

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Pengertian Pengelasan



Gambar 2.1 Pengelasan  
(Fransiska, 2022)

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan. Pengelasan atau *welding* didefinisikan oleh DIN (*Deutsche Industrie Normen*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antar logam. Mengelas adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau

berbeda titik cair maupun strukturnya (Syahrani dkk., 2018). Adapun jenis-jenis las yaitu sebagai berikut:

### 2.1.1 Las TIG (*Tungsten Inert Gas*)

Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah jenis pengelasan gas *tungsten-arc*, dimana elektrodanya hanya digunakan sebagai pengumpan busur nyala api yang tidak mencair ketika pengelasan (Pranajaya dkk., 2019).



Gambar 2.2 Las TIG  
(Indo, 2017)

### 2.1.2 Las MIG (*Metal Inert Gas*) dan Las MAG (*Metal Active Gas*)

Pengelasan dengan menggunakan gas nyala yang dihasilkan berasal dari busur nyala listrik, dipakai sebagai pencair metal yang dilas dan metal penambah disebut juga dengan *solid wire* (Kamil, 2020).



Gambar 2.3 Las MIG  
(Perkakas, 2019)

### 2.1.3 Las Listrik (*Shield Metal Arc Welding/SMAW*)

*Shield Metal Arc Welding* (SMAW) yang juga disebut las busur listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (bahan pengisi) (Mauliza dkk., 2022).



Gambar 2.4 Las SMAW  
(Perkakas, 2019)

### 2.1.4 Las Gas atau Karbit

Las gas/karbit adalah proses penyambungan logam dengan logam (pengelasan) yang menggunakan gas asetilen ( $C_2H_2$ ) sebagai bahan bakar, prosesnya adalah membakar bahan bakar yang telah dibakar gas dengan oksigen ( $O_2$ ) sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu sekitar  $3.500\text{ }^{\circ}C$  yang dapat mencairkan logam induk dan logam pengisi (DIAN, 2021).

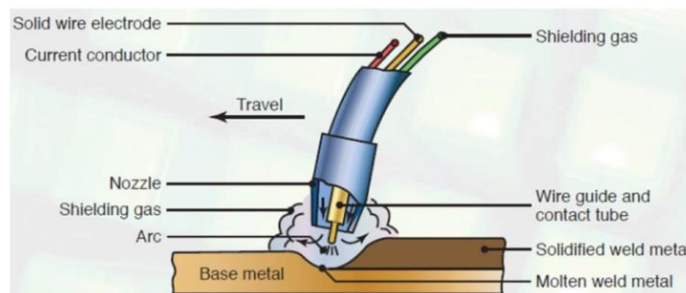


Gambar 2.5 Las Karbit  
(Perkakas, 2020)

## 2.2 Pengertian Pengelasan GMAW

Pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) adalah pengelasan yang menggunakan *shielding gas*. *Shielding gas* berfungsi sebagai pelindung logam las saat proses pengelasan berlangsung agar tidak terkontaminasi dari udara lingkungan sekitar logam lasan, karena logam lasan sangat rentan terhadap difusi hidrogen yang dapat menyebabkan cacat *porosity*. Pengelasan GMAW menggunakan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang biasa disebut MIG (Abadi dkk., 2019).

Las MIG (*Metal Inert Gas*) adalah jenis pengelasan GMAW yang menggunakan gas pelindung CO<sub>2</sub> saat proses pengelasan berlangsung. Namun kelemahan gas ini tidak dapat digunakan untuk jenis pengelasan GMAW *spray* 40 transfer, jika ingin menggunakan jenis *spray* transfer maka harus dilakukan pencampuran gas CO<sub>2</sub> dengan gas helium atau gas argon (Akhmadi & Qurohman, 2020). Las MAG (*Metal Active Gas*), adalah jenis pengelasan GMAW yang menggunakan gas pelindung argon dan helium, karena penggunaan *gas inert* atau mulia ini maka disebut dengan pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*). Untuk jenis pengelasan ini biasanya digunakan untuk material *non* logam seperti Aluminium, *stainless steel*, paduan nikel tinggi dan beberapa material lainnya (Akhmadi & Qurohman, 2020).

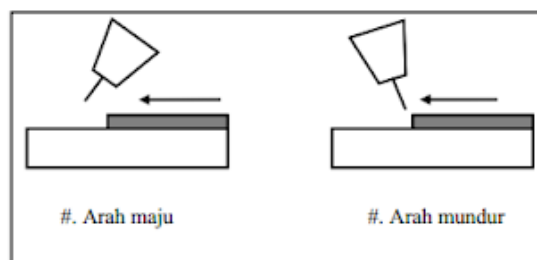


Gambar 2.6 Proses pengelasan GMAW (MIGAS, 2024)

Ada beberapa metode pengelasan MIG sebagai berikut:

### 1. Arah Pengelasan

Ada dua arah pengelasan yang dapat dilakukan pada las menggunakan GMAW: maju dan mundur. Jika pegangan atau *holder* atau *welding gun* pengelasan dipegang kanan, pengelasan dimulai dari sisi kiri. Jika dipegang tangan kanan, pengelasan dimulai dari sisi kiri ke kanan (Halimkoe, 2019).



