

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Las

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu.

Berdasarkan definisi dari DIN (*Deutch Industrie Normen*) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pada waktu ini telah dipergunakan lebih dari 40 jenis pengelasan termasuk pengelasan yang dilaksanakan dengan cara menekan dua logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antara atom-atom molekul dari logam yang disambungkan. Klasifikasi dari cara-cara pengelasan ini akan diterangkan lebih lanjut.

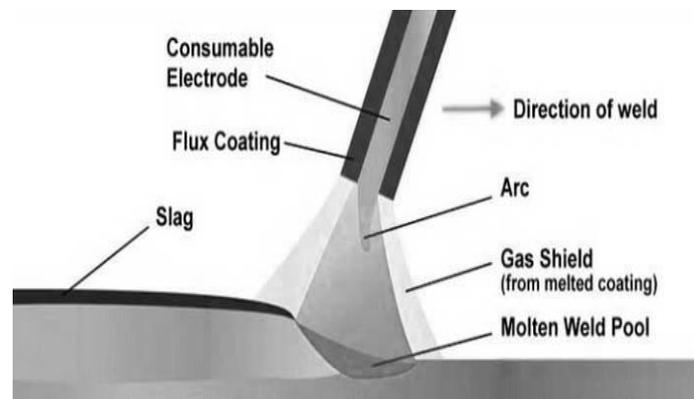
Proses pengelasan berkaitan dengan lempengan baja yang dibuat dari kristal besi dan karbon sesuai struktur mikronya dengan bentuk dan arah tertentu. Lalu sebagian dari lempengan logam tersebut dipanaskan hingga meleleh. Jika tepi lempengan logam tersebut disatukan, maka terbentuklah sambungan. Umumnya pada proses pengelasan juga dengan bahan penyambung seperti kawat atau batang las. Jika campuran tersebut sudah dingin, maka molekul kawat las yang semula merupakan bagian lain kini sudah menyatu.

Proses pengelasan tidak sama dengan penyolderan, dimana untuk penyolderan bahan dasarnya tidak meleleh. Sambungan terjadi dengan melelehkan logam lunak misalnya timah yang meresap ke pori-pori di permukaan bahan yang akan disambung. Setelah timah solder dingin, maka terjadilah sambungan.

2.1.1 Macam-Macam Pengelasan

1. *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)

Diantara macam-macam pengelasan yang ada, SMAW Sering digunakan baik untuk memenuhi kebutuhan skala rumahan maupun proyek yang besar. Pengelasan SMAW menggunakan elektroda terbungkus yang ikut mencair dan sekaligus sebagai bahan pengisi. elektroda Sekaligus berfungsi sebagai kutub negatif dan benda kerja sebagai kutub positif. Panas berasal dari adanya busur listrik yang menyebabkan elektroda dan logam dasar melebur secara bersamaan.



Gambar 2.1 Pengelasan dengan SMAW

(Sumber : *slv.co.id*)

Berikut ini arti kode kawat las *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) :

Elektroda *Mild Steel*, Misal : **E 6010**

- E : Elektroda
- 60 : Kekuatan Tarik Minimum 60 satuannya KSI (Biasanya ada tipe juga 70 dan 80 misal E 7016, E 7018, E 8010, E8018).
- 1 : Untuk semua posisi pengelasan (Untuk kode lain yaitu 2 (posisi *flat* dan horizontal) dan 3 (Posisi *flat*)).
- 0 : Jenis komposisi kimia dari *flux* yang nanti juga berpengaruh terhadap penetrasi, arus dan polaritas. Jenis digit keempat ini ada untuk lebih detailnya dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut ini :

Key to Type of SMAW Coating and Current		
Digit	Type of Coating	Current
0	High Cellulose Sodium	DC+
1	High Cellulose Potassium	AC, DC±
2	High Titania Sodium	AC, DC-
3	High Titania Potassium	AC, DC±
4	Iron Power, Titania	AC, DC±
5	Low Hydrogen Sodium	DC+
6	Low Hydrogen Potassium	AC, DC+
7	High Iron Oxide, Iron Powder	AC, DC±
8	Low Hydrogen Potassium, Iron Powder	AC, DC±

Gambar 2.2 Kode Elektroda SMAW

(Sumber : *pengelasan.net*)

Berikut ini cara menentukan arus listrik mesin las berdasarkan ukuran elektroda dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Penentuan Arus Listrik SMAW

Typical Welding Parameters of Mild Steel & Low Alloy SMAW (Electrodes)				
Diameter of Rod		Voltage (V)	Amperage (A)	
Inch	Milimeter		Flat	Vertical & Overhead
3/32	2.4	21 – 25	65 – 80	65 – 75
1/8	3.2	21 – 25	90 – 110	80 – 95
5/32	4.0	21 – 26	135 – 160	120 – 140
3/16	4.8	22 – 26	160 – 210	140 - 160

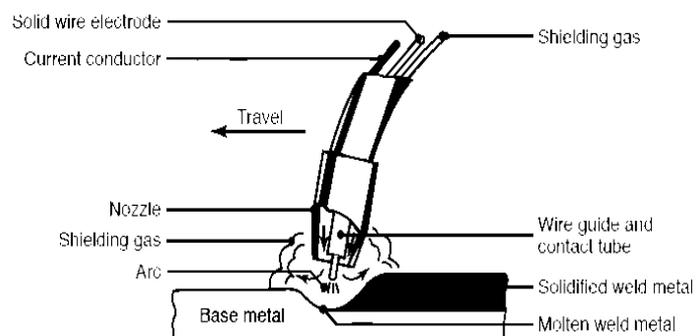
(Sumber : *Larry Jeffus, 2012*)

2. Gas Metal Arc Welding (GMAW)

GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih yang sejenis dengan menggunakan bahan tambah yang berupa kawat gulungan dan gas pelindung melalui proses pencairan. Gas pelindung dalam proses pengelasan ini berfungsi sebagai

pelindung dari proses oksidasi, yaitu pengaruh udara luar yang dapat mempengaruhi kualitas las. Gas yang digunakan dalam proses pengelasan ini dapat menggunakan gas argon, helium, argon+helium dsb. Penggunaan gas juga dapat mempengaruhi kualitas la itu sendiri.

Proses pengelasan GMAW merupakan pengelasan dengan proses pencairan logam. Proses pencairan logam ini terbentuk karena adanya busur las yang terbentuk diantara kawat las dengan benda kerja. Ketika kawat las didekatkan dengan benda kerja maka terjadilah busur las (menghasilkan panas) yang mampu mencairkan kedua logam tersebut (kawat las + benda kerja), sehingga akan mencair bersamaan dan akan membentuk suatu sambungan yang tetap. Dalam proses ini gas pelindung yang berupa gas akan melindungi las dari udara luar hingga terbentuk suatu sambungan yang tetap.



