



**POLITEKNIK
MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

TEORI LAS

OLEH

TUPARJONO,MT

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin

Kawasan Industri Air Kantung Sungailiat- Bangka 33211

Telepon 0717-93586,95252 ekst.6221

Faks. 0717-93585

<http://www.polman-babel.ac.id>

HALAMAN PENGESAHAN

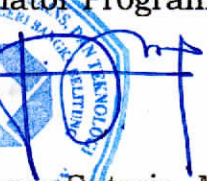
MODUL AJAR

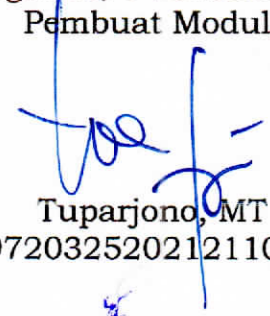
TEORI LAS

IDENTITAS MODUL

Nama Mata Kuliah : Praktik Las Listrik
Kode Mata Kuliah : LL
Semester : Ganjil Tahun 2025
Pembuat Modul : Tuparjono, MT
Program Studi : Teknik Perawatan dan Perbaikan Mesin
NIP/NIDN : 197203252021211003

Dinyatakan sah dan dapat digunakan.

Menyetujui
Koordinator Program Studi,

Angga Sateria, MT
198805222019031011

Sungailiat, 6 Januari 2025
Pembuat Modul,

Tuparjono, MT
97203252021211003

KATA PENGANTAR

Mengelas merupakan bidang pekerjaan yang luas pemakaiannya meliputi pengerjaan pada konstruksi sederhana maupun konstruksi yang kompleks. Dunia industri memerlukan operator-operator las yang memiliki kompetensi di bidang las dan memenuhi prosedur kerja yang baik sehingga menghasilkan pekerjaan las yang berkualitas.

Teori Las ini merupakan bahan ajar yang disusun berdasarkan rancangan teori dan praktik yang terdiri atas beberapa kegiatan belajar yaitu menjelaskan berbagai macam proses pengelasan yang meliputi pekerjaan las oksi-asetilen dan las listrik. Setelah mempelajari buku ini diharapkan mahasiswa dapat memiliki pengetahuan dalam bidang pekerjaan tersebut.

Disadari bahwa buku ini masih memiliki kekurangan-kekurangan baik dalam penulisan maupun materi yang disajikan, oleh sebab itu penulis berharap adanya kritik dan saran yang produktif dari berbagai pihak untuk perbaikan yang lebih baik pada buku ini sehingga dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang las.

Sungailiat, Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

SAMPUL

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN	1
A. Diskripsi	1
B. Prasyarat	1
C. Tujuan Instruksional Umum.....	1
 BAB II LAS OKSI-ASETILIN	 2
A. Definisi Umum	2
B. Perlengkapan Las Oksi-Asetilin	3
C. Proses Pengelasan	4
D. Keselamatan Kerja	6
 BAB III LAS LISTRIK	 7
A. Las SMAW (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>).....	7
B. Las TIG (<i>Tungsten Inert Gas</i>).....	15
C. Las MIG (<i>Metal Inert Gas</i>).....	21
D. Las Busur Rendam (<i>Submerged Arc Welding</i>).....	28

BAB I

PENDAHULUAN

A. Diskripsi

Teori Las ini membahas dasar-dasar pengetahuan tentang proses Kerja Las. Aspek-aspek yang akan dipelajari dalam buku ini meliputi : macam-macam proses pengelasan, teknik dasar pengelasan, perlengkapan las, jenis-jenis sambungan las, penggunaan bahan tambah, dan keselamatan kerja.

B. Prasyarat

Teori Las ini dapat diajarkan tanpa mempertimbangkan prasyarat yang harus dipenuhi sebelumnya.

C. Tujuan Instruksional Umum

Tujuan intruksional yang diharapkan setelah mempelajari teori Las ini adalah peserta didik dapat :

- Mengetahui cara pengelasan/penyambungan dan pemotongan logam dengan menggunakan peralatan/perlengkapan oksi-asetelin
- Mengetahui cara pengelasan/penyambungan logam dengan menggunakan peralatan/perlengkapan las listrik.

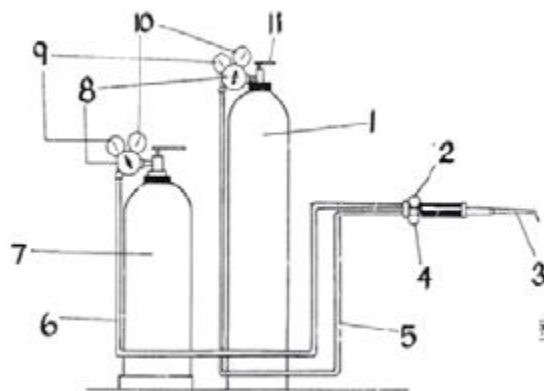
BAB II

LAS OKSI-ASETILEN

A. Definisi Umum

Las oksii-asetilin adalah proses pengelasan secara manual dimana permukaan yang akan disambung mengalami pemanasan sampai mencair oleh nyala api (Hasil pembakaran gas asetilin (C_2H_2) dengan O_2). Pengelasan ini dapat dilakukan dengan atau tanpa logam pengisi, dan proses penyambungan tanpa penekanan.

Selain untuk keperluan pengelasan, las ini juga dapat dipergunakan sebagai *preheating*, *brazing*, *cutting* dan *hard facing*. Penggunaan lain juga untuk produksi (*production welding*) dan reparasi (*repair*).



Skema Las oksii-Asetilin

Prinsip dari pengelasan ini tidak terlalu rumit. Hanya dengan mengatur besarnya gas asetilen dan oksigen, kemudian ujungnya didekatkan dengan nyala api maka akan timbul nyala api. Tetapi besarnya gas asetilen dan oksigen harus diatur sedemikian rupa dengan memutar pengatur tekanan sedikit demi sedikit.

B. Perlengkapan Las Oksi-asetilin

Perlengkapan yang dibutuhkan pada pengelasan oksi-asetilin meliputi :

1. Tabung oksigen

Tabung berfungsi untuk menampung oksigen. Umumnya tabung gas dibuat dari Baja.

2. Katub asetilin

Berfungsi sebagai pengatur keluarnya gas dari dalam tabung. Katup ini ditempatkan tepat dibagian atas dari tabung. Pada tabung gas Oksigen, katup biasanya dibuat dari material Kuningan, sedangkan untuk tabung gas Asetilen, katup ini terbuat dari material Baja.

3. Pembakar (*torch*)

Torch berfungsi sebagai :

- a. Pencampur gas oksigen dan gas asetilin.
- b. Pembentuk nyala api.

4. Katub oksigen

5. Selang oksigen

Berfungsi untuk mengalirkan gas yang keluar dari tabung menuju *torch*. Untuk memenuhi persyaratan keamanan, selang harus mampu menahan tekan kerja dan tidak mudah bocor. Dalam pemakaiannya, selang dibedakan berdasarkan jenis gas yang dialirkan.

6. Selang asetilin

7. Tabung asetilin

8. Regulator asetilin

Regulator atau lebih tepat dikatakan Katup Penutup Tekan, dipasang pada katub tabung dengan tujuan untuk mengurangi atau menurunkan tekann hingga mencapai tekana kerja *torch*. Regulator ini juga berperan untuk mempertahankan besarnya tekanan kerja selama proses pengelasan atau pemotongan.

9. Regulator oksigen

10. *Silinder pressure*

11. Katub Tabung

C. Proses Pengelasan

Mengatur Nyala Api

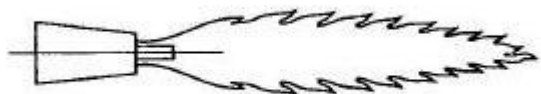
Nyala asetilen diperoleh dari nyala gas campuran oksigen dan asetilen yang digunakan untuk memanaskan logam sampai mencapai titik cair logam induk. Jenis bahan bakar gas yang digunakan *asetilen, propan atau hydrogen*.