Gambar 2.7 Arah pengelasan  
(Halimkoe, 2019)

2. Untuk konstruksi berat dan sedang, arah maju lebih disukai daripada arah mundur karena proses pengelasan akan membersihkan permukaan yang disambung lebih baik dan jalur yang dilas akan lebih jelas dibandingkan dengan arah mundur. Namun, arah mundur lebih sering digunakan untuk pengelasan logam tipis.

### 3. Gerakan Las

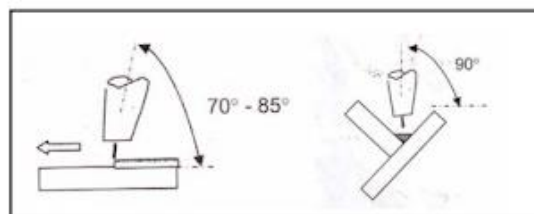
Gerakan las MIG sangat dipengaruhi oleh bentuk sambungan, tebal bahan, lebar persiapan sambungan, jenis bahan, dan posisi pengelasan semua memengaruhi gerakan las MIG. Dalam kasus di mana gerakan atau ayunan gunting tidak dapat dilakukan secara lurus, seperti saat pengelasan arah naik, diusahakan untuk

menggunakan ayunan ke samping seminimal mungkin. Maksimal lebar ayunan jalur adalah 15 mm.

#### 4. Sudut pengelasan

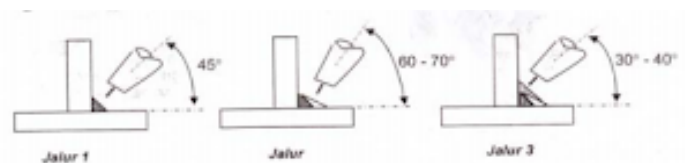
Salah satu faktor yang ikut menentukan kualitas hasil pengelasan adalah sudut pengelasan. Yang dimaksud dengan sudut pengelasan adalah sudut yang dibentuk oleh permukaan bahan dengan *welding gun*. Sudut pengelasan yang disarankan pada beberapa posisi adalah seperti berikut:

##### a. Posisi *flat* atau *horizontal*



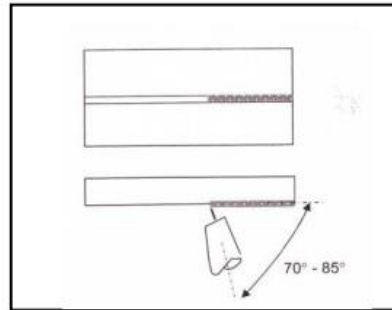
Gambar 2.8 Posisi sudut pengelasan *flat* (Halimkoe, 2019)

##### b. Posisi *horizontal* sambungan T



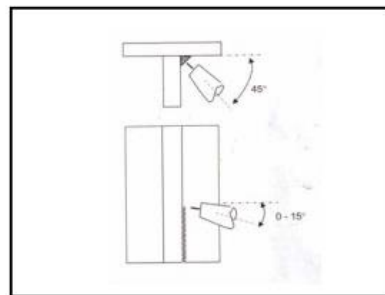
Gambar 2.9 Posisi *horizontal* sambungan T (Halimkoe, 2019)

c. Posisi *horizontal* sambungan tumpul



Gambar 2.10 Posisi sambungan tumpul  
(Halimkoe, 2019)

d. Posisi tegak



Gambar 2.11 Posisi tegak  
(Halimkoe, 2019)

### 2.2.1 Posisi Pengelasan

Untuk membantu operator memahami jenis sambungan las (*fillet* atau alur) dan posisi las, setiap las diberi nomor dan huruf 1G, 2G, 3G, 4G atau 1F, 2F, 3F, 4F untuk menunjukkan posisi dan jenis las yang diperlukan. Lasan dengan posisi 1 datar, 2 horizontal, 3 vertikal, dan 4 di atas kepala. F adalah singkatan dari las *fillet*, sedangkan G adalah las alur. Las *fillet* menyatukan dua potong logam yang tegak lurus atau miring. Las alur dibuat pada alur antar benda kerja atau antar tepi benda kerja. Dengan menggunakan sistem ini, las 2G merupakan las alur dengan posisi

horizontal (Miller, 2021). Operator las cenderung melihat sebutan ini dalam spesifikasi prosedur pengelasan (WPS). Mereka juga ditemukan pada lembar data logam pengisi, yang menunjukkan kemampuan posisi logam pengisi tertentu. Macam posisi pengelasan ini akan dijelaskan di bawah ini, bersama dengan gambar dan penjelasan.

### 1. Posisi bawah tangan (*down hand*) / I F / I G



Gambar 2.12 Posisi bawah tangan (*down hand*) / I F / I G (Miller, 2021)

Jika benda kerja terletak di atas bidang datar dan proses pengelasan dilakukan di bawah tangan, operator biasanya menggunakan posisi ini karena benda kerja akan lebih mudah dikerjakan dan hasil pengelasan akan lebih baik.

### 2. Posisi mendatar (*horizontal*) / 2 F / 2 G



Gambar 2.13 Posisi mendatar (*horizontal*) / 2 F / 2 G (Miller, 2021)



Pada posisi ini, benda kerja berdiri tegak dengan pengelasan sejajar dengan pundak operator dan sedikit menurun dibandingkan dengan posisi *downhand*.

