i>Feed</i> (mm/rev)	0,15	0,24	0,3	0,32	0,35	0,38	0,4
	<i>Cutting speed</i> (m/min)	24	28	32	34	37	39	40
<i>Up to 22 kg/mm²</i>	<i>Cutting speed</i> (m/min)	16	18	21	24	26	27	28
<i>Grey cast iron up to 30 kg/mm²</i>	<i>Feed</i> (mm/rev)	0,1	0,16	0,2	0,24	0,28	0,3	0,3
	<i>Cutting speed</i> (m/min)	12	14	16	18	20	21	22
<i>Brass up to 40 kg/mm²</i>	<i>Feed</i> (mm/rev)	0,1	0,15	0,22	0,27	0,3	0,32	0,36
	<i>Cutting speed</i> (m/min)	60 s.d 70						
<i>Up to 60 kg/mm²</i>	<i>Feed</i> (mm/rev)	0,07	0,12	0,18	0,24	0,25	0,28	0,32
	<i>Cutting speed</i> (m/min)	40 s.d 60						
<i>Bronze up to 30 kg/mm²</i>	<i>Feed</i> (mm/rev)	0,1	0,15	0,22	0,27	0,3	0,32	0,36
	<i>Cutting speed</i> (m/min)	30 s.d 40						
<i>Up to 70 kg/mm²</i>	<i>Feed</i> (mm/rev)	0,05	0,08	0,12	0,18	0,2	0,22	0,26
	<i>Cutting speed</i> (m/min)	25 s.d 35						
<i>Aluminium (pure)</i>	<i>Feed</i> (mm/rev)	0,05	0,12	0,2	0,3	0,35	0,4	0,6
	<i>Cutting speed</i> (m/min)	80 s.d 120						
<i>Aluminium alloys</i>	<i>Feed</i> (mm/rev)	0,12	0,2	0,3	0,4	0,46	0,5	0,6

	<i>Cutting speed</i> (m/min)	100 s.d 150						
<i>Magnesium alloys</i>	<i>Feed</i> (mm/rev)	0,15	0,2	0,3	0,38	0,4	0,45	0,5
	<i>Cutting speed</i> (m/min)	200 s.d 250						

(WesstermannTables, 1961:104)

c. Waktu Pemotongan

$$Tm = \frac{L}{Sr \times n}$$

(Westermann Tables, 1961:106)

Dimana: Tm = Waktu Pemotongan (menit)

L = Kedalaman Pemakanan (mm)

= $1 + 0,3.d$

n = Putaran mesin (rpm)

Sr = Pemakanan (mm/rev)

Tabel 2. 6 Kecepatan Putar Mesin Bor

<i>Spindel</i>	<i>rpm</i>	<i>Spindel</i>	<i>Rpm</i>	<i>Spindel</i>	<i>Rpm</i>
(1) A – 4	210	(5) B – 3	500	(9) D – 3	1370
(2) A – 3	300	(6) C – 4	540	(10) C – 1	1480
(3) B – 4	350	(7) B – 1	1190	(11) D – 2	1580
(4) A – 2	420	(8) C – 2	1240	(12) D – 1	2220

(Sumber: DPTM FPTK UPI)

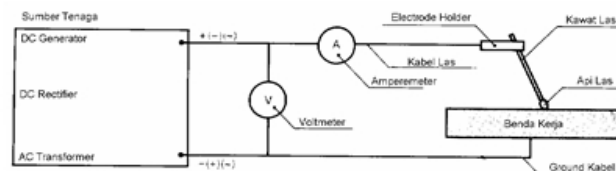
H. Teori Umum Las SMAW

1. Tinjauan Pengelasan SMAW

Proses pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding) yang juga disebut las busur listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (bahan pengisi).

Panas tersebut dihasilkan oleh lompatan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan las yang akan dilas).

Panas yang dihasilkan dari lompatan ion listrik ini besarnya dapat mencapai 4000 derajat C sampai 4500 derajat C sumber tegangan yang digunakan pada pengelasan SMAW adalah arus AC (Arus bolak balik) dan DC (Arus searah). Persyaratan dari proses SMAW adalah persediaan yang kontinyu pada electric current (arus listrik), dengan jumlah ampere dan voltage yang cukup baik kestabilan api las (Arc) akan tetap terjaga.