Nyala hasil pembakaran dalam las oksi-asetilen dapat berubah bergantung pada perbandingan antara gas oksigen dan gas asetilennya. Ada tiga macam nyala api dalam las oksi-asetilen yaitu :

a. Nyala api Karburasi



b. Nyala api Netral



c. Nyala api oksidasi



Posisi Pengelasan

Pada pengelasan dengan oksi asetilen, arah gerak pengelasan dan posisi kemiringan pembakar dapat mempengaruhi kecepatan dan kualitas las.

A. Posisi pengelasan di bawah tangan

Proses pengelasan ini dilakukan di bawah tangan dan benda kerja terletak di atas bidang datar. Sudut ujung pembakar (brander) terletak diantara 60° dan kawat pengisi (filler rod) dimiringkan dengan sudut antara $30^\circ - 40^\circ$ dengan benda kerja. Kedudukan ujung pembakar ke sudut sambungan dengan jarak 2 – 3 mm.

B. Posisi pengelasan mendatar (Horizontal).

Pada posisi ini benda kerja berdiri tegak sedangkan pengelasan dilakukan dengan arah mendatar sehingga cairan las cenderung mengalir ke bawah, untuk itu ayunan brander sebaiknya sekecil mungkin. Kedudukan brander terhadap benda kerja menyudut 70° dan miring kira-kira 10° di bawah garis mendatar, sedangkan kawat pengisi dimiringkan pada sudut 10° di atas garis mendatar.

C. Posisi pengelasan tegak (vertikal).

Pada pengelasan dengan posisi tegak, arah pengelasan berlangsung ke atas atau ke bawah. Kawat pengisi ditempatkan antara nyala api dan tempat sambungan yang bersudut 45° - 60° dan sudut brander sebesar 80° .

d. Posisi pengelasan di atas kepala (over head). Pengelasan dengan posisi ini adalah yang paling sulit dibandingkan dengan posisi lainnya dimana benda kerja berada di atas kepala dan pengelasan dilakukan dari bawahnya. Pada pengelasan posisi ini sudut brander dimiringkan 10° dari garis vertikal sedangkan kawat pengisi berada di belakangnya bersudut 45° - 60° .

Arah Pengelasan

- a. Arah ke kiri (maju). Cara pengelasan ini paling banyak digunakan dimana nyala api diarahkan ke kiri dengan membentuk sudut 60° dan kawat las 30° terhadap benda kerja sedangkan sudut melintangnya tegak lurus terhadap arah pengelasan.
- b. Arah ke kanan (mundur). Cara pengelasan ini adalah arahnya kebalikan daripada arah pengelasan ke kiri. Pengelasan dengan cara ini diperlukan untuk pengelasan baja yang tebalnya 4,5 mm ke atas.

Keuntungan dan kegunaan pengelasan oksidasi-asetilen sangat banyak, antara lain :

- Peralatan relatif murah dan memerlukan pemeliharaan minimal/sedikit.
- Cara penggunaannya sangat mudah dan tidak memerlukan teknik-teknik pengelasan yang tinggi sehingga mudah untuk dipelajari.

- Mudah dibawa dan dapat digunakan di lapangan maupun di pabrik karena peralatannya yang sederhana.
- Dapat digunakan untuk pemotongan dan penyambungan.

D. Keselamatan Kerja.

Beberapa hal yang harus diperhatikan pada aspek keselamatan kerja selama proses pengelasan adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan semua peralatan yang akan dipergunakan dengan baik.
- Memeriksa *torch* harus dalam keadaan tertutup sebelum dan setelah digunakan.
- Membuka tabung gas oksigen dan asetilen dengan cara mengendorkan baut penutupnya dengan kunci pembuka.
- Memeriksa isi tabung gas dengan melihat manometer penunjuk tekanan yang terpasang pada regulator.
- Setelah praktikum selesai, membersihkan tempat dan peralatan praktikum serta mengembalikannya pada tempat semula.

BAB III

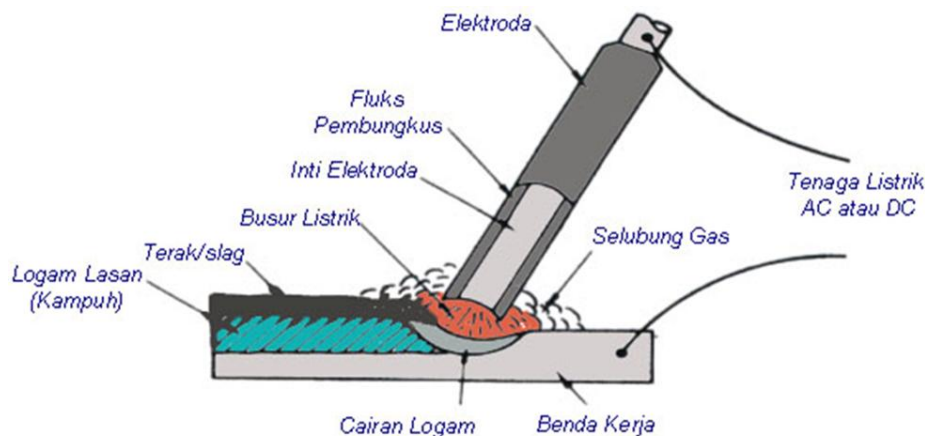
LAS LISTRIK (ARC WELDING)

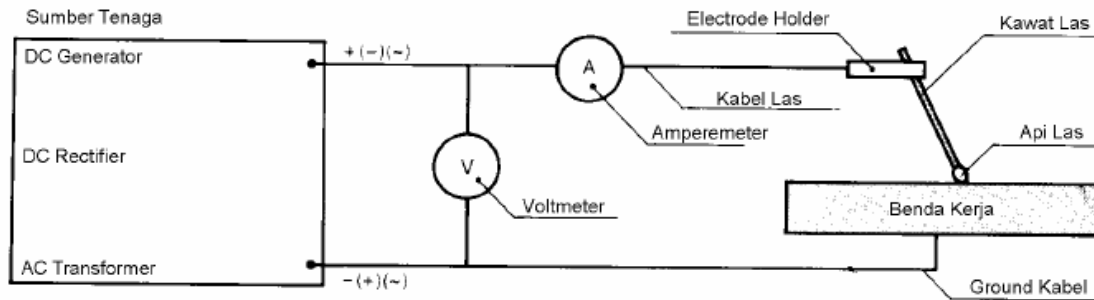
Hasil pengelasan pada umumnya sangat bergantung pada keterampilan juru las. Kerusakan hasil las baik di permukaan maupun dibagian dalam sulit dideteksi dengan metode pengujian sederhana. Untuk menjamin kualitas dan memberikan kepercayaan terhadap konstruksi yang dilas maka dilakukan pengujian dan pemeriksaan.

Untuk program pengendalian prosedur pengelasan, pengujian dan pemeriksaan dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu sebelum, selama atau setelah pengelasan.

A. Las SMAW (*shielded metal arc welding*)

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) atau biasa disebut las busur listrik elektroda terbungkus adalah las yang menggunakan busur listrik sebagai sumber panas. Panas yang timbul dari busur listrik akibat elektroda didekatkan ke benda kerja. Bungkus pada elektroda disebut dengan *fluks* dan akan terbakar ketika proses las berlangsung. Gas yang terjadi akan melindungi proses dari pengaruh udara luar. Cairan fluks akan membeku pada permukaan las dan disebut *slag*





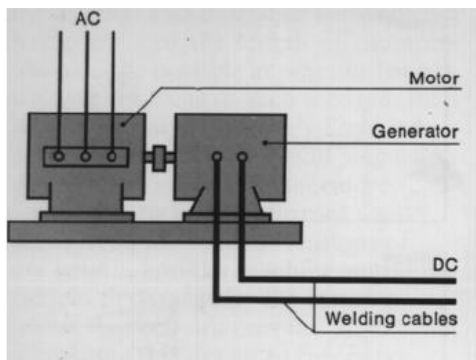
Skema pengelasan SMAW(Shielded Metal Arc Welding)

PERALATAN YANG DIGUNAKAN PADA PROSES LAS SMAW

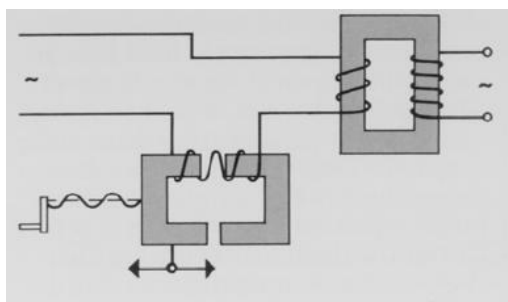
1. Mesin Las

Menurut jenis arus yang digunakan pada pengelasan SMAW terdapat 3 jenis mesin las yaitu :

- Mesin dengan arus searah (DC).