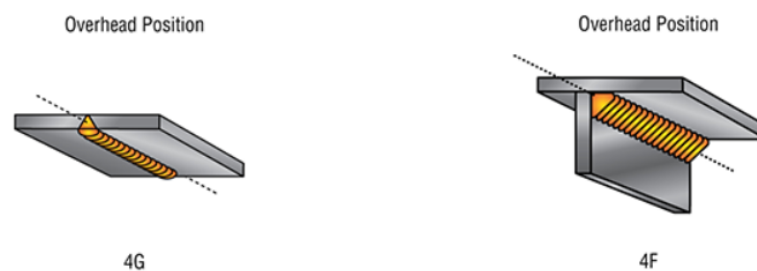
### 3. Posisi Tegak (*vertical*) / 3 F / 3 G



Gambar 2.14 Posisi Tegak (*vertical*) / 3 F / 3 G  
(Miller, 2021)

Posisi ini lebih sulit pengerjaannya, karena adanya gaya berat cairan bahan pengisi dan bahan dasar. Pada posisi ini benda kerja berdiri tegak dan pengelasan juga berjalan tegak dengan arah naik turun. Untuk mendapatkan pengelasan yang baik dibutuhkan kecakapan sang operator.

### 4. Posisi atas kepala (*over head*) / 4 F / 4 G



Gambar 2.15 Posisi atas kepala (*over head*) / 4 F / 4 G  
(Miller, 2021)

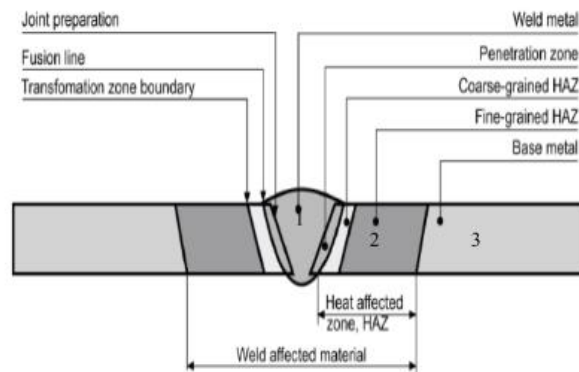
Untuk posisi yang sulit ini operator sudah harus berpengalaman dalam soal mengelas. Dan harus memakai pakaian (baju/apron) las lengkap dengan

kelengkapan lain yang berhubungan dengan keselamatan kerja. Pada pengelasan posisi *over head* benda kerja terletak diatas operator dan pengelasannya dilakukan dibawahnya.

### 2.2.2 Daerah Lasan

Daerah lasan umumnya dibagi menjadi 3 daerah utama yaitu *base metal* (BM), *weld metal* (WM), dan daerah terpengaruh panas (HAZ) (Iswanto dkk., 2017).

1. Daerah logam las (*weld metal*) adalah daerah dimana logam las mencair pada saat proses pengelasan dan suhunya diatas titik cair (pada logam murni) atau diatas garis cair (*liquidus line*).
2. Daerah terpengaruh panas (*Heat Affected Zone:HAZ*). Daerah HAZ merupakan daerah logam induk yang dipengaruhi panas, tetapi panas yang terjadi tidak sampai mencairkan logam induk tersebut. Daerah HAZ mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga menghasilkan daerah butir halus (*fine-grain*) dan butir kasar (*coarse-grain*).
3. Daerah logam induk memiliki sifat-sifat sama sebelum maupun sesudah proses pengelasan. Di daerah ini, panas yang terjadi cukup rendah sehingga tidak menyebabkan perubahan struktur mikro. Sifat mampu las baja ditentukan oleh komposisi kimia logam induk dan biasanya dinyatakan dengan *Carbon equivalent* (Cek). Menurut *International Institute of Welding* (IIW) untuk menghitung *cek plain carbon steels* dan *carbon manganese steels* dapat ditentukan dengan persamaan.



Gambar 2.16 Daerah Las  
(Iswanto dkk., 2017)

### 2.3 Sudut Kampuh V

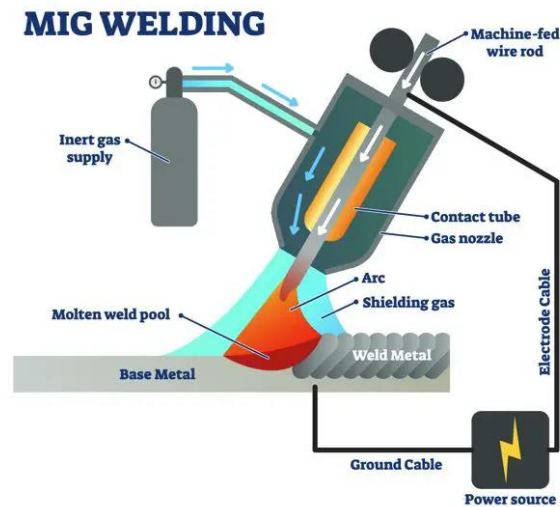
Kampuh las adalah tempat untuk pengisi logam las atau *filler metal* sehingga pada saat proses pengelasan logam induk dengan logam pengisi dapat menyatu, logam *filler* yang mencair akan mengisi kubangan (kampuh) atau alur yang telah dibentuk. Sambungan las *butt join* didefinisikan sebagai sambungan las dengan alur kampuh. Pemilihan sudut kampuh las memiliki pengaruh penting terhadap proses pengelasan. Untuk meningkatkan nilai kekuatan suatu sambungan las, kampuh las memiliki peranan penting dalam memperbaiki kekuatan sambungan las. Pada umumnya jenis kampuh yang sering digunakan dalam bidang konstruksi yaitu jenis kampuh las V tunggal. Jenis kampuh ini cocok digunakan pada ketebalan pelat antara 5-20 mm dengan sudut kampuh V antara  $60^\circ$  dan  $90^\circ$  sehingga penembusan atau penetrasi 100% dapat dicapai, namun jenis kampuh V tidak cocok untuk ketebalan pelat di bawah 5 mm. Kampuh V tunggal sangat cocok untuk menerima gaya tekan yang besar, dan bentuk kampuh ini juga tahan terhadap kondisi beban statis (Candra dkk., 2023).