Gambar 2.3 Pengelasan dengan GMAW

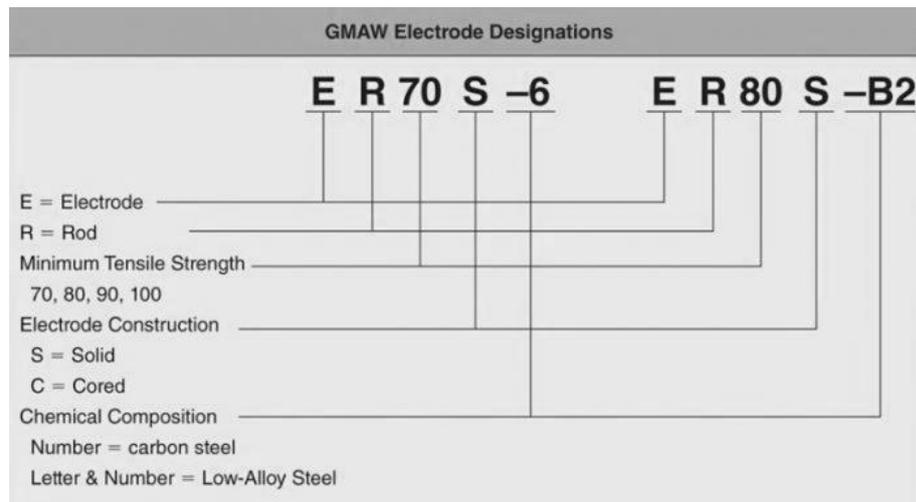
(Sumber : *slv.co.id*)

Pengertian Kode *Filler Metal Gas Metal Arc Welding* (GMAW) :

ER – 70S – 6

- E : Elektroda
- R : *Rod* (Dapat digunakan untuk GMAW, tanpa *flux*)
- 70 : Kekuatan tarik minimum KSI (70, 80 90, 100)
- S : *Solid* (Jenis elektroda Solid atau tanpa *flux*)
- 6 : Komposisi kimia, 6: *High Silicon*

Untuk lebih detailnya, arti kode pada *filler metal* GMAW dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut ini :



Gambar 2.4 Kode *Filler Metal* GMAW

(Sumber : *pengelasan.net*)

Berikut ini cara menentukan arus listrik mesin las berdasarkan ukuran elektroda dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Penentuan arus las GMAW

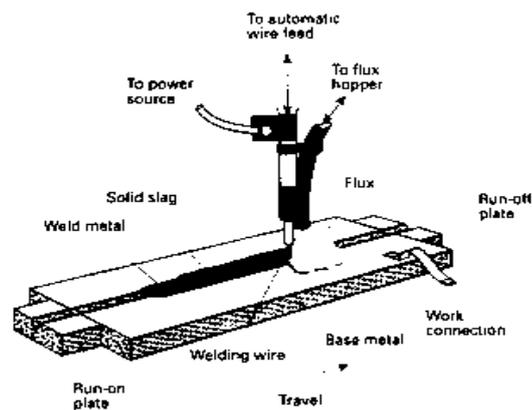
Tebal Pelat (mm)	Jenis Sambungan	Current, DCSP (amp)	Diameter Elektroda (mm)	Aliran gas Argon (cfh)	Diameter bahan tambah (mm)	Arc Speed (ipm)
1,6	Sambungan I	80-100	1,6	10	1,6	12
1,6	Sambungan T	90-110	1,6	10	1,6	10
2,38	Sambungan I	100-120	1,6	10	1,6	12
2,38	Sambungan T	120-140	1,6	10	1,6	10
3,18	Sambungan Sudut	120-140	1,6	10	2,38	12
3,18	Sambungan Tumpang	130-150	1,6	10	2,38	10
4,76	Sambungan Sudut	200-250	2,38	15	3,18	10
4,76	Sambungan tumpang	225-275	2,38	15	3,18	8

(Sumber : *Pengelasan.net*)

3. *Submerged Arc Welding* (SAW)

SAW adalah salah satu jenis las listrik dengan proses memadukan material yang dilas dengan cara memanaskan dan mencairkan metal induk dan elektroda oleh busur listrik yang terletak diantara metal induk dan elektroda. Arus dan busur lehan metal diselimuti (ditimbun) dengan butiran *flux* di atas daerah yang dilas.

SAW tidak membutuhkan tekanan dan bahan pengisi (*filler metal*) dipasang secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk diantara ujung *filler* elektroda dan metal induk yang ditimbun oleh *fluks*. Elektroda pada proses SAW terbuat dari metal padat (*solid*). Prinsip pada pengelasan ini hampir sama dengan pengelasan pada SMAW.



Gambar 2.5 Pengelasan dengan SAW

(Sumber : *slv.co.id*)

Kode Kawat Las SAW (*Submerged Arc Welding*):

F7A2-EM12K

- F : Mengindikasikan Fluks
- 7 : 70-95 KSI kekuatan tarik minimum
- A : Sebagai las lasan, jika P: *Post Weld Heat treatment*
- 2 : Minimum kekuatan impact 20 ft-lbs pada 20 derajat F
- E : Mengindikasikan Elektroda
- M : *Medium Manganese per AWS Spefications*
- 12 : 0,12% Kandungan karbon dalam elektroda
- K : *Produced from a heat of aluminium killed steel*

Berikut ini cara menentukan arus listrik mesin las berdasarkan ukuran elektroda dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3 Menentukan Kuat Arus Las SAW

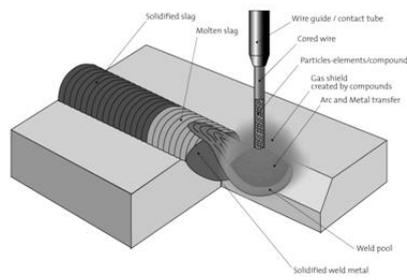
Diameter Elektroda (mm)	Arus Las (Ampere)
1,5	20 - 40
2,0	30 – 60
2,6	40 – 80
3,2	70 – 120
4,0	120 – 170
5,0	140 - 230

(Sumber : *pengelasan.net*)

4. Flux Core Arc Welding (FCAW)

Flux Core Arc Welding (FCAW) las busur berinti *flux* mirip dengan proses las GMAW, yaitu menggunakan elektroda solid dan turbular yang diumpankan secara kontinyu dari sebuah gulungan. Elektroda diumpankan melalui *gun* atau *torch* sambil menjaga busur yang terbentuk diantara ujung elektroda dengan *base metal*. FCAW menggunakan elektroda dimana terdapat serbuk *flux* di dalam batangnya.

Butiran-butiran dalam inti kawat ini menghasilkan sebagian atau semua *shielding gas* yang diperlukan. Jadi berlawanan dengan GMAW, dimana seluruh gas pelindung berasal dari sumber luar. FCAW bisa juga menggunakan gas pelindung tambahan, tergantung dari jenis elektroda, logam yang dilas, dan sifat dari pengelasan yang dikerjakan.