- Mesin dengan arus bolak balik (AC).



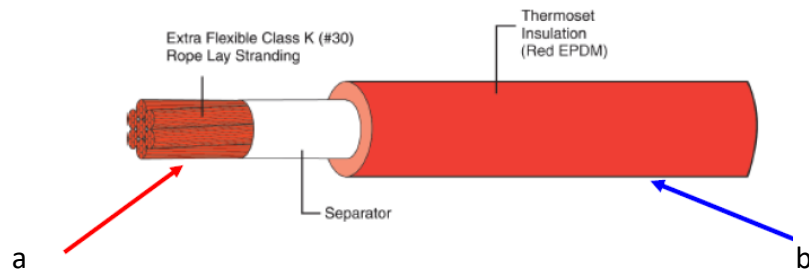
- Mesin dengan kombinasi arus searah dan bolak balik.

2. Holder

Holder elektroda dan ground clamp harus memiliki kemampuan amper yang sama yaitu 150-600 A.



3. Kabel Las



Keterangan :

- a. *Core wire*, merupakan untai *wire* dalam jumlah banyak menjadi satu
- b. Insulator, merupakan lapisan yang melindungi *core wire* yang bersifat tahan panas dan terbuat dari bahan Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM)
- c. Separator, sebagai pemisah antara konduktor dan isolator.

4. Elektroda



Tipe elektroda dapat dibedakan menjadi :

- a. Elektroda low hidrogen

Yang tergolong elektroda low hidrogen adalah E 7015, E 7016, E 7017, E 7018, E 8018 dan E 8019.

Kelebihan elektroda low hidrogen :

- Cocok untuk high strength steel
- Kadar H yang rendah dapat mengurangi terjadinya *crack dan porosity*.
- Hasil lasan memiliki ketahanan terhadap suhu dingin di bawah 0° C.
- *Bead* halus.

Kekurangan elektroda low hidrogen :

- Harga relatif lebih mahal.
- Harus di redrying dalam oven sebelum dipakai dengan suhu dan waktu tertentu.
- Elektroda yang lembab tidak berfungsi dengan baik.

b. Elektroda non low hidrogen

Yang tergolong elektroda non low hidrogen adalah E 6010, E 6011, E 6012, E 6013, E 6014, E 7010 dan E 7011.

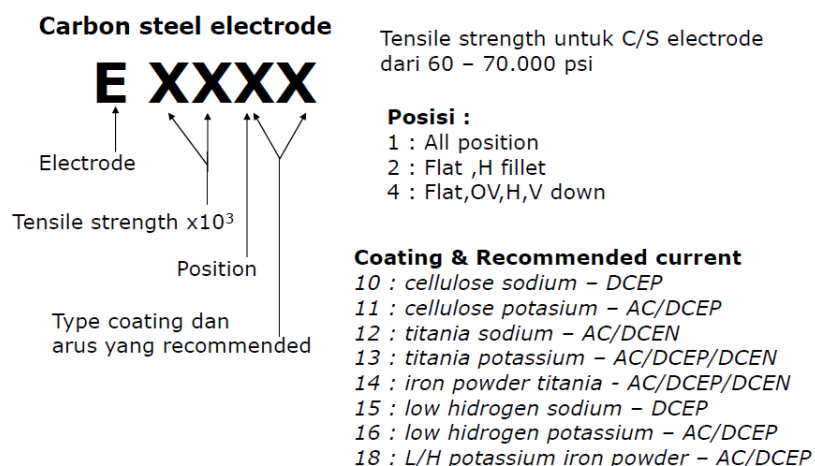
Kelebihan elektroda non low hidrogen :

- Memiliki sifat penetrasi yang sangat baik.
- Tidak perlu di redrying karena elektroda cukup kering.
- Harga relatif lebih murah.

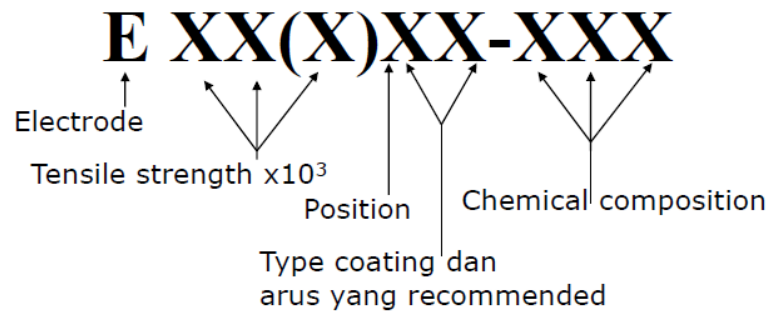
Kekurangan elektroda non low hidrogen :

- Elektroda terlalu kering tidak dapat berfungsi dengan benar.
- Visual pengelasan sedikit kasar

Pembacaan Elektroda



Low alloy steel electrode



Chemical composition :

- A1 – Carbon Molybdenum (1/2% Mo)
- B1 – Chromium Molybdenum (1/2%Cr,1/2%Mo)
- B2 – Chromium Molybdenum (1. 1/4%Cr,1/2%Mo)
- B3 – Chromium Molybdenum (2. 1/4%Cr,1%Mo)
- C1 – Nickel (2.1/2% Ni)
- C2 – Nickel (3.1/24% Ni)
- C3 – Nickel (1% Ni,0.35% Mo,0.15 Cr)
- D1 – Manganese Molybdenum (0.25 – 0.45% Mo,1.25-1.75% Mn)

Tensile strength mulai dari 70-120.000 psi

Tabel Jenis selaput dan pemakaian arus

Z (angka ke 4)	Jenis selaput	Pemakaian arus
0	Selulosa-natrium	DC+
1	Selulosa-kalium	AC, DC+
2	Rutil-natrium	AC, DC-
3	Rutil-kalium	AC, DC + atau –
4	Rutil-serbuk besi	AC, DC + atau –
5	Natrium-hydrogen rendah	AC, DC +
6	Kalium-hydrogen rendah	AC, DC +
7	Serbuk besi-oksida besi	AC, DC + atau –
8	Serbuk besi-hydrogen rendah	AC, DC +

Tabel Kekuatan Tarik Elektroda

Kekuatan tarik	Klasifikasi	
	lb/inchi ²	Kg/mm ²
E 60xx	60.000	42
E 70xx	70.000	49
E 80xx	80.000	56
E 90xx	90.000	63
E 100xx	100.000	70
E 110xx	110.000	77
E 120xx	120.000	84

Parameter Pengelasan SMAW

a. Panjang Busur (*arc length*)

Panjang busur las yang dianggap baik selama proses las berlangsung adalah sebesar diameter elektroda las yang digunakan.

b. Besar Arus

Besar arus listrik yang digunakan pada pengelasan tergantung pada bahan dan ukuran lasan, geometri sambungan, jenis elektroda dan diameter inti elektroda.

c. Polaritas

Polaritas listrik akan mempengaruhi hasil busur listrik. Ada 2 jenis polaritas pada pengelasan yaitu polaritas lurus (DCEN) dimana benda kerja dihubungkan ke kutub positif dan elektroda dihubungkan ke kutub negatif dan polaritas balik (DCEP) yaitu benda kerja dihubungkan ke kutub negatif dan elektroda dihubungkan ke kutub positif.

Teknik Pengelasan

Cara menghidupkan busur las ada 2 cara yaitu :

a. Digores

Cara ini dilakukan dengan menggoreskan ujung elektroda pada benda kerja. Setelah busur terbentuk maka elektroda diangkat sejauh 1 kali diameter elektroda hingga membentuk busur las yang stabil.