Gambar 2.17 Sudut kampung V  
(Nugroho, 2023)

## 2.4 Proses Pengelasan GMAW

Proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) panas dari proses pengelasan ini di hasilkan oleh busur las yang terbentuk diantara elektroda kawat (*wire electrode*) dengan benda kerja. Selama proses las MIG (*Metal Inert Gas*), elektroda akan meleleh kemudian menjadi deposit logam las dan membentuk butiran las (*weld beads*). Gas pelindung digunakan untuk mencegah terjadinya oksidasi dan melindungi hasil las selama masa pembentukan (*solidification*) (Akhmadi & Qurohman, 2020). Proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*), beroperasi menggunakan arus searah (DC), biasanya menggunakan elektroda kawat positif ini dikenal sebagai polaritas “terbaik” (*reverse polarity*). Polaritas searah sangat jarang digunakan karena transfer logam yang kurang baik dari elektroda kawat ke benda kerja. Hal ini karena pada polaritas searah panas terletak pada elektroda. Proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*), menggunakan arus sekitar 50 A hingga mencapai 600 A, biasanya digunakan untuk tegangan las 15 volt hingga 32 volt. Adapun cara kerja las MIG dapat di lihat dalam gambar di bawah ini:



Gambar 2.18 Cara kerja las MIG  
(Sild, 2022)

## 2.5 Peralatan Utama Las MIG

Peralatan utama adalah peralatan yang berhubungan langsung dengan proses pengelasan, yakni minimum terdiri dari:

1. Mesin Las

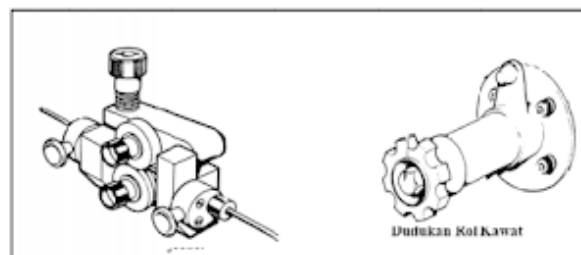


Gambar 2.19 Mesin las MIG  
(Sild, 2022)

Sistem pembangkit pada mesin las MIG (*Metal Inert Gas*) pada prinsipnya adalah sama dengan mesin SMAW yang dibagi dalam 2 golongan, yaitu: Mesin las arus bolak-balik (*Alternating current/AC Welding Machine*) dan Mesin las arus

searah (*Direct current/DC Welding Machine*), namun sesuai dengan tuntutan pekerjaan dan jenis bahan yang di las yang kebanyakan adalah jenis baja, maka secara luas proses pengelasan dengan MIG (*Metal Inert Gas*) adalah menggunakan mesin las DC (Akhmadi & Qurohman, 2020).

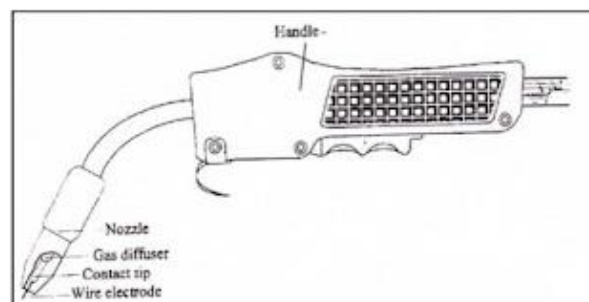
## 2. Unit Pengontrol Kawat Elektroda



Gambar 2.20 *Wire feeder*  
(Halimkoe, 2024)

Alat pengontrol kawat elektroda (*wire feeder unit*) adalah alat/perlengkapan utama pada pengelasan dengan MIG (*metal inert gas*). Alat ini biasanya tidak menyatu dengan mesin las, tapi merupakan bagian yang terpisah dan ditempatkan berdekatan dengan pengelasan (Akhmadi & Qurohman, 2020).

## 3. *Welding Gun*



Gambar 2.21 *Welding gun*  
(Halimkoe, 2024)

*Welding gun* yang digunakan dalam GMAW adalah untuk mengarahkan kawat elektroda las ke lasan.

#### 4. Kabel Las Dan Kabel Kontrol



Gambar 2.22 Kabel las dan kabel kontrol  
(Indotrading, 2020)

Pada mesin las terdapat kabel primer (*primary powercable*) dan kabel sekunder atau kabel las (*welding cable*). Kabel primer ialah kabel yang menghubungkan antara sumber tenaga dengan mesin las jumlah kawat inti pada kabel primer disesuaikan dengan jumlah fasa mesin las ditambah satu kawat sebagai hubungan pentanahan dari mesin las. Kabel sekunder ialah kabel-kabel yang dipakai untuk keperluan mengelas, terdiri dari kabel yang dihubungkan dengan tang las dan benda kerja serta kabel-kabel control (Akhmadi & Qurohman, 2020).

