

KELAS XI SEMESTER 3

LAS METAL INERT GAS atau LAS METAL ACTIVE GAS (MIG/MAG)

BAB I **PENDAHULUAN**

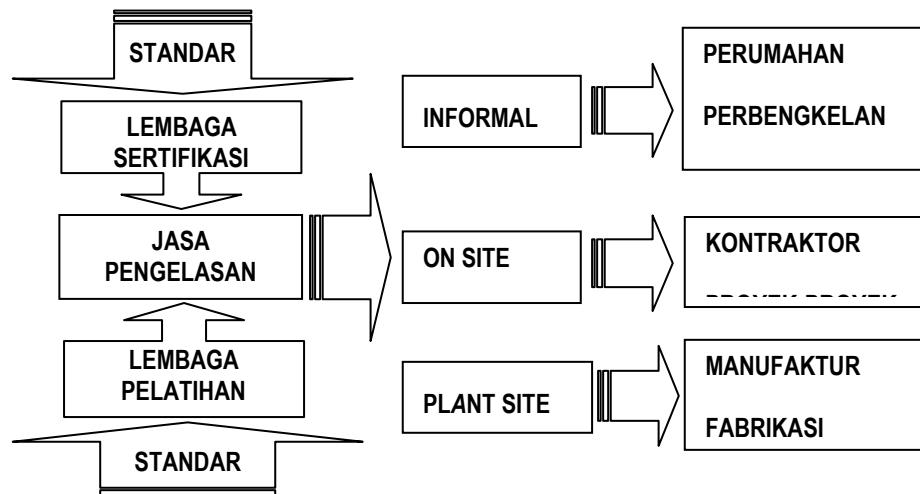
A. Latar Belakang

Mendukung pertumbuhan ekonomi melalui penguatan basis industri manufakturing, agro industri dan peningkatan teknologi, arah pengembangan pembangunan diupayakan untuk mengatasi kondisi krisis ekonomi serta pemulihan ekonomi dengan strategi kebijakan sebagai berikut:

1. Mendorong pertumbuhan ekonomi dan teknologi maju melalui nilai tambah produk-produk dibidang Industri Logam, Mesin, Elektronika, dan Aneka Industri.
2. Memperkuat struktur industri dengan menumbuhkan industri penunjang khususnya industri kecil, menengah serta industri hulu dan hilir.
3. Meningkatkan kemampuan teknologi produk dan teknologi manufakur.
4. Meningkatkan persebaran industri ke seluruh wilayah tanah air dalam upaya pemerataan pembangunan.

Dalam upaya mewujudkan strategi kebijakan tersebut diperlukan sumber daya, salah satu diantaranya adalah SDM (sumber daya manusia). SDM yang diperlukan terdiri atas berbagai jenis keahlian dan setiap jenis keahlian terdiri atas beberapa jenjang keahlian. Salah satu jenis keahlian yang diperlukan dalam rangka pembangunan nasional adalah tenaga pengelasan.

Secara garis besar kebutuhan tenaga pengelasan dapat dilihat pada gambar 1.1. berikut:



Gambar 1.1 Skema Kebutuhan Tenaga Pengelasan

B. Deskripsi Modul

1. Bahan ajar ini disusun dengan memperhatikan dan menerapkan aturan-aturan yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 31 Tahun 2006 tentang Sistem Pelatihan Kerja Nasional atau disingkat Sislatkernas dan pedoman Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP) yang menyatakan bahwa acuan yang digunakan dalam melaksanakan program diklat oleh Lembaga Diklat Profesi (LDP) dan uji kompetensi oleh Lembaga Sertifikasi Profesi (LSP) adalah Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) dan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI).
2. Bahan ajar ini diarahkan untuk membekali siswa dalam upaya mencapai kualifikasi *welder* atau juru las tingkat II, yang didalamnya berisi kompetensi-kompetensi yang berhubungan dengan pengetahuan, keterampilan dan sikap kerja yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan pengelasan yang menggunakan bermacam-macam proses las tingkat II.
3. Bahan ajar ini dirancang berdasarkan konsep ***Competency-Based Training***. Siswa dilatih untuk bisa menguasai secara tuntas tingkat dan jenis kompetensi tertentu yang ditugaskan kepada mereka.

4. Secara normal kompetensi ini dapat dicapai oleh siswa kurang lebih 200 jam @ 45 menit. Walaupun demikian, pencapaian kompetensi ini sangat dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain kemampuan awal peserta, kecepatan peserta menerima materi, dan proses pembelajaran yang diterapkan.
5. Setelah memahami materi teori yang dilaksanakan di dalam kelas, siswa diberi kesempatan untuk mendemonstrasikan kemampuan psikomotoriknya disaksikan oleh pembimbing yang mempunyai kualifikasi dibidang pengelasan menggunakan bermacam-macam proses las.