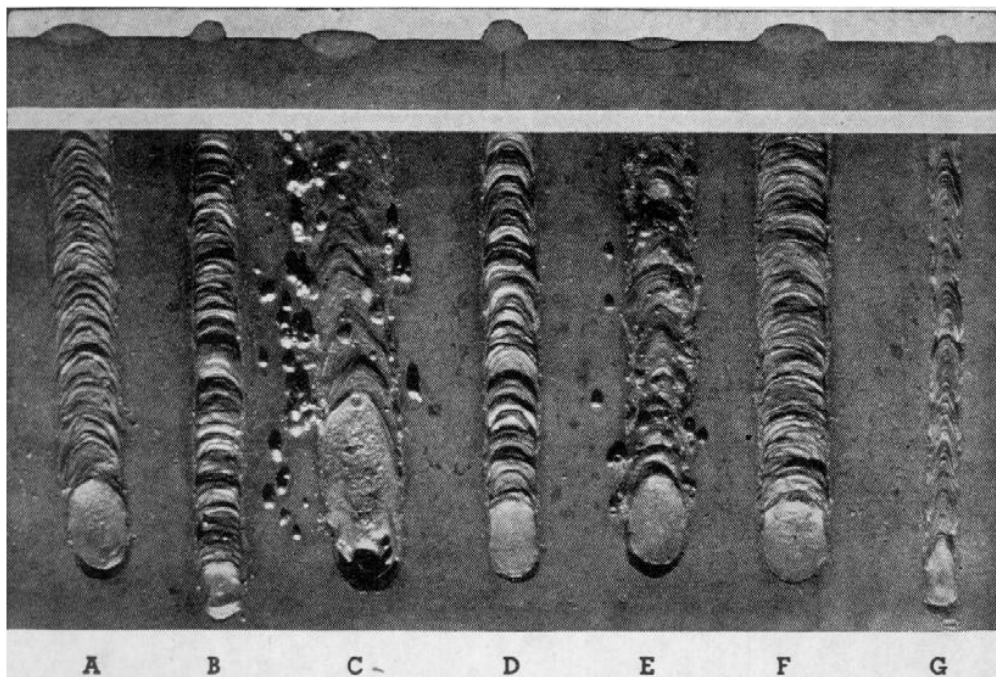
b. Disentuh

Cara ini dilakukan dengan menyentuh ujung elektroda pada benda kerja. Setelah busur terbentuk maka elektroda diangkat sejauh 1 kali diameter elektroda hingga membentuk busur las yang stabil.

Setelah terjadi penyalaan, maka dilakukan penarikan elektroda dengan kemiringan sudut sebesar $70^{\circ} - 80^{\circ}$ dan menjaga kekonstanan rigi las sebesar 2 kali diameter.

Karakteristik Hasil Pengelasan

Karakter dari hasil pengelasan dapat dilihat pada gambar berikut :



NO.	Variabel Operasi	Karakteristik Hasil Pengelasan			
		Suara Arc	Penetrasi	Burn Off Electrode	Bentuk Bead
A	Normal Amps, Normal Volts, Kec. Normal	Percikan kecil Suara gemercak kuat	Baik, dalam dan galengan normal	Bentuk normal	Fusionnya sangat baik Tidak ada overlap
B	Amps Rendah, Normal Volts, Kec. Normal	Percikan tidak beraturan, suara gemercak kecil	Dangkal	Tidak besar, beda dgn yang diatas.	Tonjolan tinggi
C	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
D	Normal Amps, Normal Kecepatan, Volts rendah	Percikan kecil dan tenang	Kecil	Coating membentuk kawah dan porosity	Tonjolan tinggi dan lebih lebar dari No. B
E	Normal Amps, Normal Kecepatan, Volts Tinggi	Suaranya halus	Lebar dan dangkal	Rata dan membentuk kawah	Lebar
F	Normal Amps, Normal Volts, Kec. rendah	Normal	Kawah normal	Normal	Bead lebar
G	Normal Amps, Normal Volts, Kec. Tinggi	Normal	Kecil dan dangkal	Normal	Bead kecil dan undercut

Jenis-jenis Sambungan Las

Sambungan las adalah teknik pengikatan dua atau lebih komponen logam menggunakan panas untuk mencairkan material pada area sambungan. Sambungan las dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan yang spesifik, sehingga meningkatkan efisiensi dan kekuatan struktur.

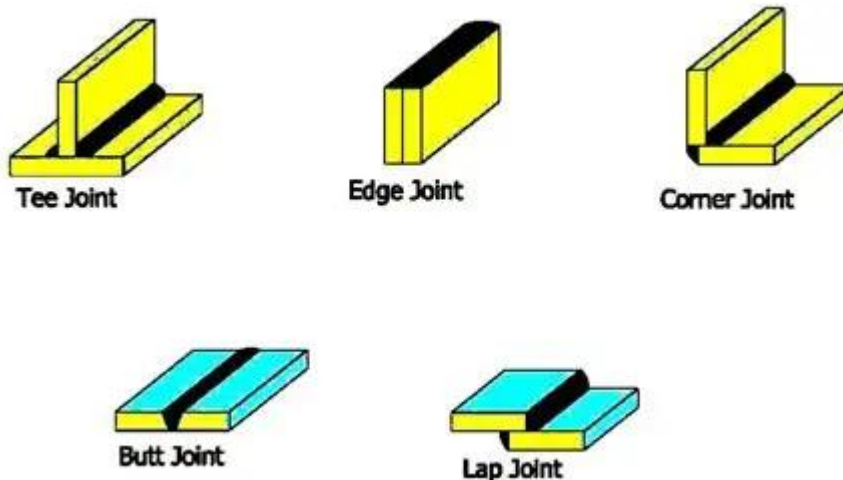
Pemilihan sambungan las yang tepat sangat penting untuk memastikan:

- Kekuatan Struktur yaitu Sambungan yang dapat meningkatkan daya tahan struktur terhadap tekanan dan beban.
- Efisiensi Proses Kerja yaitu proses las yang membantu mengurangi waktu dan biaya pengerjaan.
- Keamanan dan Ketahanan yaitu pemilihan sambungan yang tepat dapat membantu mengatasi kerusakan struktur serta kegagalan fungsi.

Berikut ini merupakan jenis-jenis sambungan las yaitu :

- Sambungan tumpul (*butt joint*)
- Sambungan T (*tee joint*)
- Sambungan sudut (*corner joint*)
- Sambungan Tumpang (*lap joint*)
- Sambungan sisi (*edge joint*)
- Sambungan Fillet (*fillet joint*)

Gambar jenis sambungan dapat dilihat pada gambar berikut :



Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan mengacu pada penempatan relatif benda kerja selama proses pengelasan. Pada pengelasan terdapat empat jenis dasar posisi pengelasan yaitu :

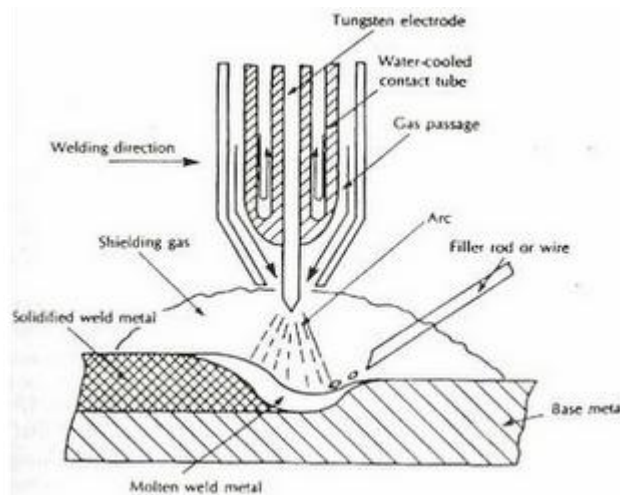
- Posisi datar (1G) yaitu posisi pengelasan dilakukan pada permukaan datar.
- Posisi Horizontal (2G) yaitu posisi pengelasan dilakukan dengan arah mengikuti garis horizontal.
- Posisi vertikal (3G) yaitu posisi pengelasan dilakukan dalam posisi tegak dengan arah vertikal
- Posisi di atas kepala (4G): Pengelasan dilakukan dalam posisi di atas kepala

B. LAS TIG (*TUNGSTEN INERT GAS*)

Gas *Tungsten Arc Welding* (GTAW) atau sering disebut *Tungsten Inert Gas* (TIG) merupakan salah satu dari bentuk las busur listrik (*Arc Welding*) yang menggunakan inert gas sebagai pelindung dengan tungsten atau wolfram sebagai elektroda.