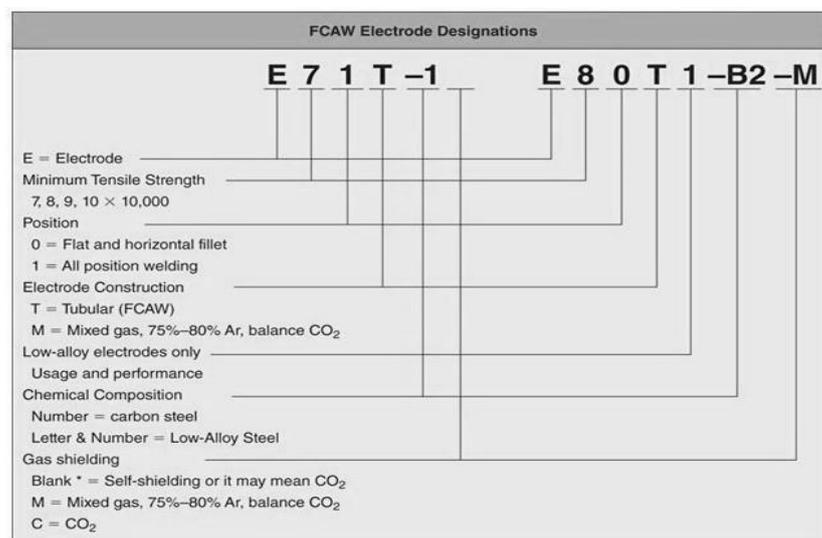
Gambar 2.6 Pengelasan dengan FCAW

(Sumber : *slv.co.id*)

Arti Kode *Filler Metal* FCAW (*Flux Core Arc Welding*):

E 71 T 1

- E : Elektroda
 7 : Kekuatan tarik minimum (7, 8, 9, 10 x 10.000 psi)
 1 : Posisi pengelasan (1: untuk semua posisi, 0: untuk posisi *flat* dan *horizontal fillet*)
 T : *Tubular* (FCAW)
 1 : Komposisi kimia (1: untuk baja karbon)



Gambar 2.7 Kode Elektroda FCAW

(Sumber : *pengelasan.net*)

Berikut ini cara menentukan arus listrik mesin las FCAW :

a. *Rutile*

Tabel 2.4 berikut ini adalah ketentuan untuk DC Positif, gas pelindung CO₂, pada penggunaan 8 – 12 L/min :

Tabel 2.4 Menentukan kuat arus FCAW dengan *Rutile*

Diameter Kawat (mm)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Stickout
1,2	150 – 320	25 – 34	19
1,6	200 – 400	26 – 35	25
2,4	290 – 525	260 – 36	25

(Sumber : *Batam Institutional Development Project*)

b. *Hydrogen Controlled*

Tabel 2.5 berikut ini adalah ketentuan untuk DC positif, gas pelindung 18% argon/CO₂ pada penggunaan 15 – 20 L/min :

Tabel 2.5 Menentukan kuat arus FCAW dengan *Hydrogen Controlled*

Diameter Kawat (mm)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Stickout
1,2	140 – 280	22 – 29	19
1,6	180 – 380	23 – 30	25

(Sumber : *Batam Institutional Development Project*)

c. Serbuk Besi

Tabel 2.6 Menentukan kuat arus FCAW dengan serbuk besi

Diameter Kawat (mm)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Stickout
1,6	350 – 400	31 -32	30

(Sumber : *Batam Institutional Development Project*)

d. *Self-Shielding*

Pengelasan hanya menggunakan DC negatif :

Tabel 2.7 Menentukan kuat arus FCAW dengan *Self-Shielding*

Diameter Kawat	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Stickout
0,9	70 -150	13 – 17	12
1,2	100 – 180	14 – 18	12
1,6	150 – 250	16 – 21	19
2,0	200 – 280	17 – 22	19
2,4	250 – 350	17 – 22	19

(Sumber : *Batam Institutional Development Project*)

5. *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW)

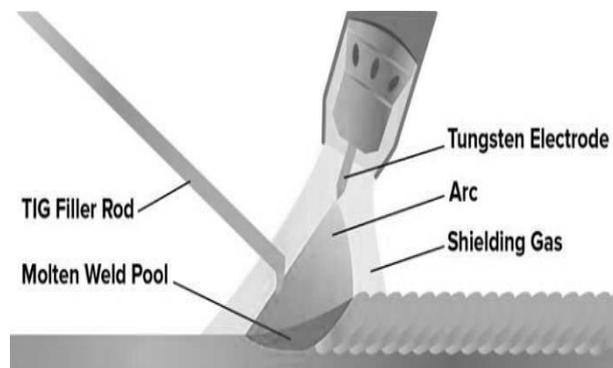
Gas tungsten arc welding (GTAW) adalah proses las busur yang menggunakan busur antara tungsten elektroda (non konsumsi) dan titik pengelasan. Proses ini digunakan dengan perlindungan gas dan tanpa

penerapan tekanan. Proses ini dapat digunakan dengan atau tanpa penambahan filler metal. GTAW telah menjadi sangat diperlukan sebagai alat bagi banyak industri karena hasil las berkualitas tinggi dan biaya peralatan yang rendah.

Prinsipnya, panas dari busur terjadi diantara elektroda *tungsten* dan logam induk akan meleburkan logam pengisi ke logam induk di mana busurnya dilindungi oleh gas mulia (Ar atau He)

Las listrik TIG (*Tungsten Inert Gas* = Tungsten Gas Mulia) menggunakan elektroda *wolfram* yang bukan merupakan bahan tambah. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda *wolfram* dan bahan dasar merupakan sumber panas, untuk pengelasan.

Sebagian bahan tambah dipakai elektroda tanpa selaput yang digerakkan dan didekatkan ke busur yang terjadi antara elektroda *wolfram* dengan bahan dasar. Sebagai gas pelindung dipakai gas *inert* seperti *argon*, *helium* atau campuran dari kedua gas tersebut yang pemakaiannya tergantung dari jenis logam yang akan dilas.



Gambar 2.8 Pengelasan dengan GTAW

(Sumber : *slv.co.id*)

Dalam pemilihan tungsten elektroda GTAW juga bermacam macam, pemilihan tersebut disesuaikan dengan jenis material yang digunakan. Oleh karena itu tidak boleh sembarangan dalam memilih tungsten agar hasil lasan yang dihasilkan dapat maksimal dan sesuai dengan standar pengelasan. Berikut ini spesifik ikasi dalam pemilihan Tungsten Elektroda GTAW.