## 5. Regulator Gas Pelindung.



Gambar 2.23 Regulator CO2  
(Machinery, 2022)

Fungsi utama dari regulator adalah untuk mengatur pemakaian gas. Untuk pemakaian gas pelindung dalam waktu yang relatif lama, terutama gas CO<sub>2</sub> diperlukan pemanas (*heater- vaporizer*) yang dipasang antara silinder gas dan regulator. Hal ini diperlukan agar gas pelindung tersebut tidak membeku yang berakibat terganggunya aliran gas (Akhmadi & Qurohman, 2020) .

## 6. Pipa Kontak (*Torch*)



Gambar 2.24 Bentuk bentuk pipa kontak  
(Tim Fakultas UNY, 2004)



Pipa pengarah elektroda biasa juga disebut pipa kontak. Pipa kontak terbuat dari tembaga, dan berfungsi untuk membawa arus listrik ke elektroda yang bergerak dan mengarahkan elektroda tersebut ke daerah kerja pengelasan. *Torch* dihubungkan dengan sumber listrik pada mesin las dengan menggunakan kabel. Karena elektroda harus dapat bergerak dengan bebas dan melakukan kontak listrik dengan baik, maka besarnya diameter lubang dari pipa kontak sangat berpengaruh (Akhmadi & Qurohman, 2020).

#### 7. *Nozzle* Gas Pelindung



Gambar 2.25 *Nozzle* gas pelindung  
(Dileo, 2019)

*Nozzle* gas pelindung akan mengarahkan jaket gas pelindung kepada daerah las. *Nozzle* yang besar digunakan untuk proses pengelasan dengan arus listrik yang tinggi. *Nozzle* yang lebih kecil digunakan untuk pengelasan dengan arus listrik yang lebih kecil (Akhmadi & Qurohman, 2020).

## 8. Tabung gas CO<sub>2</sub>



Gambar 2.26 Tabung gas CO<sub>2</sub>  
(Sabz, 2022)

Fungsi dari tabung gas CO<sub>2</sub> adalah sebagai tempat menyimpan gas pelindung (CO<sub>2</sub>), CO<sub>2</sub> digunakan sebagai gas pelindung dan menggunakan kawat las pejal sebagai logam pengisi dan digulung dalam rol kemudian diumpankan secara terus menerus selama proses pengelasan berlangsung.

### 2.6 Elektroda Las Mig

Sesuai dengan klasifikasi elektroda *carbon steel* menurut AWS A5.18-93, elektroda *carbon steel* diberi penomoran sebagai berikut :



Gambar 2.27 Model penomoran elektroda *ferro*  
(Tim Fakultas UNY, 2004)

Elektroda untuk pengelasan MIG (*metal inert gas*) mempunyai berbagai jenis atau model elektroda (kawat elektroda). Hal ini disebabkan pengelasan menggunakan las MIG (*metal inert gas*) banyak sekali dibutuhkan tidak hanya untuk pengelasan baja karbon saja melainkan juga di gunakan untuk pengelasan *stainless steel* maupun aluminium (Tim Fakultas UNY, 2004).

Adapun jenis-jenis elektroda untuk las MIG (*metal inert gas*) adalah sebagai berikut :

1. Elektroda besi karbon, diantaranya: ER70S-3, ER70S-4, ER70S-5, ER70S-6, ER70S-7, ERS0S-D2, ER70S-G, ER70S-2.

AWS CLASS	CARBON	MANGAN	SILICON	SULFUR	PHOS	MOLYB	OTHER
ER70S-2	0.07	0.90-1.40	0.40-0.70	0.035	0.025		0.05-0.15 Ti
							0.02-0.12 Zr
							0.05-0.15 Al
ER70S-3	0.06-0.15	0.90-1.40	0.45-0.75	0.035	0.025		
ER70S-4	0.07-0.15	1.00-1.50	0.65-0.85	0.035	0.025		
ER70S-5	0.07-0.19	0.90-1.40	0.30-0.60	0.035	0.025		0.50-0.90 Al
ER70S-6	0.07-0.15	1.40-1.8	0.80-1.15	0.035	0.025		
ER70S-7	0.07-0.15	1.50-2.00	0.50-0.80	0.035	0.025		
ERS0S-D2	0.07-0.12	1.60-2.10	0.50-0.80	0.035	0.025	0.40-0.60	
ER70S-G	NOT SPECIFIED						

Gambar 2.28 Komposisi kimia untuk elektroda *carbon steel* (Tim Fakultas UNY, 2004)