Skematik dan proses pengelasan GTAW dapat dilihat pada gambar dibawah ini , Pengelasan ini dapat dikerjakan secara manual maupun otomatis.





Gambar. Skema pengelasan TIG(tungsten inert gas)

Elektroda pada GTAW termasuk elektrode tidak terumpan (non consumable) berfungsi sebagai tempat tumpuan terjadinya busur listrik. GTAW mampu menghasilkan las yang berkualitas tinggi pada hampir semua jenis logam. Biasanya ini digunakan pada stainless steel dan logam ringan lainnya seperti Aluminium, magnesium dan lain-lain. Hasil pengelasan pada teknik ini cukup baik tapi membutuhkan kemampuan yang tinggi.

PERALATAN YANG DIGUNAKAN PADA PROSES LAS TIG

Las Tungsten Inert Gas (las TIG) adalah proses pengelasan dimana busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda tungsten (elektroda tak terumpan) dengan benda kerja logam. Daerah pengelasan dilindungi oleh gas lindung (gas tidak aktif) agar tidak terkontaminasi dengan udara luar. Kawat las dapat ditambahkan atau tidak tergantung dari bentuk sambungan dan ketebalan benda kerja yang akan dilas. Perangkat yang digunakan pada pengelasan las TIG adalah:

1.Mesin

Mesin las AC/DC merupakan mesin las pembangkit arus AC/DC yang digunakan di dalam pengelasan las TIG. Pemilihan arus AC atau DC biasanya tergantung pada jenis logam yang akan dilas.



2. Tabung gas lindung

adalah tabung tempat penyimpanan gas lindung seperti argon dan helium yang digunakan di dalam mengelas TIG.



3. Regulator gas lindung

adalah adalah pengatur tekanan gas yang akan digunakan di dalam pengelasan gas tungsten. Pada regulator ini biasanya ditunjukkan tekanan kerja dan tekanan gas di dalam tabung.



4. Flowmeter untuk gas

Digunakan untuk menunjukkan besarnya aliran gas lindung yang dipakai di dalam pengelasan gas tungsten.



5. Selang gas dan perlengkapan pengikatnya

berfungsi sebagai penghubung gas dari tabung menuju pembakar las. Sedangkan perangkat pengikat berfungsi mengikat selang dari tabung menuju mesin las dan dari mesin las menuju pembakar las.



6. Kabel elektroda dan selang

berfungsi menghantarkan arus dari mesin las menuju stang las, begitu juga aliran gas dari mesin las menuju stang las. *Kabel masa* berfungsi untuk penghantar arus ke benda kerja.

7. Stang las (*welding torch*)

berfungsi untuk menyatukan sistem las yang berupa penyalaan busur dan perlindungan gas lindung selama dilakukan proses pengelasan.

8. Elektroda Tungsten

berfungsi sebagai pembangkit busur nyala selama dilakukan pengelasan. Elektroda ini tidak berfungsi sebagai bahan tambah.

9. Kawat las

berfungsi sebagai bahan tambah. Tambahkan kawat las jika bahan dasar yang dipanasi dengan busur tungsten sudah mendekati cair.

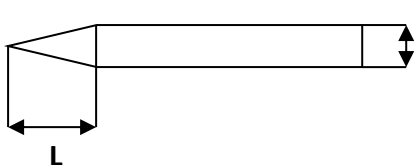
Untuk penyetingan pengelasan TIG dapat ditunjukkan pada Tabel berikut :

Settings for TIG Welding Aluminum						
Stock Thickness	Type of Joint	AC Current	Electrode Diameter	Cup Orifice Diameter	Argon Flow Rate	Filler Rod Diameter
(inches)		(Amperes)	(inches)	(inches)	(cfh)	(inches)
0.0625	Butt	60-80	0.0625	0.25 - 0.375	15	0.0625
	Lap	55-75	0.0625	0.25 - 0.375	15	0.0625
	Corner	60-80	0.0625	0.25 - 0.375	15	0.0625
	T	70-90	0.0625	0.25 - 0.375	15	0.0625
0.125	Butt	125-145	0.09375	0.375 - 0.4375	17	0.125
	Lap	140-160	0.09375	0.375 - 0.4375	17	0.125
	Corner	125-145	0.09375	0.375 - 0.4375	17	0.125
	T	140-160	0.09375	0.375 - 0.4375	17	0.125
0.1875	Butt	190-220	0.125	0.4375 - 0.5	21	0.15625
	Lap	210-240	0.125	0.4375 - 0.5	21	0.15625
	Corner	190-220	0.125	0.4375 - 0.5	21	0.15625
	T	210-240	0.125	0.4375 - 0.5	21	0.15625
0.25	Butt	260-300	0.1875	0.5 - 0.75	25	0.1875
	Lap	290-340	0.1875	0.5 - 0.75	25	0.1875
	Corner	280-320	0.1875	0.5 - 0.75	25	0.1875
	T	280-320	0.1875	0.5 - 0.75	25	0.1875

Settings for TIG Welding Plain Steel						
Stock Thickness	Type of Joint	DC Straight Current	Electrode Diameter	Cup Orifice Diameter	Argon Flow Rate	Filler Rod Diameter
(inches)		(Amperes)	(inches)	(inches)	(cfh)	(inches)
0.035	All	80-100	0.0625	0.25 - 0.375	10	0.0625
0.049	All	100-120	0.0625	0.25 - 0.375	10	0.0625
0.06	All	80-100	0.0625	0.25 - 0.375	10	0.0625
0.089	All	90-110	0.0625	0.25 - 0.375	10	0.0625

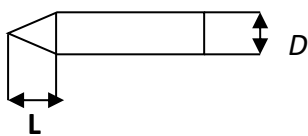
Settings for TIG Welding Stainless Steel						
Stock Thickness (inches)	Type of Joint	DC Straight Current (Amperes)	Electrode Diameter (inches)	Cup Orifice Diameter (inches)	Argon Flow Rate (cfh)	Filler Rod Diameter (inches)
0.0625	Butt	80-100	0.0625	0.25 - 0.375	11	0.0625
	Lap	100-120	0.0625	0.25 - 0.375	11	0.0625
	Corner	80-100	0.0625	0.25 - 0.375	11	0.0625
	T	90-110	0.0625	0.25 - 0.375	11	0.0625
0.09375	Butt	100-120	0.0625	0.25 - 0.375	11	0.12109
	Lap	110-130	0.0625	0.25 - 0.375	11	0.0625
	Corner	100-120	0.0625	0.25 - 0.375	11	0.0625
	T	110-130	0.0625	0.25 - 0.375	11	0.0625
0.125	Butt	120-140	0.0625	0.25 - 0.375	11	0.09375
	Lap	130-150	0.0625	0.25 - 0.375	11	0.09375
	Corner	120-140	0.0625	0.25 - 0.375	11	0.09375
	T	130-150	0.0625	0.25 - 0.375	11	0.09375
0.1875	Butt	200-250	0.09375	0.375 - 0.4375	13	0.125
	Lap	225-275	0.09375	0.375 - 0.4375	13	0.125
	Corner	200-250	0.09375	0.375 - 0.4375	13	0.125
	T	225-275	0.09375	0.375 - 0.4375	13	0.125
0.25	Butt	275-350	0.125	0.4375 - 0.5	13	0.1875
	Lap	300-375	0.125	0.4375 - 0.5	13	0.1875
	Corner	275-350	0.125	0.4375 - 0.5	13	0.1875
	T	300-375	0.125	0.4375 - 0.5	13	0.1875