Tabel 2.8 Spesifikasi elektroda GTAW

Type	Colour	Size (mm)	Features
Pure Tungsten	Green	0,8 – 15	Non-radioactive, suitable for AC welding of aluminium, magnesium and their alloy
Thoriated Tungsten	Yellow	0,8 – 15	Excellent electron emission and overall performances, high current-carrying capacity, radioactivity, suitable for DC welding of carbon steel, stainless steel, nickel alloy, and titanium alloy.
	Red	0,8 – 15	
Lanthanum Tungsten	Black	0,8 – 15	Non-radioactive, excellent electric conductivity and welding capacity, high current-carrying capacity, minimum ratio of burn area, substitute for thoriated tungsten electrode, mainly used in DC welding.
	Golden yellow	0,8 – 15	
	Blue	0,8 - 15	
Cerium Tungsten	Pink	0,8 – 15	Non-radioactive, easier arc initiation under low current circumstances and low arc-maintaining current, suitable for the welding of pipelines, small components and discontinuous welding.
	Orange	0,8 – 15	
	Grey	0,8 – 15	
Yttrium Tungsten	Sky Blue	0,8 – 15	Non-radioactive, long and slim arc beam with high compression, deeper burning groove under medium and high current circumstances.
Compound Rare Earth Tungsten	Cyan	0,8 - 15	Compound rare-earth tungsten electrode, different additives contributing to better performance of tungsten electrode.

(Sumber : Prof. S. Nasseri, 2012)

Berikut ini cara menentukan arus listrik mesin las GTAW berdasarkan jenis materialnya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.9 Penentuan Arus Listrik Pada Pengelasan Baja Karbon

Diameter elektroda (In)	Tebal pelat yang dilas (mm)	DCSP (amp)	Diameter bahan tambah (mm)	Kecepatan pengelasan (ipm)	Aliran gas argon (cfh)
0,25	0,25 – 0,30	15	0,5	12 – 18	8 – 10
0,50	0,31 – 0,50	5 – 20	0,5	12 – 18	8 - 10
1,0	0,50 – 08	15 – 80	1	12 – 18	8 – 10
1,60	0,90 – 1,5	100 – 140	1,6	12 – 18	8 – 10
2,40	1,6 – 3,2	140 – 170	2,4	12 – 18	8 – 10
3,2	3,2	150 – 200	3,2	10 - 12	8 – 10

(Sumber : Modul pembelajaran Center of Excellence : TIG WELDING)

Tabel 2.10 Penentuan Arus Listrik Pada Pengelasan Aluminium

Tebal pelat (mm)	Jenis sambungan	Alternating Current (AC)	Diameter Elektroda (mm)	Aliran Gas Argon (cfh)	Diameter Bahan Tambah (mm)	Jumlah Jalur Las
1,6	Sambungan I	70 – 100	1,6	20	2,4	1
3,2	Sambungan I	125 – 160	2,4	20	3,2	1
6,35	Sambungan V	225 – 275	4	30	4,75	2
9,53	Sambungan V	325 – 400	6,35	35	6,35	2
12,52	Sambungan V	375 – 450	6,35	35	6,35	3
25,4	Sambungan V	500 – 600	8 – 9,5	35 – 45	6,35 – 9,53	8 - 10

(Sumber : Modul pembelajaran Center of Excellence : TIG WELDING)

Tabel 2.11 Penentuan Arus Listrik Pada Pengelasan *Stainless Steel*

Tebal Pelat (mm)	Jenis Sambungan	Current, DCSP (amp)	Diameter Elektroda (mm)	Aliran gas Argon (cfh)	Diameter bahan tambah (mm)	Arc Speed (ipm)
1,6	Sambungan I	80-100	1,6	10	1,6	12
1,6	Sambungan T	90-110	1,6	10	1,6	10
2,38	Sambungan I	100-120	1,6	10	1,6	12
2,38	Sambungan T	120-140	1,6	10	1,6	10
3,18	Sambungan Sudut	120-140	1,6	10	2,38	12
3,18	Sambungan Tumpang	130-150	1,6	10	2,38	10
4,76	Sambungan Sudut	200-250	2,38	15	3,18	10
4,76	Sambungan tumpang	225-275	2,38	15	3,18	8

(Sumber : Modul pembelajaran Center of Excellence : TIG WELDING)

2.2 Pengertian *Fixture*

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

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

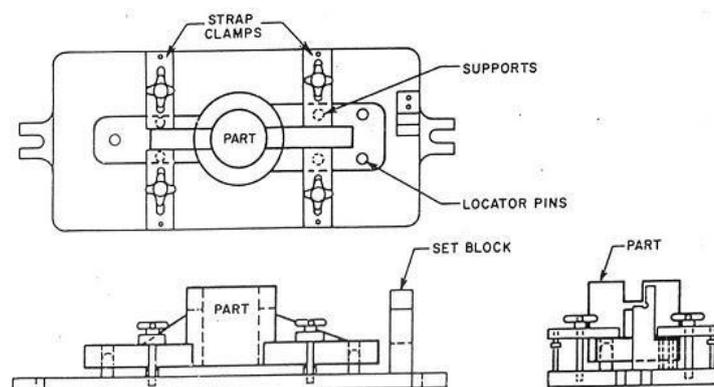
2.3 Jenis – Jenis *Fixture*

Jenis *fixture* dibedakan terutama oleh bagaimana alat bantu ini dibuat. Perbedaan utama dengan *jig* adalah beratnya. *Fixture* dibuat lebih kuat dan berat dari *jig* dikarenakan gaya perkakas yang lebih tinggi.

Ditinjau dari bentuk pekerjaannya, maka *fixture* dapat diklasifikasikan menjadi enam bentuk yaitu sebagai berikut :

1. *Fixture* Pelat (*Plate Fixture*)

Fixture pelat adalah bentuk paling sederhana dari *fixture* (gambar 2.9). *Fixture* dasar dibuat dari pelat datar yang mempunyai variasi klem dan *locator* untuk memegang dan memposisikan benda kerja. Konstruksi *fixture* ini sederhana sehingga bisa digunakan pada hampir semua proses pemesinan.

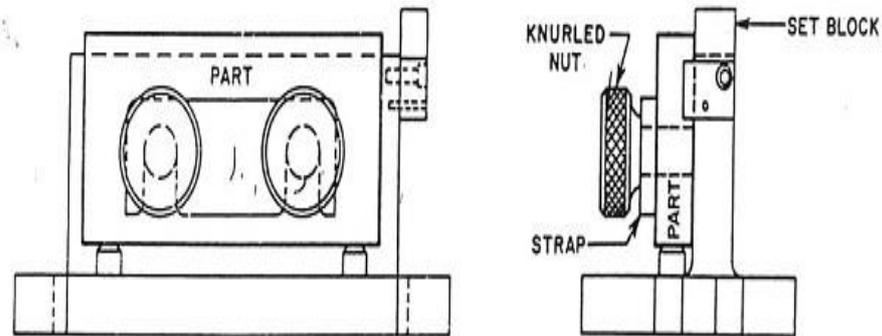


Gambar 2.9 *Fixture* pelat

(Sumber : *Fatahul Arifin*, 2018)

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

Fixture pelat sudut adalah variasi dari *fixture* pelat. Dengan *fixture* jenis ini, komponen biasanya dicekam pada sudut tegaklurus terhadap *locatornya*. Bentuk dari *fixture* ini dapat dilihat pada gambar 2.10.