2. Elektroda *stainless steel*, diantaranya: ER308L, ER308L Si, ER3091, ER316L.

AWS CLASS	ESAB DESIGNATION	CARBON	CHROM	NICKEL	MOLYB	COLU+TANT	MANGANESE	SILICON	PHOS	SULF
ER308	308	0.08	19.5-22.0	9.0-11.0			1.0-2.5	0.25-0.60	0.03	0.03
ER308L	308 L	0.03	19.5-22.0	9.0-11.0			1.0-2.5	0.25-0.60	0.03	0.03
ER309	309	0.12	23.0-25.0	12.0-14.0			1.0-2.5	0.25-0.60	0.03	0.03
ER330	310	0.08-0.15	25.0-28.0	20.0-22.5			1.0-2.5	0.25-0.60	0.03	0.03
ER312	312	0.15	28.0-32.0	8.0-30.5			1.0-2.5	0.25-0.60	0.03	0.03
ER316	316	0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0		1.0-2.5	0.25-0.60	0.03	0.03
ER316L	316 L	0.03	18.0-20.0	11.0-34.0	2.0-3.0		1.0-2.5	0.25-0.60	0.03	0.03
ER317		0.08	18.5-20.5	13.0-15.0	3.0-4.0		1.0-2.5	0.25-0.60	0.03	0.03
ER318		0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	8XC-1.0	1.0-2.5	0.25-0.60	0.03	0.03
ER320		0.07	19.0-21.0	32.0-36.0	2.0-3.0	8XC-1.0	2.5	0.6	0.03	0.03
ER347	347	0.08	19.0-21.5	9.0-11.0		10XC-1.0	1.0-2.5	0.25-0.60	0.03	0.03

Gambar 2.29 Komposisi kimia untuk elektroda *stainless steel* (Tim Fakultas UNY, 2004)

3. Elektroda aluminium

Elektroda yang paling sering digunakan adalah elektroda yang mengandung magnesium 5356 dan mengandung silikon 4043. Elektroda aluminium menggunakan standar penomoran menurut AWS A5.3.

AWS CLASS	ESAB DESIGNATION	MAGN.	IRON & SILICON	IRON	SILICON	COPPER	MANG.	CHROM.	ZINC	NICK.	TITAN.
ER1100	1100 HQ(1)	--	1.0	--	--	0.05-0.20	0.05	--	0.10	--	--
ER1260	--	--	0.40	--	--	0.04	0.01	--	--	--	--
ER2319	--	0.02	--	0.30	0.20	5.8-6.8	0.20-0.40	--	0.10	--	0.10-0.20
ER4145	--	0.15	--	0.80	9.3-10.7	3.3-4.7	0.15	0.15	0.20	--	--
ER4043	4043 HQ (1)	0.05	--	0.80	4.5-6.0	0.30	0.05	--	0.10	--	0.20
ER4047	--	0.10	--	0.80	11.0-13.0	0.30	0.15	--	0.20	--	--
ER5039	--	3.3-4.3	--	0.40	0.10	0.03	0.30-0.50	0.10-0.20	2.4-3.2	--	0.10
ER5554	5554 HQ (1)	2.4-3.0	0.40	--	--	0.10	0.50-1.0	0.05-0.20	0.25	--	0.05-0.20
ER5654	5654 HQ (1)	3.1-3.9	0.45	--	--	0.05	0.01	0.15-0.35	0.20	--	0.05-0.15
ER5356	5356 HQ (1)	4.5-5.5	0.50	--	--	0.10	0.05-0.20	0.05-0.20	0.10	--	0.06-0.20
ER5556	5556 HQ (1)	4.7-5.5	0.40	--	--	0.10	0.50-1.0	0.05-0.20	0.25	--	0.05-0.20
ER5183	5183 HQ (1)	4.3-5.2	--	0.40	0.40	0.10	0.50-1.0	0.05-0.25	0.25	--	0.15
R-CN4A	--	0.03	--	1.0	1.5	4.0-5.0	0.35	--	0.35	--	0.25
R-CN42A	--	1.2-1.8	--	1.0	0.70	3.5-4.5	0.35	0.25	0.35	1.7-2.3	0.25
R-SC51A	--	0.40-0.60	--	0.80	4.5-5.5	1.0-1.5	0.5	0.25	0.35	--	0.25
R-SG70A	--	0.20-0.40	--	0.60	6.5-7.5	0.25	0.35	--	0.35	--	0.25

Gambar 2.30 Komposisi kimia untuk elektroda aluminium (Tim Fakultas UNY, 2004)

## 2.7 Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan merupakan pengujian yang paling efektif karena dengan pengujian ini, kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material (Zulfandy, 2010). Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Sifat mekanik besi dan paduannya dapat dievaluasi menggunakan berbagai uji, termasuk uji *Brinell*, uji *Rockwell* dan uji kekerasan *Vickers* (Junaidi, 2019). Berikut penjelasan tentang tiga macam pengujian kekerasan:

1. Pengujian kekerasan dengan metode *Brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (indentor) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (spesimen) (Alatuji, 2024b).
2. Pengujian kekerasan *Rockwell* dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indentor. Penekanan indentor ke dalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pendahuluan (beban minor), kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan (Alatuji, 2024c).
3. Metode *Vickers* sebagai pengujian kekerasan material dilakukan dengan cara menekan material atau spesimen uji dengan indentor intan dengan bentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan yang berhadapan 136 derajat (Alatuji, 2024a).

### 2.7.1 Pengujian Kekerasan Metode *Rockwell*

Pengujian kekerasan adalah kemampuan suatu bahan terhadap beban dalam perubahan yang tetap. Ketika suatu benda yang akan diuji diberikan gaya tertentu yang mendapat pengaruh pembebanan, benda uji akan mengalami deformasi. Dengan melakukan tekanan pada benda yang diuji maka dapat dianalisis seberapa besar tingkat kekerasan dari bahan tersebut melalui besarnya beban yang diberikan terhadap luas bidang yang menerima pembebanan tersebut (Novotest, 2022).