Gambar 2. 17 Skema proses SMAW

(Sumber: Rachmadi, S. A., 2008, hlm. III-1)

2. Pemilihan Parameter Pengelasan

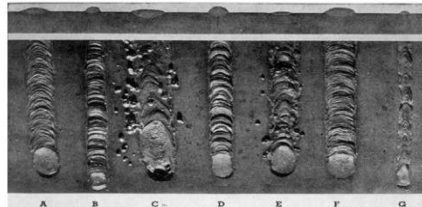
Panjang busur (*Arc Length*) yang dianggap baik lebih kurang sama dengan diameter electrode yang dipakai, kesetabilan tegangan sangat menentukan mutu pengelasan. Besarnya arus juga mempengaruhi pengelasan, dimana besarnya arus listrik pada pengelasan tergantung dari bahan dan ukuran lasan, geometri sambungan pengelasan, macam *electrode* dan diameter inti *electrode*.

Untuk pengelasan pada daerah las yang mempunyai daya serap kapasitas panas yang tinggi diperlukan arus listrik yang besar dan mungkin juga diperlukan tambahan panas. Sedangkan untuk pengelasan baja paduan, yang dapat mengeras dengan mudah akibat pendinginanyang terlalu cepat, maka untuk menahan pendinginan ini diberikan masukan panas yang tinggi yaitu dengan arus pengelasan yang besar.

Kecepatan pengelasan tergantung dari bahan induk, jenis *electrode*, diameter inti *electrode*, geometri sambungan, ketelitian sambungan agar

dapat mengelas lebih cepat diperlukan arus yang lebih tinggi. Polaritas listrik mempengaruhi hasil dari busur listrik. Sifat busur listrik pada arus searah (DC) akan lebih stabil daripada arus bolak-balik (AC). Terdapat dua jenis polaritas lurus, dimana benda kerja positif dan electrode negative (DCEN).

Polaritas balik adalah sebaliknya karakteristik dari polaritas balik yaitu pemindahan logam terjadi dengan cara penyemburan, maka polaritas ini mempunyai hasil pengelasan yang lebih dalam dibanding dengan polaritas lurus (DCEN) dari keterangan diatas dapat disimpulkan seperti pada tabel dan gambar dibawah ini:



Gambar 2. 18 Karakteristik hasil pengelasan

(Sumber: Rachmadi, S. A., 2008, hlm. III-5)

Tabel 2. 7 Karakteristik Hasil Pengelasan

NO	Karakteristik Hasil Pengelasan				
	Variabel Operasi	Suara Arc	Penetrasi	Burn Off Electrode	Bentuk Bead
1	Normal Amps, Normal, Volts, Kec. Normal,	Percikan kecil, Suara gemercak kuat	Baik, dalam dan galengan	Bentuk normal	Fusionnya sangat baik
2	Amps Rendah, Normal, Volts, Kec. Normal	Percikan tidak beraturan, suara gemercak keci	Dangkal	Tida besar, beda dgn, yang diatas.	Tonjolan tinggi
3	Amps Tinggi, Normal Volts, Kec. Normal	Suaranya seperti ledakan, jarang beraturan	Dalam dan Panjang	Coating tertinggal dan lebar serta panjang	Luas bead tidak lebar Fusionnya baik
4	Normal Amps, Normal Kecepatan, Voltsrendah	Percikan kecil dan Tenang	Kecil	Coating membentuk kawa	Tonjolan tinggi dan lebih lebar dari
5	Normal Amps, Normal Kecepatan, Volts Tinggi	Suaranya halus	Lebar dan Dangkal	Rata dan membentuk kawah	Lebar
6	F Normal Amps, Normal Volts, Kec. Rendah	Normal	Kawah Normal	Normal	Bead lebar

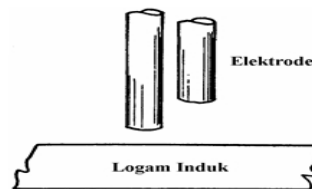
7	Normal Amps, Normal Volts, Kec. Tinggi	Normal	Kecil dan Dangkal	Normal	Bead kecil dan Undercut
---	--	--------	----------------------	--------	-------------------------------

(Sumber: Rachmadi, S. A., 2008, hlm. III-6)

3. Pelaksanaan Pengelasan

a. Penyalaan busur listrik

Penyalaan busur listrik pada pengelasan dapat dilakukan dengan melakukan hubungan singkat ujung *electrode* dengan logam induk, kemudian memisahkannya lagi sampai jarak tertentu sebagai panjang busur. Dimana panjang busur normal yaitu antara 1,6 – 3,2 mm:

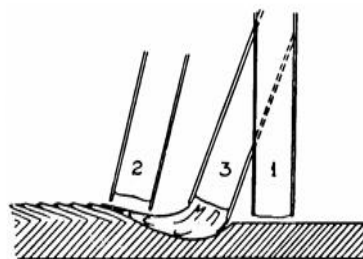


Gambar 2. 19 Cara Penyalaan

(Sumber: Rachmadi, S. A., 2008, hlm. III-6)

b. Pemadaman busur listrik

Pemadaman busur listrik dilakukan dengan menjauhkan electrode dari bahan induk, untuk menghasilkan penyambungan manik las yang baik dapat dilakukan sebelum electrode dijauhkan dari logam induk sebaiknya panjang busur listrik dikurangi lebih dahulu, baru kemudian electrode dijauhkan dalam posisi lebih dimiringkan secukupnya.



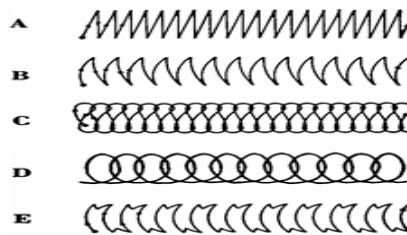
Gambar 2. 20 Cara pemadaman

(Sumber: Rachmadi, S. A., 2008, hlm. III-7)

c. Pergerakan *Electroda* Pengelasan

Ada berbagai cara didalam menggerakkan (mengayunkan *electrode* las yaitu:

- 1) *Electrode* digerakkan dengan melakukan maju dan mundur, metoda ini salah satu bentuk metoda weaving.
- 2) Bentuk weaving lainnya yaitu dengan melakukan gerakan seperti setengah bulan.
- 3) Gerakan *electrode* yang menyerupai bentuk angka 8.
- 4) *Electrode* dengan melakukan gerakan memutar.
- 5) Gerakan *electrode* dengan membentuk hesitation.



Gambar 2. 21 Bentuk gerakan *electroda*

(sumber: Rachmadi, S. A., 2008, hlm. III-8)

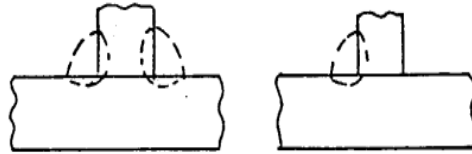
Semua gerakan mempunyai tujuan untuk mendapatkan deposit logam las dengan permukaan rata, mulus terhindar dari terjadinya takik – takik dan termasuk terak terak, yang terpenting dalam gerakan *electrode* ini adalah ketepatan sudut dan kestabilan kecepatan. Ayunan *electrode* las agar berbentuk anyaman atau lipatan manik las maka lebar las dibatasi sampai 3 (tiga) kali besarnya diameter *electrode*.

d. Bentuk Sambungan, Kampuh las dan Aplikasi Simbol las

1) Bentuk Sambungan

Secara umum sambungan las terdiri dari dua macam yaitu sambungan sudut (*fillet*) dan sambungan tumpul (*butt*).

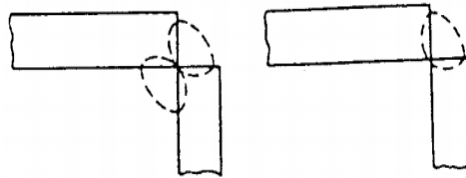
a) Sambungan sudut dalam (*T-joint* atau *L-joint*)



Gambar 2. 22 Sambungan *T-Joint* atau *L-Joint*

(Sumber: Sukaina, Tarkina, Fandi, 2013, hlm. 9)

b) Sambungan sudut luar (*Corner joint*)



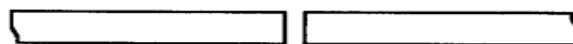
Gambar 2. 23 Sambungan *Corner Joint*

(Sumber: Sukaina, Tarkina, Fandi, 2013, hlm. 9)

2) Kampuh Las

Kampuh las adalah bentuk persiapan pada suatu sambungan. Umumnya hanya ada pada sambungan tumpul, namun ada juga pada beberapa bentuk sambungan sudut tertentu, yaitu untuk memenuhi persyaratan kekuatan suatu sambungan sudut. Bentuk kampuh las yang umumnya dipergunakan pada pekerjaan las dan fabrikasi logam adalah sebagai berikut:

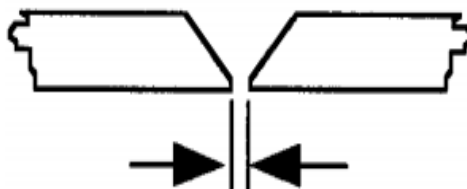
a) Kampuh I (*Open square butt*)



Gambar 2. 24 Kampuh I

(Sumber: Sukaina, Tarkina, Fandi, 2013, hlm.10)

b) Kampuh V (*Single vee butt*)



Gambar 2. 25 Kampuh V

(Sumber: Sukaina, Tarkina, Fandi, 2013, hlm.10)

3) Aplikasi Simbol Las


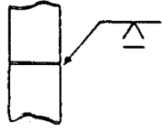

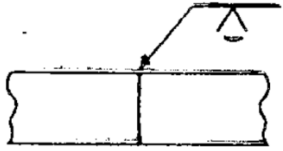
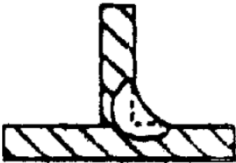
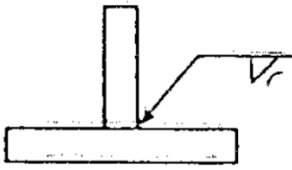
Pada pekerjaan las dan fabrikasi logam gambar kerja sangat memegang peranan penting, terutama tentang simbol las, karena dengan adanya simbol las seorang pekerja akan dapat menentukan konstruksi sambungan yang akan dikerjakan. Oleh karena itu pemahaman tentang simbol-simbol las sangat perlu dikuasai oleh seseorang yang bekerja di bidang las dan fabrikasi logam. Berikut ini adalah macam-macam simbol las secara umum/ dasar yang digunakan dalam berbagai konstruksi pengelasan.

Tabel 2. 8 Simbol Las Secara Umum

Bentuk Pengelasan	Gambar	Simbol
Sambungan Sudut (Fillet)		
Jalur Las		

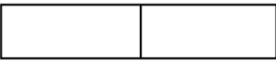
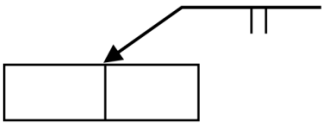
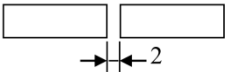
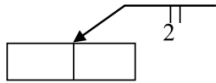
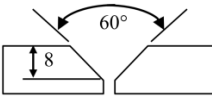
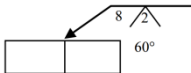
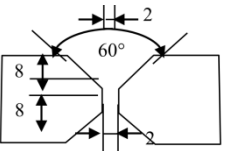
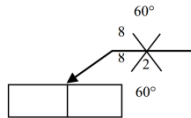
(Sumber: Sukaina, Tarkina, Fandi, 2013, hlm. 10)

Tabel 2. 9 Bentuk Permukaan Jalur Las

Tipe Pengelasan	Gambar	Simbol
Rata		
Cembung		
Cekung		

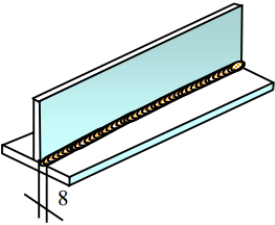
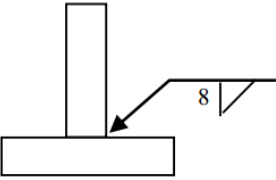
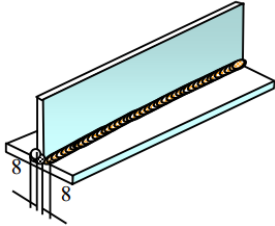
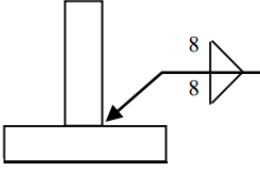
(Sumber: Sukaina, Tarkina, Fandi, 2013, hlm. 10)

Tabel 2. 10 Penerapan Simbol Las Sambungan Tumpul

Bentuk Sambungan	Gambar	Simbol
Kampuh I Tertutup		
Kampuh I Terbuka		
Kampuh V		
Kampuh X		

(Sumber: Sukaina, Tarkina, Fandi, 2013, hlm. 10)

Tabel 2. 11 Penerapan Simbol Las Sambungan Sudut

Bentuk Sambungan	Gambar	Simbol
Bentuk T dilas kontinyu pada satu sisi		
Bentuk T dilas kontinyu pada dua sisi		

(Sumber: Sukaina, Tarkina, Fandi, 2013, hlm. 10)

I. Tinjauan Umum Alat Bantu yang Digunakan

1. Jangka Sorong (*vernier caliper*)

Jangka sorong (*vernier caliper*) adalah alat ukur yang ketelitiannya dapat mencapai seperseratus milimeter. Terdiri dari dua bagian, bagian diam dan bagian bergerak. Pembacaan hasil pengukuran sangat bergantung pada keahlian dan ketelitian pengguna maupun alat.