Bentuk-bentuk elektroda



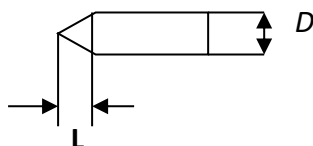
$L = 2 \text{ sampai } 3D$

Untuk dc di bawah 20 A



$L = D$

Untuk pemakaian umum dalam dc



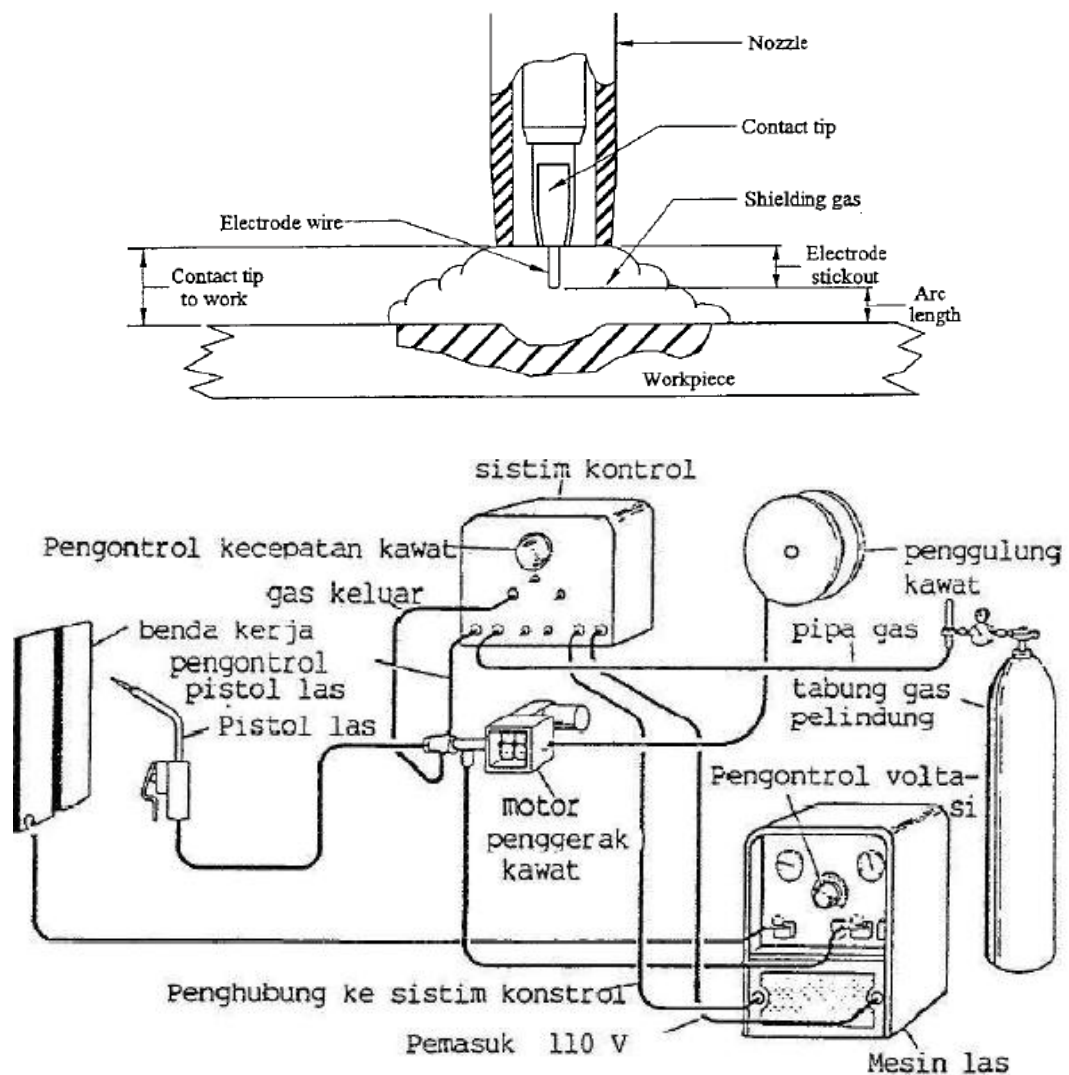
$L = 1/3 D$

Untuk pemakaian umum dalam ac

C. LAS MIG (*METAL INERT GAS*)

Las MIG merupakan sebuah pengembangan dari pengelasan GMAW (gas metal arc welding). Las GMAW mempunyai dua tipe gas pelindung yaitu inert gas dan aktif gas yang kemudian dikenal dengan sebutan las MIG.

Prinsip dari proses las GMAW kawat las diumpankan oleh roller penggerak ke pembakar las melalui kabel atau selang. Kawat las bermuatan listrik pada *contact tip* dan membangkitkan busur listrik diantara kawat dan logam induk.



Gambar Rangkaian Las MIG

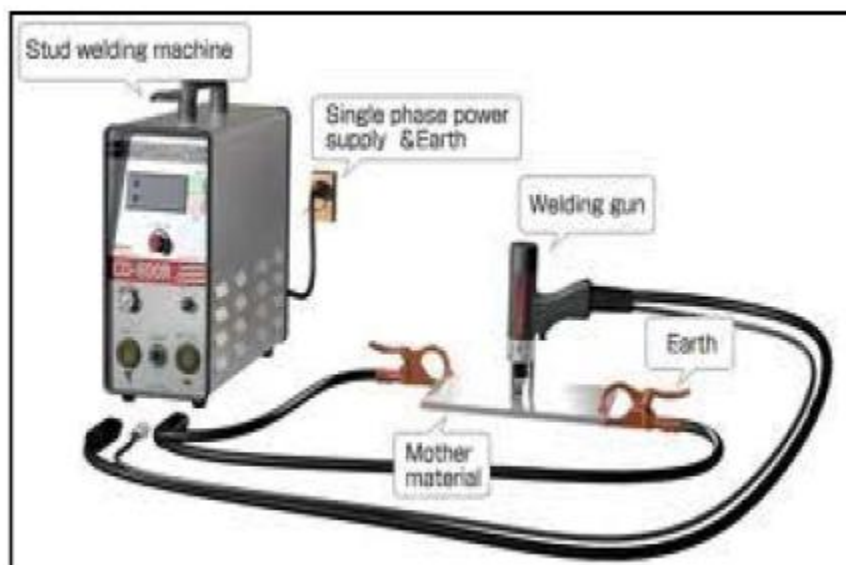
Penggunaan las MIG dalam berbagai pengelasan memiliki beberapa kelebihan antara lain:

- Sangat efisien dan proses pengerjaan yang cepat.
- Dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan.
- Tidak menghasilkan slag atau terak.
- Proses pengelasan MIG sangat cocok untuk pekerjaan konstruksi.

Perlengkapan Las Listrik

Mesin Las

Mesin las MIG pada prinsipnya adalah sama dengan mesin SMAW yang dibagi dalam dua golongan yaitu mesin las arus bolak balik (AC) dan mesin las arus searah (DC). Namun sesuai dengan tuntutan pekerjaan dan jenis bahan yang di las yang kebanyakan adalah jenis baja, maka secara luas proses pengelasan dengan MIG adalah menggunakan mesin las DC



Gambar mesin las MIG

Pemasangan Kabel-kabel las (pengkutuban) pada mesin las arus searah (DC) dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

- a) Pengkutuban Langsung (direct current straight polarity) DCSP/DCEN

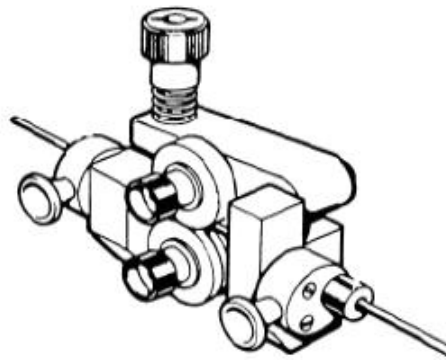
Pada pengkutuban ini, kutub positif mesin las dihubungkan ke benda kerja dan kutub negatif dihubungkan ke elektroda. Pengkutuban ini menghasilkan panas $\frac{2}{3}$ pada benda kerja dan $\frac{1}{3}$ nya pada elektroda.