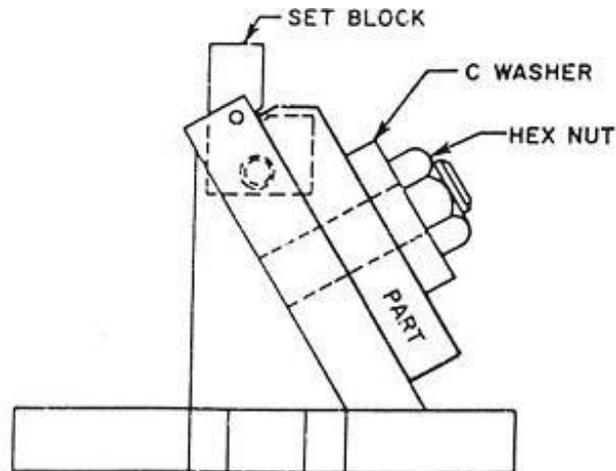


Gambar 2.10 *Fixture* pelat sudut

(Sumber : *Fatahul Arifin, 2018*)

3. *Fixture* Dapat Diubah Sudut (*Modified Angle-Plate Fixture*)

Sementara sebagian besar sudut piringan *Fixture* dibuat dengan sudut 90° ada kalanya diperlukan sudut yang lain. Dalam kasus ini, sudut piringan pengecam yang sudutnya dapat diatur sesuai kebutuhan dapat menggunakan *fixture* tipe ini. Bentuk dari *fixture* ini dapat dilihat pada gambar 2.11 berikut.

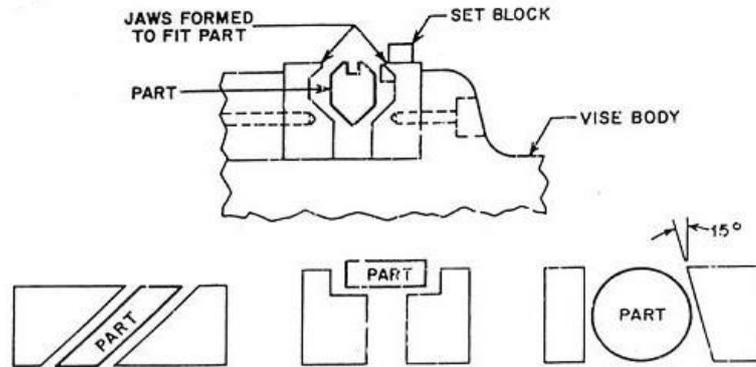


Gambar 2.11 *Fixture* pelat sudut modifikasi

(Sumber : *Fatahul Arifin, 2018*)

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

Fixture vise-jaw digunakan untuk permesinan dengan komponen kecil. Dengan alat ini, *vise jaw* standar digantikan dengan *jaw* yang dibentuk sesuai dengan bentuk komponen. Bentuk dari *Fixture* ini dapat dilihat pada Gambar 2.12 berikut ini :



Gambar 2.12 *Fixture vise-jaw*

(Sumber : *Fatahul Arifin, 2018*)

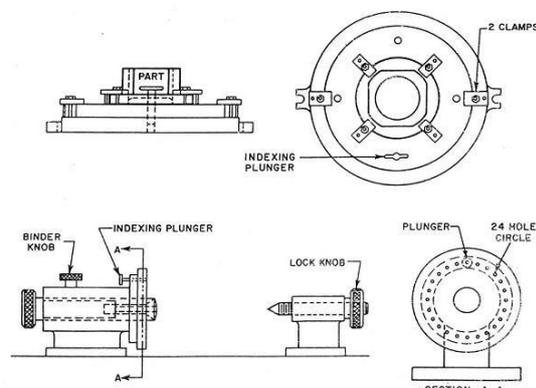
5. *Fixture Index (Indexing fixture)*

Fixture index (Gambar 2.14) mempunyai bentuk yang hampir sama dengan *jig indexing*. *Fixture* jenis ini digunakan untuk pemesinan komponen yang mempunyai detail pemesinan untuk rongga yang detail. Gambar 2.13 adalah contoh komponen yang menggunakan *fixture* jenis ini.



Gambar 2.13 Benda Kerja dengan menggunakan *Fixture indeks*

(Sumber : *Fatahul Arifin, 2018*)



Gambar 2.14 *Fixture Indeks*

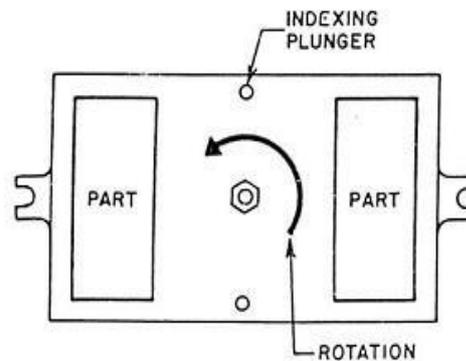
(Sumber : *Fatahul Arifin, 2018*)

6. *Fixture Multistation*

Fixture Multistation digunakan terutama untuk siklus pemesinan yang cepat dan produksi secara terus menerus.

a. *Fixture duplex*

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.

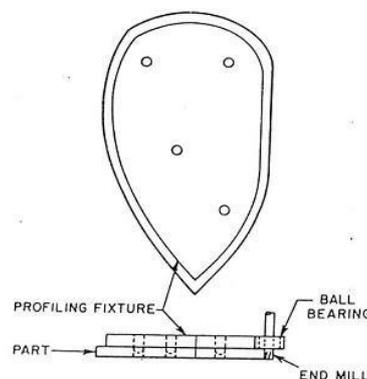


Gambar 2.15 *Fixture duplex*

(Sumber : *Fatahul Arifin, 2018*)

b. *Fixture Profil*

Fixture profil digunakan mengarahkan perkakas untuk pemesinan kontur di mana mesin secara normal tidak bisa melakukannya. Kontur bisa internal atau eksternal. Gambar 2.22 memperlihatkan bagaimana nok/*cam* secara akurat memotong dengan tetap menjaga kontak antara *fixture* dan bantalan pada pisau potong frais.



Gambar 2.16 *Fixture profil*

(Sumber : *Fatahul Arifin, 2018*)

2.4 Dasar-dasar Pemilihan Bahan

Setiap perencanaan rancang bangun memerlukan pertimbangan-pertimbangan bahan agar bahan yang digunakan sesuai dengan yang direncanakan. Hal-hal penting dan mendasar harus diperhatikan dalam pemilihan bahan. (Sularso:1997)

1. Sifat Mekanis Bahan

Dalam merencanakan suatu alat, haruslah terlebih dahulu mengetahui sifat mekanis bahan sehingga dapat mengetahui beban, tegangan dan gaya yang terjadi.