C. Tujuan Pembelajaran

Secara umum diklat ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan peserta dalam memahami konsep, aplikasi, keterampilan dan sikap kerja mengelas menggunakan proses las *MIG/MAG*, berdasarkan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) dan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI). Secara khusus diklat ini bertujuan untuk

1. mengidentifikasi bahaya-bahaya yang ditimbulkan oleh pekerjaan las *MIG/MAG*;
2. menerapkan Alat Pelindung Diri (APD/PPE) untuk mencegah terjadinya gangguan kecelakaan dan kesehatan pada waktu melaksanakan pengelasan;
3. menerapkan simbol-simbol pengelasan atau spesifikasi gambar pengelasan;
4. menjelaskan teknik pengelasan menggunakan proses las *MIG/MAG*;
5. melaksanakan rutinitas pengelasan menggunakan las *MIG/MAG*;
6. melaksanakan pengelasan pelat baja lunak menggunakan las *MIG/MAG*;
7. mengenal lembaga standarisasi pengelasan internasional.

D. Materi Pokok dan Sub-materi Pokok

Adapun lingkup materi (pokok-pokok) pengetahuan dan keterampilan yang akan dinilai penguasaan dan penampilannya adalah sebagai berikut:

1. Keselamatan dan kesehatan kerja las;
2. Peralatan, gas pelindung, dan kawat elektroda las *MIG/MAG*;
3. Teknik Mengelas *MIG/MAG*;
4. Bahan logam ferro;
5. Istilah pengelasan;
6. Simbol Las;
7. Cacat dan pemeriksaan hasil las;
8. Distorsi;
9. Standar kriteria pengelasan;
10. Pengujian hasil las (NDT dan DT);
11. Prosedur dan Latihan Pengelasan, meliputi
 - a. Sambungan sudut (*fillet*) pada pelat
 - b. Sambungan tumpul pada pelat
 - c. Sambungan pipa-flens

E. Prasyarat Peserta

1. Prasyarat Penguasaan Kompetensi

Agar dapat menguasai kompetensi-kompetensi yang disajikan pada modul ini, para siswa diharapkan telah memiliki kompetensi-kompetensi berikut:

- a. Dasar Las Busur Manual (*SMAW*) dan/ atau Las Oksi Asetilin (*OWA*)
- b. Dasar Gambar Teknik
- c. Penggunaan Peralatan Tangan (*Hand and Power Tools*)

F. Petunjuk Penggunaan Buku

1. Penjelasan bagi Siswa
 - a. Langkah-langkah belajar

- 1) Pelajari dan pahami terlebih dahulu uraian materi untuk setiap kegiatan.
- 2) Kerjakan tugas-tugas secara mandiri dan atau berkelompok.
- 3) Rencanakan setiap tugas berdasarkan SOP, diskusikan terlebih dahulu rencana tersebut dengan guru pembimbing.
- 4) Lakukan kegiatan sesuai dengan urutan yang terdapat pada lembar kerja.
- 5) Pada akhir kegiatan susunlah sebuah laporan lengkap tentang pencapaian-pencapaian hasil kegiatan.

2. Peran Guru

Peran guru dalam model pembelajaran Saintifik dan penilaian otentik dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Mengkondisikan siswauntuk melakukan pengamatan terhadap obyek pembelajaran;
- b. Membiasakan siswauntuk mengajukan pertanyaan secara mandiri dan aktif;
- c. Mengumpulkan data/ informasi tentang materi pembelajaran terkait dan menentukan sumber belajar yang konkret untuk menjawab pertanyaan yang diajukan peserta didik;
- d. Mengasosiasi siswauntuk mengkategorikan data hasil pengamatan dan pertanyaan yang timbul dari proses pembelajaran serta menentukan hubungannya selanjutnya menyimpulkan dengan urutan dari sederhana sampai lebih kompleks;
- e. Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang materi pembelajaran terkait;
- f. Mendorong siswauntuk menerapkan materi pembelajaran pada kehidupan sehari-hari.
- g. Mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok;
- h. Merencanakan dan menyiapkan perangkat proses penilaian;
- i. Melaksanakan penilaian;
- j. Mencatat pencapaian kemajuan siswa.