Sebagian keluaran terbaru sudah dilengkapi dengan *display* digital. Pada versi analog, umumnya tingkat ketelitian adalah 0.05mm untuk jangka sorong dibawah 30cm dan 0.01mm untuk yang diatas 30cm. Fungsi dari jangka sorong tersebut berguna sebagai untuk mengukur bagian luar, bagian dalam, dan panjang



Gambar 2. 26 Jangka Sorong

(Sumber: Budiarto, 2001)

2. Mal Ulir

Prinsip kerja mal ulir hampir sama dengan jangka sorong yaitu sebagai alat ukur, hanya saja mal ulir digunakan untuk mengukur benda yang di ulir. Ada beberapa klasifikasi dari mal ulir, diantaranya mal ulir metris, mal ulir *withworth* dan mal ulir *union*.



Gambar 2. 27 Mal ulir

(Sumber: Budiarto, 2001)

3. Tap

Tap adalah peralatan yang digunakan untuk pembuatan ulir pada sautu benda kerja. Sebelum benda tersebut di ulir, terlebih dahulu benda tersebut dilubangi dengan menggunakan mesin bor. Ukuran diameter lubang tergantung pada besar diameter ulir yang akan dibuat. Bentuk tap dibuat secara khusus dimana ulir ulir mata potong yang dibuat secara presisi. Bahan untuk pembuatan tap adalah baja perkakas ,baja potong cepat.setelah tap dibentuk kemudian dikeraskan dan di tempering.

Dalam satu set tap, terdiri dari 3 buah yaitu tap pertama (*Intermediate tap*) mata potongnya tirus digunakan untuk pengetapan langkah awal, kemudian dilanjutkan dengan tap kedua (*Tapper tap*) untuk pembentukan ulir, sedangkan ketiga (*Bottoming tap*) dipergunakan untuk penyelesaian.



Gambar 2. 28 Tap ulir

(Sumber: Budiarto, 2001)

4. Snei

Snei adalah suatu alat yang berfungsi untuk membuat ulir luar (ulir untuk baut). Khususnya ulir yang berdiameter kecil.



Gambar 2. 29 Snei

(Sumber: Budiarto, 2001)

5. *Waterpass*

Waterpass adalah alat yang digunakan untuk mengukur atau menentukan sebuah benda atau garis dalam posisi rata baik pengukuran secara vertikal maupun horizontal, dimana alat ini terdapat dua buah alat pengecek kedataran baik untuk vertikal maupun horizontal.



Gambar 2. 30 *waterpass*

(Sumber: <https://id.wikipedia.org/wiki/Waterpass>)

6. Kikir

Kikir adalah alat perkakas tangan yang berguna untuk pengikisan benda kerja. Kegunaan kikir pada pekerjaan penyayatan untuk meratakan dan menghaluskan suatu bidang, membuat rata dan menyiku antara bidang satu dengan bidang lainnya, membuat rata dan sejajar, membuat bidang-bidang berbentuk dan sebagainya.



Gambar 2. 31 Kikir

(Sumber: *teknik otomotif.com*)

J. Tinjauan Umum Waktu Produksi

Setiap proses pembuatan suatu produk diperlukan perhitungan waktu produksi, hal ini penting dikarenakan dengan mengetahui berapa lama waktu produksi untuk membuat benda yang diinginkan, maka dapat melakukan perhitungan waktu yang diperlukan untuk setiap proses produksi. Waktu produksi yang di perlukan dapat dikelompokan menjadi dua bagian, yaitu:

1. Waktu yang dipengaruhi oleh variabel proses

$$tc = \frac{lt}{vf} - \frac{lt}{nf}$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: tc = Waktu pemotongan sesungguhnya (*real cutting time*)

lt = Diameter batu gerinda (mm)

vf = Kecepatan makan (mm/min)

$$td = \frac{tc}{T}$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: td = Waktu penggantian atau pemasangan pahat (min)