2. Sifat Fisis Bahan

Untuk menentukan bahan apa yang digunakan, kita juga harus mengetahui sifat fisisnya. Sifat fisis bahan adalah kekerasan, ketahanan terhadap korosi, titik leleh, dan lain-lain.

3. Sifat Teknik Bahan

Kita harus mengetahui juga sifat teknis bahan, agar dapat diketahui bahan material yang kita gunakan dapat dikerjakan dengan permesinan atau tidak.

4. Mudah Didapat di Pasaran

Kita harus menentukan bahan yang akan kita gunakan terlebih dahulu apakah mudah didapat atau sulit.

5. Murah Harganya

Harganya juga sangat menentukan bahan apa yang kita gunakan sesuai dengan kebutuhan.

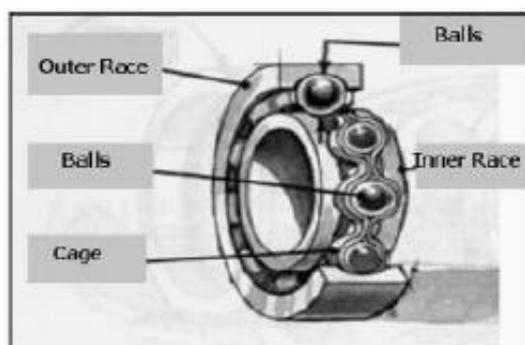
2.5 Bahan dan Komponen

Didalam suatu perencanaan alat, kita harus menentukan alat dan komponen yang kita gunakan dalam proses pembuatan. Sebelum memulai perhitungan, seorang perencana haruslah terlebih dahulu memilih dan menentukan jenis material yang akan digunakan dengan tidak lepas dari faktor-faktor yang mendukungnya. Selanjutnya untuk memilih bahan nantinya akan dihadapkan pada perhitungan yaitu apakah komponen tersebut dapat menahan gaya yang besar, gaya terhadap beban puntir, beban bengkok, atau terhadap faktor tahanan tekanan,

juga terhadap faktor koreksi yang cepat atau lambat akan sesuai dengan kondisi dan situasi tempat komponen tersebut digunakan. Didalam menentukan alat dan bahan yang akan kita gunakan nanti, beberapa faktor yang harus kita ketahui seperti ketersediaan, mudah dibentuk, dan harga yang relatif murah.

2.5.1 *Bearing* / Bantalan

Bearing (bantalan) adalah suatu elemen mesin yang digunakan untuk menumpu/mendukung dan membatasi gerak poros, sehingga putaran atau gerakan bolak baliknya berlangsung secara halus, aman dan panjang umur. Bantalan harus terbuat dari bahan yang kokoh agar poros dan komponen lainnya dapat berfungsi dengan baik. Jika bantalan terbuat dari bahan yang mudah rusak, maka komponen lainnya juga akan rusak.



Gambar 2.17 Komponen *Bearing*
(Sumber : *Diktat Elemen Mesin 1*)

Bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Bantalan berdasarkan bentuknya
 - a. Bantalan luncur (*Journal/Sliding Bearing*) adalah bantalan dimana bagian yang bergerak (berputar) dan yang diam melakukan persinggungan secara langsung. Bagian yang bergerak biasanya ujung poros yang juga disebut tap (*Journal*).
 - b. Bantalan gelinding (*Antrifiction Bearing*) adalah bantalan dimana bagian yang bergerak dan yang diam tidak bersinggungan secara langsung, tapi terdapat perantara (media). Bila perantara berbentuk bola (*Ball*) maka disebut *Ball Bearing*, tapi bila perantaranya berbentuk *Roll*, maka disebut *Roll Bearing*.

2. Bantalan berdasarkan arah gaya atau bebannya
 - a. Bantalan Radial adalah bantalan yang digunakan untuk menahan beban radial.
 - b. Bantalan Aksial adalah bantalan yang digunakan untuk menahan beban aksial (beban yang searah dengan sumbu bantalan atau sumbu putaran).

Rumus beban statistik ekivalen untuk bantalan radial :

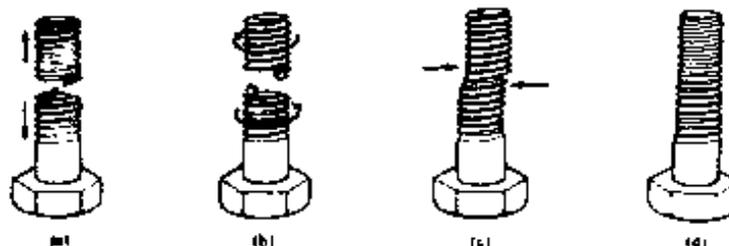
$$P = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a \dots\dots\dots (Lit. 4)$$

Keterangan :

- | | |
|-------|---|
| P | = beban ekivalen |
| F_r | = beban radial sebelumnya |
| X | = faktor radial |
| V | = faktor putaran |
| | = 1,0 untuk <i>inner ring</i> yang berputar |
| | = 1,2 untuk <i>outer ring</i> yang berputar |
| F_a | = beban aksial sebenarnya |
| Y | = faktor aksial |

2.5.2 Baut dan Mur

Baut dan mur merupakan alat pengikat yang sangat penting untuk mencegah kecelakaan atau kerusakan pada mesin. Pemilihan baut dan mur sebagai alat pengikat harus dilakukan dengan seksama untuk mendapatkan ukuran yang sesuai. Seperti pada gambar 2.18. Diperlihatkan macam-macam kerusakan yang terjadi pada baut.



Gambar 2.18 Kerusakan Pada Baut

(Sumber : Sularso dan Kiyosatsu Suga)

Dari gambar diatas dapat dilihat kerusakan yang terjadi pada baut :

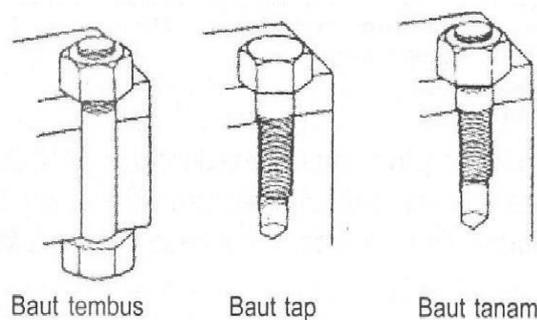
- (a). Putus karena tarikan
- (b). Putus karena puntiran
- (c). Putus karena geser
- (d). Ulir dol

Untuk menentukan ukuran baut dan mur, berbagai faktor harus diperhatikan seperti sifat gaya yang bekerja pada baut, syarat kerja, kekuatan bahan, kelas ketelitian, dll. Adapun gaya-gaya yang bekerja pada baut dapat berupa :

1. Beban status aksial murni
2. Beban aksial bersama dengan beban puntir
3. Beban geser
4. Beban tumpuan aksial

Baut digolongkan menurut bentuk kepalanya yaitu dari segi enam, *socket*, dan kepala baut mur persegi. Contoh baut dan mur diuraikan dibawah ini :

1. Baut penjepit dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :
 - a. Baut tembus, untuk menjepit dua bagian melalui lubang tembus, dimana jepitan ketatkan dengan sebuah mur.
 - b. Baut tap, untuk menjepit dua bagian dimana jepitan diketatkan dengan ulir yang di tap pada salah satu bagian.
 - c. Baut tanam, merupakan baut tanpa kepala dan diberi ulir pada kedua ujungnya. Untuk dapat menjepit dua bagian, baut ditanam pada salah satu bagian yang mempunyai lubang berulir dan jepitan diketatkan dengan sebuah mur.