b) Pengkutuban Terbalik (direct current reverse polarity) DCRP/DCEP

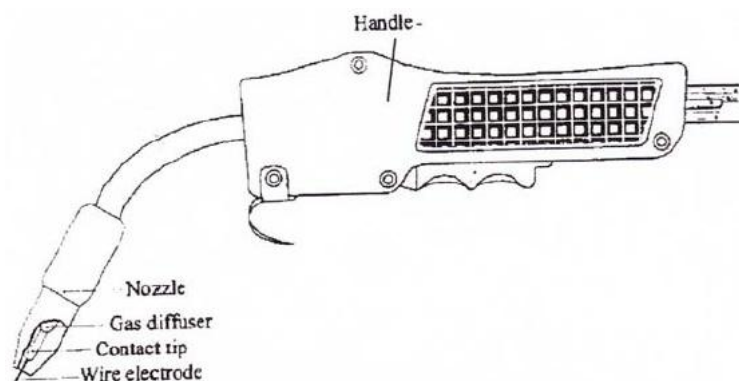
Pada pengkutuban ini, kutub positif mesin las dihubungkan ke elektroda dan kutub negatif dihubungkan ke benda kerja. Pengkutuban ini menghasilkan panas $\frac{2}{3}$ pada elektroda dan $\frac{1}{3}$ nya pada benda kerja.

Pengontrol Kawat Elektroda (wire feeder)

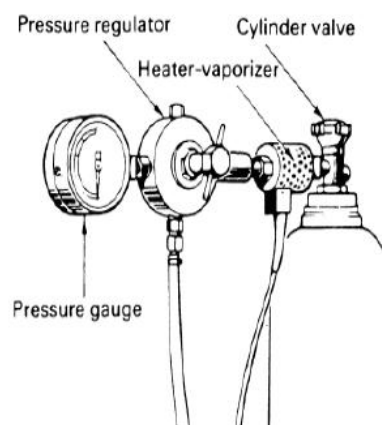
Fungsinya adalah menempatkan rol kawat elektroda dan mengatur pemakaian kawat elektroda.



Welding Gun



Regulator gas pelindung

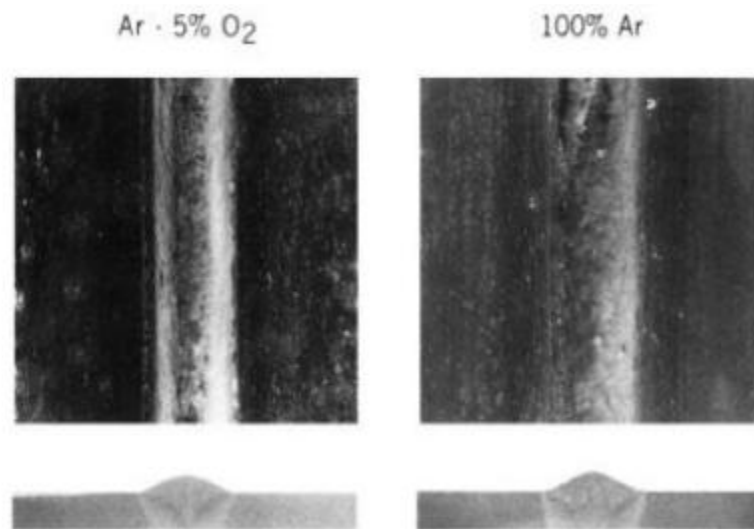


Gas Pelindung

Jenis gas pelindung yang digunakan adalah sebagai berikut :

a) Gas Argon

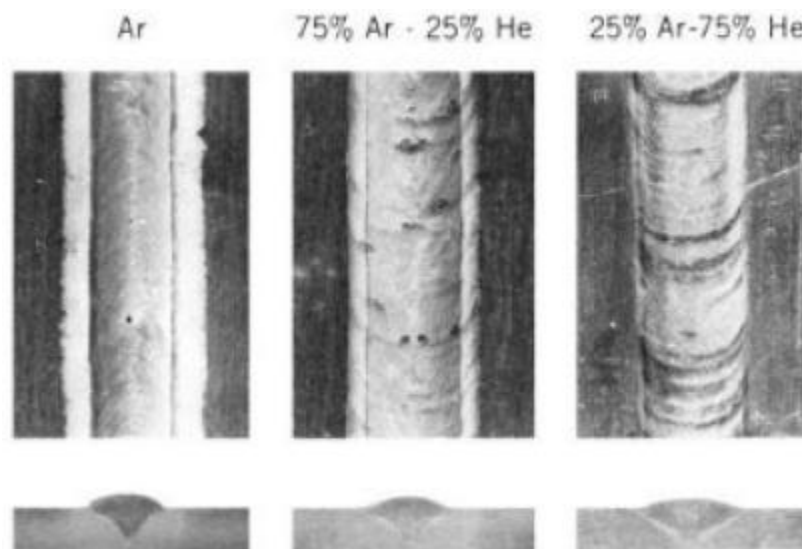
Gas argon dapat menghasilkan stabilitas busur yang baik pada pengelasan busur spray dan menghasilkan penetrasi serta bentuk *bead weld* yang baik.



Gambar Perbandingan penggunaan gas argon murni dan gas argon campuran

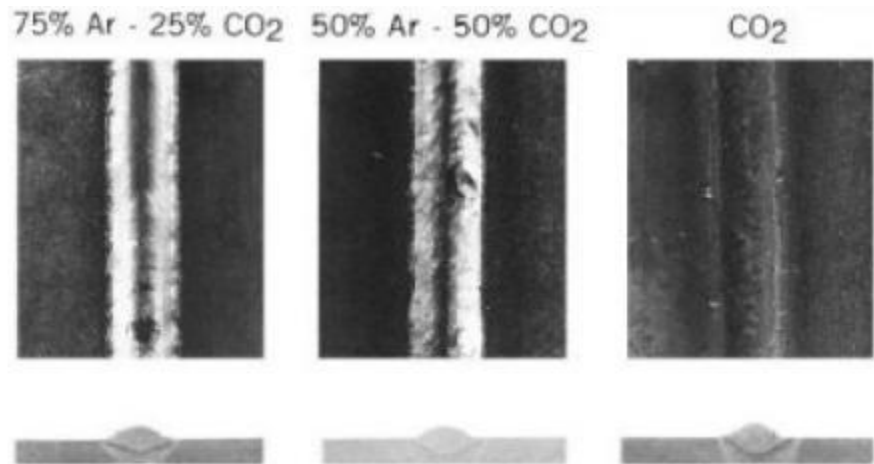
b) Gas Helium

Gas pelindung helium dapat digunakan untuk pengelasan yang membutuhkan masukan panas (heat input) yang lebih besar, penetrasi yang lebih dalam dan kecepatan pengelasan yang lebih cepat.



c) Karbondioksida

Digunakan untuk pengelasan logam fero dan untuk pengelasan yang cepat dan penetrasi yang dalam.



Nozel gas pelindung



Elektroda

Bentuk elektroda las MIG secara umum adalah *solid wire* dan *flux cored wire*, dimana penggunaannya sangat tergantung pada jenis pekerjaan. *Solid wire* digunakan secara luas untuk mengelas konstruksi ringan sampai sedang dan dioperasikan pada ruangan yang relatif tertutup sehingga gas pelindungnya tidak tertiup oleh angin. Sedangkan *flux cored wire* lebih banyak di pakai untuk pengelasan konstruksi sedang sampai berat dan tempat pengelasannya mungkin lebih terbuka.