T = Umur pahat (min)

$\frac{tc}{T}$ = Bagian dari umur pahat yang digunakan untuk

menyelesaikan satu produk

2. Waktu bebas (non produktif)

$$t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{UW} + \frac{t_s}{n_t}$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana : t_a = waktu non produktif (*auxiliary time*) (min/produk)

t_{LW} = waktu pemasangan benda kerja

t_{AT} = waktu penyiapan; yaitu waktu yang diperlukan untuk membawa/menggerakkan pahat dari posisi mulai sampai pada posisi siap untuk memotong (*advance time*) (menit/produk)

t_{RT} = waktu pengakhiran; yaitu waktu yang diperlukan untuk membawa/menggerakkan pahat kembali ke posisi semula (*retracting time*) (menit/produk)

t_{UW} = waktu pengambilan produk (*time for unloading the workpiece*) (menit/produk)

$\frac{t_s}{n_t}$ = bagian dari waktu penyiapan mesin beserta perlengkapannya (*fixture & attachments*) yang dibagi rata untuk sejumlah produk yang direncanakan untuk dibuat saat itu (n_t , *lot size*)

Dengan demikian waktu pemasangan perproduk rata-rata adalah:

$$t_m = t_a + t_c + t_d \frac{t_c}{T} \quad (\text{min/produk})$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Tabel 2. 12 Kegiatan *Operator* dan Mesin (Konvensional)

Kegiatan operator	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan	
	Membubut (%)	Mengebor (%)
Kegiatan produktif		
1. Mengawasi mesin yang bekerja (aktif memotong)	36,2	34,9
2. Memasang benda kerja, penyiapan, pengakhiran, pengambilan produk (mesin tidak memotong, <i>nonproduktif</i>)	13,4	15,7
3. Mengganti pisau	1,9	1,8
4. Mengukur benda kerja (pada atau diluar mesin)	5,6	3,5
Sub total	57,1	55,9
Kegiatan persiapan		
1. Memasang / menyetel peralatan bantu / pemegang (<i>jig / fixture</i>)	16,4	12,0
2. Mempelajari gambar teknik	1,1	0,5
3. Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>simple maintenance</i>)	3,5	5,3
4. Meminta / mencari pisau atau peralatan lain / mengirim / memindahkan benda kerja	3,5	4,0
5. Diskusi dengan kepala pabrik / kelompok / membantu operator lain	1,1	0,5
Sub total	25,6	22,3
Kegiatan pribadi		
1. Pergi ke kamar kecil	2,9	2,4
2. Istirahat di dekat mesin	6,8	10,1
3. Menunggu pekerjaan	4,0	2,7
4. Berbincang dengan teman, bersanda gurau dan lain-lain	3,6	6,6
Sub total	17,3	21,8
Total	100%	100%

(Taufiq Rochim, 1993)

K. Tinjauan Umum Biaya Produksi

1. Definisi 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. Biaya produksi yang diperlukan untuk membuat komponen ragum mesin gergaji bolak-balik (*Hacksaw Machine*) King Rex *Type-HS 9104* dapat dikelompokkan menjadi enam bagian, yaitu:

a. Biaya Material

$$C_M = w \times k$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: C_M = Biaya material (Rp/produk)

w = berat material (Kg/produk)

k = harga material (Rp/Kg)

b. Biaya Pemesinan

$$C_m = c_m \times t_m$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: C_m = ongkos pemesinan (Rp/produk)

c_m = ongkos operasi mesin (mesin, operator, *overhead*)

persatuan waktu (Rp/min)

t_m = waktu pemesinan (min/produk)

c. Biaya Listrik

$$B_l = w_k + h_l$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: B_l = Biaya listrik (Rp)

w_k = Waktu kerja (Rp)

h_l = Harga listrik/kWh (Rp)

d. Biaya Tooling

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

(Taufiq Rochim, 1993)

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 Rp. 1.500 s/d Rp.
4.000)

e. Biaya Lain-Lain

$$B_n = B_1 + C_e$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: B_n = Biaya lain-lain (Rp)

B_1 = Biaya listrik (Rp)

C_e = Biaya *tooling* (Rp)

f. Biaya Produksi

$$C_p = B_o + B_m + B_n$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: C_p = ongkos produksi (Rp)

B_o = ongkos operator (Rp)

B_m = ongkos mesin (Rp)

B_n = ongkos lain-lain (Rp)