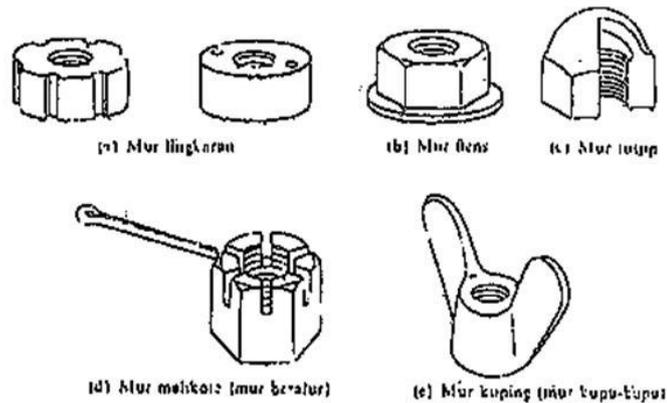


Gambar 2.19 Baut Penjepit

(Sumber : Sularso dan Kiyosatsu Suga)

2. Mur

Pada umumnya mur mempunyai bentuk segi enam, tetapi untuk pemakaian khusus dapat dipakai mur dengan bentuk yang bermacam-macam, seperti mur bulat, mur flesns, mur tutup, mur mahkota dan mur kuping.



Gambar 2.20 Macam-macam Mur

(Sumber : Sularso dan Kiyosatsu Suga)

Ditinjau dari pembebanan aksial murni, tegangan tarik yang terjadi pada baut pengikat, yaitu :

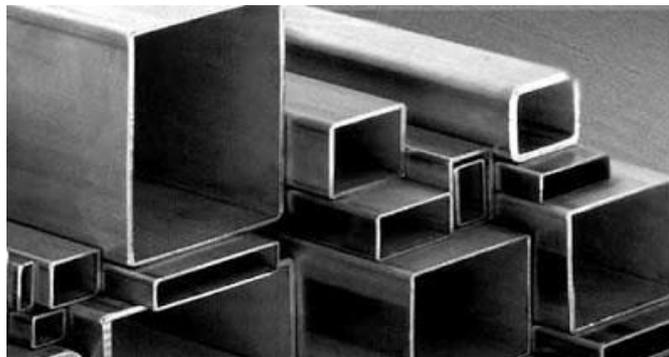
$$\sigma_t = \frac{W}{A} \dots\dots\dots \text{(Lit. 4)}$$

Dimana :

- σ_t = tegangan tarik (N/mm^2)
- W = beban (N)
- A = luas penampang baut (mm)

2.5.3 Besi *Hollow*

Besi *Hollow* adalah besi yang memiliki rongga serta terdapat penampang segi empat atau bujur sangkar. Besi *hollow* juga seringkali dikenal dengan nama pipa kotak. Besi *hollow* biasanya terbuat dari besi *galvanis*, *stainless* atau besi baja. Besi *hollow* menjadi besi yang cukup populer pada saat ini karena fungsinya yang cukup banyak dan beragam. Mulai dari kanopi, pintu pagar, pagar, pintu besi, *railing*, teralis minimalis modern, bahkan pemasangan *gypsum* dan *GRC board* menggunakan besi *hollow* sebagai salah satu komponen utamanya.



Gambar 2.21 Besi Hollow

(Sumber : *metal.beyond-steel.com*)

Panjang dari besi *hollow* sendiri berukuran 6 meter dengan ukuran lebar dan tinggi yang bervariasi yaitu, 40x40 mm, 50x50 mm, 60x60 mm, 75x75 mm, 100x100 mm, 125x125 mm, 150x150 mm, 175x175 mm dan 200x200 mm. Besi *hollow* juga mempunyai ketebalan yang berbeda-beda, yaitu dimulai dari 0.6 mm, 0.7 mm, 0.8 mm, 0.9 mm, 1.0 mm, 1.2 mm, 1.3 mm, 1.4 mm, 1.7 mm, 2.0 mm, 5.0 mm sampai dengan 10.0 mm.

Berikut adalah beberapa jenis besi *hollow*:

1. Besi *Hollow Galvanise*

Besi ini merupakan sebutan untuk pelapisan *finishing* yang terdiri dari 97% unsur *coating zinc* (besi), \pm 1% unsur coating aluminium dan sisanya adalah unsur bahan lain. Dengan komposisi bahan seperti ini, akan membuat besi *hollow* jenis ini menjadi *korosif*, terlebih lagi jika besi ini tergesek maupun terpotong. Oleh karena itu, pada penerapannya *hollow* ini harus diberikan anti karat dan jenis cat yang bagus agar tahan lebih lama meskipun diterpa hujan dan panas.

2. Besi *Hollow Galvalume*

Galvalume merupakan sebutan untuk *Zinc-Alume* yang pelapisannya mengandung unsur Alume (*Aluminium*) dan *Zinc* (besi). Untuk bahan *Galvalume* yang paling baik terdiri dari unsur coatingnya 55% Aluminium, unsur besi 43,5% dan unsur lapisan silikon 1,5%. Dilihat dari komposisi bahannya, *hollow galvalume* ini memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap korosi dibandingkan *hollow*

galvanise. Dengan kualitas yang bagus, otomatis harga dari pada *galvalume* lebih mahal daripada *galvanise*

3. Besi *Hollow Gypsum*

Hollow Gypsum adalah besi yang digunakan untuk kontruksi bangunan rangka plafon gedung ataupun rumah, dimana jenis ini dipilih karena kokoh dan juga tahan lama. Bahan yang digunakan untuk membuat *hollow gypsum* adalah besi yang terdiri dari *stainless*. Umumnya ukuran *hollow gypsum* 0.4 mm.