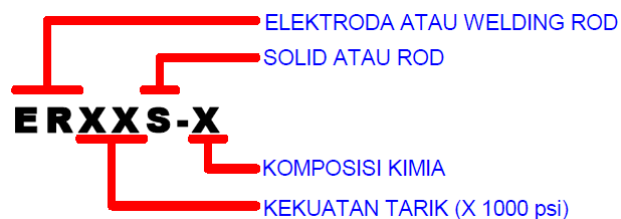


Pemilihan jenis-jenis elektroda pada proses las MIG didasari pada 5 faktor utama yaitu

:

- Komposisi kimia benda kerja
- Properti mekanik benda kerja
- Jenis gas pelindung
- Jenis layanan atau aplikasi yang dibutuhkan
- Jenis penyambungan

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



Komposisi kimia untuk elektroda carbon steel

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		
ERSOS-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						

Komposisi kimia untuk elektroda carbon steel

AWS CLASS	SHIELDING GAS	CURRENT & POLARITY	TENSILE STRENGTH MIN PSI (Mpa)	YIELD STRENGTH MIN PSI (Mpa)	ELONG IN 2' MIN %	MINIMUM "V" NOTH IMPACT
ER70S-2	Al 1,5 % O ₂ ¹ CO 2 ¹	DCEP	70.000 (480)	58.000 (480)	22	20 ft-lbs @ 20° F (27 J @ 29° C)
ER70S-3	Al 1,5 % O ₂ ¹ CO 2 ¹	DCEP	70.000 (480)	58.000 (480)	22	20 ft-lbs @ 0° F (27 J @ 29° C)
ER70S-4	CO 2 ¹	DCEP	70.000 (480)	58.000 (480)	22	NOT REQUIRED
ER70S-5	CO 2 ¹	DCEP	70.000 (480)	58.000 (480)	22	NOT REQUIRED
ER70S-6	CO 2 ¹	DCEP	70.000 (480)	58.000 (480)	22	20 ft-lbs @ 20° F (27 J @ 29° C)
ER70S-7	CO 2 ¹	DCEP	70.000 (480)	58.000 (480)	17	20 ft-lbs @ 20° F (27 J @ 29° C)
ER80S-D2	CO 2 ¹	DCEP	70.000 (480)	58.000 (480)	22	20 ft-lbs @ 20° F (27 J @ 29° C)
ER70S-G	NOT SPEC	NOT SPEC	70.000 (480)	58.000 (480)	22	NOT REQUIRED

Keselamatan Kerja

Secara umum ada beberapa resiko pada proses las MIG yaitu kejutan listrik (*electric shock*), sinar las, debu dan asap las serta kebakaran. Berikut ini merupakan upaya-upaya untuk mencegah terjadinya kecelakaan pada las MIG.

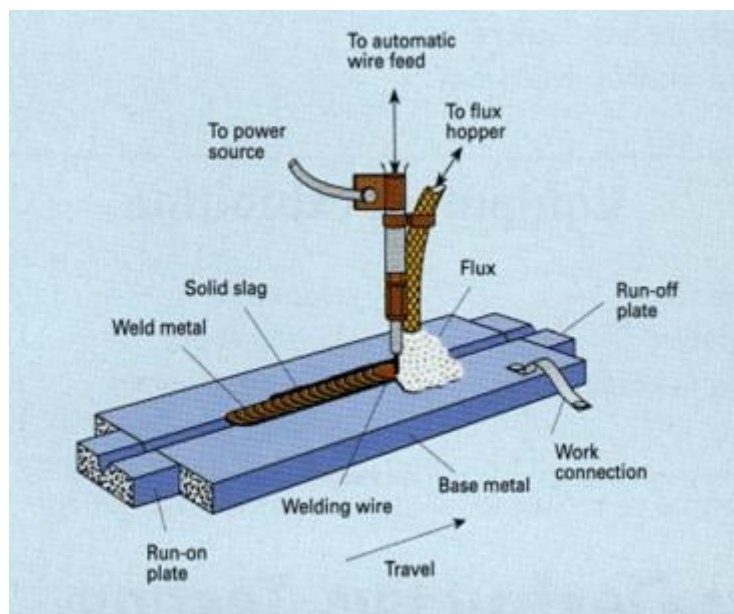
- Kabel las harus mempunyai isolasi yang baik.
- Hindari kabel-kabel las dari goresan, loncatan bunga api dan benda panas.
- Jangan meletakkan las pada meja las atau pada benda kerja.
- Periksa secara rutin sambungan-sambungan kabel, karena sistem sambungan yang longgar dapat mengganggu kestabilan arus las.
- Menggunakan pelindung mata dan muka selama proses pengelasan
- Menggunakan pakaian pelindung dan sepatu keselamatan kerja.



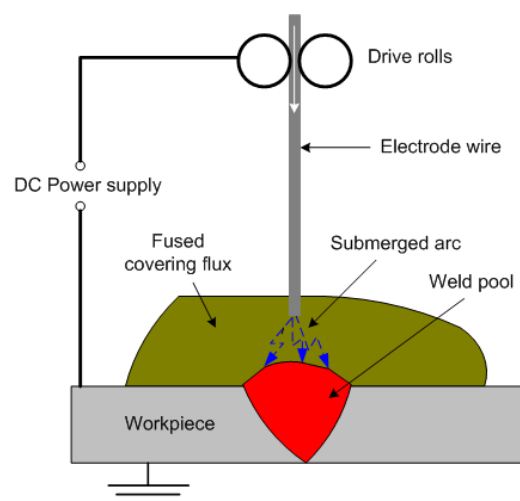
D. LAS BUSUR RENDAM (*SUBMERGED ARC WELDING*)

Las busur rendam 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 lelehan metal diselimuti (ditimbun) dengan butiran flux di atas daerah yang dilas.

Prinsip pengelasan ini hampir sama dengan pengelasan pada SMAW. Bedanya dengan SMAW adalah pada SAW flux tidak di bungkus ke elektroda, elektroda yang digunakan berlangsung secara kontinu, arus lebih tinggi sehingga dapat digunakan untuk mengelas benda yang lebih tebal hanya dengan langkah yang sedikit.



Proses Pengelasan SAW



Skema pengelasan SAW

Beberapa hal yang menjadi pertimbangan pada pengelasan SAW adalah sebagai berikut :

- Seluruh cairan tertutup oleh fluks sehingga kualitas daerah las sangat baik.
- Dapat menggunakan kawat las yang besar, arus pengelasan besar dan penetrasi cukup dalam sehingga efisiensi pengelasan tinggi.
- Kampuh las dapat dibuat kecil, sehingga bahan las dapat dihemat.
- Prosesnya secara otomatis sehingga tidak diperlukan keterampilan juru las yang tinggi serta perubahan-perubahan teknik pengelasan yang dilakukan oleh juru las tidak banyak pengaruhnya terhadap kualitas las.
- Busur las tidak kelihatan, sehingga penentuan pengelasan yang salah dapat menggagalkan seluruh hasil pengelasan.
- Posisi pengelasan terbatas hanya pada posisi horizontal.
- Penggunaannya lebih terbatas bila dibandingkan las dengan tangan atau semi otomatis.

Las busur rendam dapat dioperasikan dengan 3 cara :

1. Semi otomatis (filer dipasok secara manual dengan tangan)
2. Otomatis (filer dipasok dengan menggunakan mesin)
3. Dengan mesin (*welding travel* secara manual)

Fluks SAW adalah campuran komposisi mineral sesuai dengan formula penggunaan yang berbentuk butiran (*granular*). Kegunaan fluks adalah sebagai berikut :

- Melindungi metal yang mencair dari udara luar
- Membersihkan metal yang mencair
- Memodifikasi komposisi metal lasan
- Mempengaruhi pembentukan bulir las dan properti mekanikalnya.

Beberapa variabel yang digunakan pada pengoperasian SAW :

- Arus pengelasan
- Tipe fluks dan distribusi partikel
- Tegangan pengelasan
- Kecepatan pengelasan
- Kecepatan elektroda

- Jenis Elektroda
- Lebar dan kedalaman lapisan fluks

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. W. Kenyon, Ir. Dines Ginting, 1985, *Dasar-Dasar Pengelasan*, Erlangga, Jakarta.
- [2]. Prof.DR.Ir.Harsono Wiryosumarto, Prof.DR.Toshie Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, cetakan keenam, Pranadnya Paramita, Jakarta.
- [3]. Howard B. Cary, *Modern Welding Technology*, Second Edition
- [4]. Jerry Gaylm, 1982, *Welding Fundamentals and Procedures*, Prentice Hall International
- [5]. Diktat Las MIG Teknik Pengelasan.