Kita harus mempertimbangkan kekuatan dari benda kerja ketika memilih bahan benda tersebut. Dengan pertimbangan itu, kita cenderung memilih bahan benda kerja yang memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi. Alasannya logam keras dianggap lebih kuat apabila dibandingkan dengan logam lunak. Meskipun demikian, logam yang keras biasanya cenderung lebih rapuh dan sebaliknya, logam lunak cenderung lebih ulet dan elastis.

Adapun standar kekerasan metode pengujian *rockwell* sebagai berikut:

Skala	Penekan	Beban			Skala Kekerasan	Warna Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut intan 120°	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,558 mm (1/16")	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120°	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120°	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3,175 mm (1/8")	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,558 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558 mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175 mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175 mm	10	140	150	130	Merah
L	Bola baja 6,35 mm (1/4")	10	50	60	130	Merah
M	Bola baja 6,35 mm	10	90	100	130	Merah
P	Bola baja 6,35 mm	10	140	150	130	Merah
R	Bola baja 12,7 mm (1/2")	10	50	60	130	Merah
S	Bola baja 12,7 mm	10	90	100	130	Merah
V	Bola baja 12,7 mm	10	140	150	130	Merah

Gambar 2.31 Standar kekerasan pengujian *rockwell* (Novotest, 2022)

Dalam metode *Rockwell* ini terdapat dua macam indenter yang ukurannya bervariasi yaitu:

1. Kerucut intan dengan besar sudut  $120^\circ$  dan disebut sebagai *Rockwell Cone*.



Gambar 2.32 Kerucut intan  
(Alatuji, 2019)

2. Bola baja dengan berbagai ukuran dan disebut sebagai *Rockwell Ball*.



Gambar 2.33 Indentor bola baja  
(Talentool, 2024)

### 2.7.2 Mesin Uji Kekerasan *Rockwell*

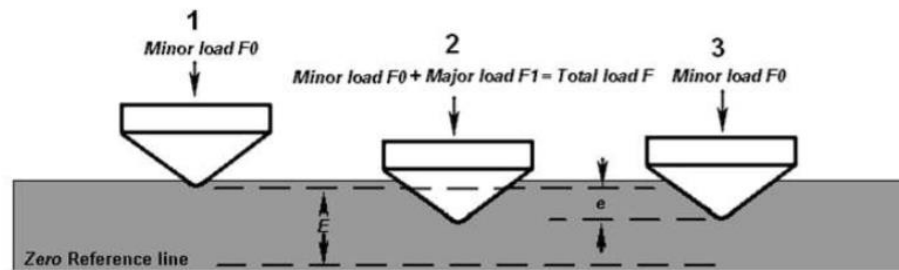


Gambar 2.34 Mesin *Rockwell*  
(Machineeeker, 2023)

Pengujian kekerasan *Rockwell* dilakukan dengan cara menekan permukaan benda uji dengan suatu indenter sebanyak dua kali penekanan. Penekanan pertama menggunakan beban 10 kg. F yang disebut beban minor, kemudian ditambah dengan beban kedua yang merupakan beban utama atau beban mayor. Besarnya beban mayor yang digunakan adalah 50 kg f, 90 kg f, atau 140 kg f tergantung pada jenis indenter dan material benda uji (atau skala uji *Rockwell*nya). Beban utama kemudian dilepas, sedangkan beban minor tetap terpasang. Sehingga beban pada benda uji kembali pada beban minor. Selisih jejak kedalaman penetrasi oleh beban mayor dan beban minor merupakan nilai yang digunakan untuk menghitung kekerasan *Rockwell*. Penerapan beban minor pada dasarnya bertujuan untuk membantu memosisikan indenter pada benda uji secara tepat dan menghilangkan pengaruh dari ketidakrataan permukaan. Permukaan benda uji menjadi siap untuk



menerima beban utama (mayor). Dengan demikian permukaan benda uji tidak perlu dipreparasi sampai benar-benar halus (Mamun & Hasanuzzaman, 2020).



Gambar 2.35 Prinsip kerja metode *rockwell*  
(Mamun & Hasanuzzaman, 2020)

Dibawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk mencari besarnya kekerasan dengan metode *Rockwell*:

$$HR = E - e$$

Dimana:

$F_0$  = Beban Minor (Minor Load) (kgf).

$F_1$  = Beban Mayor (Major Load) (kgf).

$F$  = Total beban (kgf).

$e$  = Jarak antara kondisi 1 dan kondisi 3 yang dibagi dengan 0.002 mm.

$E$  = Jarak antara indenter saat diberi minor load dan zero reference line yang untuk tiap jenis indenter berbeda-beda.

$HR$  = Besarnya nilai kekerasan dengan metode hardness.

## 2.8 Baja Karbon

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi merupakan unsur dasar dan karbon sebagai

unsur paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur penguat dalam struktur baja. Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya (Sukma & Yusuf Umardani, ST, 2012).

Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni sebagai berikut:

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lainnya (Sukma & Yusuf Umardani, ST, 2012).

2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C. Baja karbon ini memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan baja karbon rendah, baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Besarnya kandungan karbon yang terdapat dalam besi

memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, baut, pegas, dan komponen mesin lainnya (Sukma & Yusuf Umardani, ST, 2012).