Rumus menghitung volume besi *hollow* dan berat rangka :

$$V = 2 \times (l + t) \times P \times b \dots\dots\dots (\text{Lit. 18})$$

$$W = \rho \times V \dots\dots\dots (\text{Lit. 18})$$

Dimana :

V	= volume (m ³)	W	= berat (kg)
l	= lebar besi (m)	ρ	= massa jenis besi (kg/m ³)
t	= tinggi besi (m)		
p	= panjang besi (m)		
b	= tebal besi (m)		

2.5.4 Poros

Poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. Poros bisa menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya.

Poros dalam sebuah mesin berfungsi untuk meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Setiap elemen mesin yang berputar, seperti cakara tali, puli sabuk mesin, piringan kabel, tromol kabel, roda jalan dan roda gigi, dipasang berputar terhadap poros dukung yang tetap atau dipasang tetap pada poros dukung yang berputar. Contohnya sebuah poros dukung yang berputar, yaitu poros roda keran pemutar gerobak.

Dimana :

- N = Putaran benda kerja (Rpm)
- V_c = Kecepatan potong (m/menit)
- D = diameter pahat bor (mm)
- L = Panjang langkah (mm)

Rumus perhitungan waktu pengerjaan :

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot N} \dots\dots\dots (Lit. 2)$$

$$L = l_a + l \dots\dots\dots (Lit. 2)$$

Dimana :

- T_m = waktu pengerjaan (menit)
- L = Kedalaman pengeboran (mm)
- S_r = Ketebalan pemakanan (mm/menit)
- l_a = Jarak awal pahat (mm)

2.6.2 Mesin Las Listrik

Las listrik dengan elektroda terbungkus merupakan cara pengelasan yang banyak digunakan. Prosesnya bila arus las tertutup dengan membenturkan elektroda diatas benda kerja dan menariknya sedikit keatas, busur api menyebabkan logam induk elektroda meneruskan energi listrik ke busur dan dilebur bersama-sama dengan lapisan *fluks*. Kekuatan api busur dibantu oleh gravitasi dan tegangan permukaan dapat memindahkan tetesa lebur kedalam genangan las, kemudian membeku dibawah tutup pelindung *fluks* dan mengeras yang disebut terak. *Fluks* juga memberikan suatu perisai gas yang melindungi logam cair terhadap ujung elektroda dan genangan cair. Dan juga *fluks* memberikan garam yang menyediakan partikel-partikel ionisasi untuk membantu penyalaan kembali busur api tersebut. Dalam proses kerangka penyambung besi digunakan las listrik dengan elektroda 2,0 mm, elektroda 6013 dan arus listrik yang digunakan 30-80 A dengan menggunakan mesin las arus bolak-balik (AC). Untuk spesifikasi elektroda dan arus yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.12 berikut.

Tabel 2.12 Ukuran elektroda dan arus listrik

Ukuran (mm)	Diameter	1,6	2,0	2,6	3,2	4,0
	Length	250	300	350	350	400
Current Range (Amp)		20 – 40	30 – 80	60 – 110	80 – 140	120 – 190

(Sumber : PT. Alam Lestari Unggul Indonesia, *Nikko Steel Welding Electrodes*)

Adapun perhitungan sambungan las seperti di bawah ini :

a. Luas Penampang Las

$$A = 2 \frac{t \cdot l}{\sqrt{2}} = 1,414 \times s \times l \dots\dots\dots (\text{Lit. 5})$$

Dimana :

- l = Panjang pengelasan (mm)
- s = Lebar kampuh las = tebal pelat (mm)
- t = Tebal las (mm)

b. Tegangan geser las

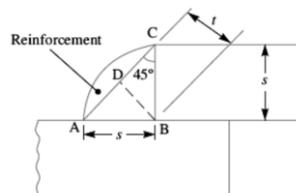
$$\tau_g = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (\text{Lit. 5})$$

Dimana :

- F = Beban yang diterima (N)
- A = Luas penampang las (mm²)

c. Tebal Pengelasan

$$t = \sin 45^\circ \times s \dots\dots\dots (\text{Lit. 5})$$



Gambar 2.22 Tebal Las Sudut

(Sumber : Ahmad Zainuri, 2010)

d. Kekuatan Pengelasan

$$P = A \times \tau_{gijin} = 1,414 \times s \times l \times \tau_{gijin} \dots\dots\dots (\text{Lit. 5})$$

Dimana :

- P = Kekuatan pengelasan (N)
- τ_{gijin} = Tegangan geser ijin bahan las (N/mm²)

2.6.3 Mesin Bubut

Mesin bubut adalah sebuah mesin yang mempunyai gerakan utama berputar pada sumbunya yang mana mesin ini digerakkan oleh motor listrik yang dihubungkan dengan sabuk dan roda gigi. Berikut ini adalah perhitungan pada pengerjaan mesin bubut :

- Putaran mesin :

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \dots\dots\dots \text{(Lit. 2)}$$

Keterangan :

- n = Putaran Mesin (rpm)
- V_c = Kecepatan potong (mm/menit)
- D = diameter mata gerinda (mm)

- Waktu Pengerjaan :

- a. Pemakanan *Facing*/melintang

$$T_f = \frac{La+r}{S_r \cdot n} \dots\dots\dots \text{(Lit. 2)}$$

Keterangan :

- T_f = waktu pengerjaan *facing* (menit)
- n = kecepatan putaran mesin (rpm)
- l_a = pemakanan awal (mm)
- S_r = kedalaman pemakanan (mm/putaran)
- r = jari – jari benda kerja (mm)

- b. Pemakanan memanjang

$$T_m = \frac{la+L}{S_r \cdot n} \dots\dots\dots \text{(Lit. 2)}$$

Keterangan :

- T_m = waktu pemakanan (menit)
- L = panjang pengerjaan (mm)
- l_a = Jarak pahat dengan benda kerja (mm)
- S_r = kedalaman pemakanan (mm/putaran)
- n = kecepatan putaran mesin (rpm)

2.6.4 Mesin Gerinda

Mesin gerinda tangan merupakan mesin yang berfungsi untuk menggerinda benda kerja. Menggerinda bertujuan untuk mengasah benda kerja seperti pisau dan pahat atau dapat juga bertujuan untuk memotong dan membentuk benda kerja, seperti merapikan hasil pemotongan, merapikan hasil las, membentuk lengkungan pada benda kerja yang bersudut, menyiapkan permukaan benda kerja untuk di las, dan lain-lain. mesin gerinda didesain untuk dapat menghasilkan kecepatan sekitar 11000-15000 rpm. Dengan kecepatan tersebut, batu gerinda yang merupakan komposisi aluminium oksida dengan kekasaran serta kekerasan yang sesuai, dapat menggerus permukaan logam sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan. Dengan kecepatan tersebut juga, mesin gerinda dapat digunakan memotong benda logam dengan menggunakan batu gerinda yang dikhususkan untuk memotong.



Gambar 2.23 Mesin Gerinda Tangan

(Sumber : *monarto.id*)