### 3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,6% C – 1,4% C. Baja karbon tinggi memiliki sifat tahan panas, kekerasan serta kekuatan tarik yang sangat tinggi akan tetapi memiliki keuletan yang lebih rendah sehingga baja karbon ini menjadi lebih getas. Baja karbon tinggi ini sulit diberi perlakuan panas untuk meningkatkan sifat kekerasannya, hal ini dikarenakan baja karbon tinggi memiliki jumlah martensit yang cukup tinggi sehingga tidak akan memberikan hasil yang optimal pada saat dilakukan proses pengerasan permukaan. Dalam pengaplikasiannya baja karbon tinggi banyak digunakan dalam pembuatan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji, pembuatan kikir, pisau cukur, dan sebagainya (Sukma & Yusuf Umardani, ST, 2012).

#### **2.8.1 Baja Karbon Rendah ST 37**

Baja karbon rendah (ST37) bukan baja keras karena mengandung sedikit karbon. Baja ini disebut juga baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas yang mengandung karbon kurang dari 0,3% setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 10 - 30 kg karbon. (Usman dkk., 2024).

ST memiliki makna *steel*, 37 memiliki makna kekuatan tarik sebesar 350-400 N/mm<sup>2</sup>. Sehingga menunjukkan baja struktural, sedangkan dua digit di belakang menunjukkan kekuatan tarik dalam N/mm<sup>2</sup> (T.Baode, 2023).

Baja karbon ST 37 merupakan golongan baja karbon rendah yang mempunyai kandungan karbon 0,30 %. Hal ini dibuktikan dengan pengujian komposisi dilakukan oleh CV Prima Logam Tegal yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Unsur kandungan baja ST 37

Unsur	Nama	Kandungan Unsur (%)	STD
Fe	Ferro	<i>Balance</i>	<i>Balance</i>
C	Karbon	0,014	-
Si	Silikon	0,015	-
Mn	Mangan	0,188	-
P	Fosforus	0,086	-
S	Belerang	0,0060	-
Cr	Kromium	0,054	-
Ni	Nikel	0,010	-
Mo	Molibdenum	0,018	-
Cu	Tembaga	0,013	-
Al	Alumunium	0,031	-
V	Vanadium	0,0050	-
W	Wolfram	0,030	-
Co	Kobalt	0,0050	-
Nb	Niobium	0,0050	-
Ti	Titanium	0,0030	-
Mg	Magnesium	-	-

## 2.9 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah kondisi dalam pekerjaan yang sehat dan aman baik itu bagi pekerjaannya, perusahaan maupun bagi masyarakat dan lingkungan-lingkungan sekitar pabrik atau tempat kerja tersebut. Keselamatan dan kesehatan kerja juga merupakan suatu usaha untuk mencegah setiap perbuatan atau kondisi tidak selamat, yang dapat mengakibatkan kecelakaan (RST dkk., 2021).

Berikut ini adalah keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada saat melakukan pengelasan GMAW:

### 1. Apron



Gambar 2.36 Apron las  
(Tyotechmandiri, 2014)

Apron Las merupakan alat pelindung Diri (APD) keselamatan pada saat pengelasan. Apron ini sangat penting kegunaannya, karena saat pengelasan, proses ini memiliki resiko yang besar, bisa dibilang berbahaya. ini dikarenakan, pada saat pengelasan, ada percikan api yang muncul yang bisa mengenai kulit. tidak hanya itu, panas yang dihasilkan oleh mesin las ini memiliki temperatur yg sangat tinggi juga beresiko jika terpapar langsung. Sehingga keberadaan apron ini sangat vital saat mengerjakan pengelasan (Chandra, 2021).

## 2. Sarung tangan las



Gambar 2.37 Sarung tangan las MIG  
(Sarah, 2024)

Sarung tangan las merupakan bagian dari setelan pelindung yang mencakup helm dan apron, dan biasanya digunakan oleh tukang las untuk melindungi tangan dari sengatan listrik, panas yang ekstrem, radiasi ultraviolet dan inframerah, serta memberikan ketahanan abrasi dan cengkraman yang lebih baik. Bukan hanya itu saja, berbagai potensi bahaya lainnya yang mungkin dialami oleh tukang las di antaranya adalah percikan api, logam panas, debu, kotoran, minyak, tangan terbentur, terjepit di antara dua benda, hingga terpotong secara tidak sengaja. Itulah sebabnya sangat penting bagi tukang las untuk selalu menggunakan sarung tangan las listrik sebagai pelindung selama melakukan pekerjaan pengelasan apa pun (Naufal, 2024).

### 3. Helm las



Gambar 2.38 Helm las  
(Yudha, 2021)

Topeng las listrik adalah alat *safety* yang memiliki fungsi untuk melindungi wajah penggunanya dari percikan api, panas dan cahaya yang dihasilkan selama proses pengelasan. Topeng las sendiri umumnya terbuat dari bahan plastik ABS yang elastis, tidak mudah pecah dan tahan panas. Selain itu, topeng las juga dilengkapi dengan tiga lapisan kaca, yaitu kaca jernih, hitam dan jernih) yang melindungi mata penggunanya dari paparan cahaya saat melakukan pengelasan (Naufal, 2022).

### 4. Sepatu las



Gambar 2.39 Sepatu las  
(Achmadi, 2021)

Sepatu las terbuat dari bahan kulit dan terdapat sebuah plat baja pada bagian depannya, yang berfungsi untuk melindungi kaki dari kejatuhan benda yang berat dan benda yang tajam. Selain itu karena bersifat isolator, sepatu ini juga melindungi dari bahaya sengatan listrik (DLM, 2021).