G. Kompetensi

Mata pelajaran Las *MIG/MAG*

Kelas/Semester XI / 3 dan 4

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)	KOMPETENSI DASAR
KI-1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1 Menyadari sempurnanya ciptaan Tuhan tentang alam dan fenomenanya dalam mengaplikasikan las gas metal (MIG/MAG) pada kehidupan sehari-hari. 1.2 Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam mengaplikasikan las gas metal (MIG/MAG) pada kehidupan sehari hari
KI-2 Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1 Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam dalam mengaplikasikan las gas metal (MIG/MAG) pada kehidupan sehari-hari. 2.2 Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dalam mengaplikasikan las gas metal (MIG/MAG) pada kehidupan sehari-hari. 2.3 Menunjukkan sikap

	responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam melakukan tugas mengaplikasikan las gas metal (MIG/MAG).
KI-3 Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahu yang tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah	<p>3.1 Menerapkan teori pengelasan pelat pada sambungan sudut menggunakan proses las MIG/MAG.</p> <p>3.2 Menerapkan teori pengelasan pelat pada sambungan tumpul menggunakan proses las MIG/MAG.</p> <p>3.3 Menerapkan prosedur pengelasan pipa pada sambungan sudut menggunakan proses las MIG/MAG.</p> <p>3.4 Menerapkan prosedur pengelasan pipa berbagai posisi pada sambungan tumpul menggunakan proses las MIG/MAG.</p>
KI-4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan	4.1 Melakukan pengelasan pelat pada sambungan sudut dan posisi bawah tangan dan posisi mendatar dengan las

<p>pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.</p>	<p>MIG/MAG.</p> <p>4.2 Melakukan pengelasan pelat pada sambungan tumpul dan posisi bawah tangan dan posisi mendatar dengan las MIG/MAG.</p> <p>4.3 Melakukan pengelasan pelat dengan pipa pada sambungan sudut meliputi : posisi bawah tangan dan posisi mendatar dengan las MIG/MAG.</p> <p>4.4 Melakukan pengelasan pipa berbagai posisi pada sambungan tumpul bawah tangan dan posisi mendatar dengan las MIG/MAG</p>
--	--

BAB II

PENGELASAN PELAT DAN PIPA POSISI MENDATAR

MENGGUNAKAN LAS *MIG/MAG*

Sekarang kalian telah menjadi siswa SMK/MAK. Saatnya telah tiba untuk mempelajari lebih dalam lagi tentang pengelasan khususnya proses pengelasan tingkat lanjut yaitu Las *Metal Inert Gas/Metal Active Gas* atau juga di industri sering disebut dengan *Gas Metal Arc Welding (MIG/MAG)*. /MAG atau *MIG/MAG* adalah proses pengelasan tingkat lanjut yang menggunakan elektroda terumpan yang menghasilkan busur listrik dan menggunakan gas pelindung *Argon (Ar)* atau karbodioksida (CO_2) selama terjadi proses pengelasan. Selanjutnya proses pengelasan ini disebut Las *Metal Inert Gas (MIG)*.

Para ilmuwan atau *scientist* mempelajari apa yang terjadi di sekitar kita dengan melakukan serangkaian penelitian dengan sangat cermat dan hati-hati. Dengan cara itu, mereka dapat menjelaskan apa dan mengapa sesuatu dapat terjadi serta memperkirakan sesuatu yang terjadi saat ini maupun yang akan datang terhadap alam sekitar. Hasil-hasil temuan mereka dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan hidup manusia, seperti komputer, televisi, teknologi pengelasan, dan sebagainya.

Pada bab ini, kalian akan mempelajari apa yang dilakukan dalam pengelasan *Metal Inert Gas/Metal Active Gas (MIG/MAG)*, bagaimana melakukan pengamatan, serta mempelajari pengelasan sebagai bagian dari pengamatan tersebut. Langkah awal untuk mempelajari pengelasan *Metal Inert Gas/Metal Active Gas (MIG/MAG)* adalah dengan **mengamati, menanya, mengeksplorasi, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan**. Sebagai permulaan, lakukan kegiatan berikut untuk melatih pengamatan untuk eksplorasi terhadap lingkungan di sekitar bengkel las.

Peralatan las

K3 Las MIG/MAG
Peralatan las MIG/MAG
Peralatan bantu las

Keselamatan edan Kesehatan Kerja adalah hal yang mutlak yang harus dilaksanakan dimanapun berada, apalagi seseorang bekerja di bidang pengelasan yang resiko bahayanya sangat tinggi yang bersinggungan dengan panas, tersengat aliran listrik, tertimpa produk (benda) dan lain sebagainya. Sedangkan yang harus diselamatkan bukan hanya manusia tetapi juga peralatan, produk, dan lingkungan

A. KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA LAS

1. Indikator Keberhasilan

- a. Menjelaskan macam-macam gangguan kesehatan dan penyebab kecelakaan pada kerja las secara umum.
- b. Menjelaskan alat pelindung diri (APD) yang dipakai pada kerja las MIG/MAG.
- c. Menjelaskan penggunaan rambu-rambu keselamatan dan kesehatan kerja.
- d. Menjelaskan penggunaan obat-obatan pada PPPK di bengkel las.

2. Deskripsi Materi

Materi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Las sesuai dengan peraturan menjelaskan macam-macam gangguan kesehatan dan

penyebabnya; menjelaskan APD untuk pengelasan *MIG/MAG*, dan penggunaan obat-obatan PPPK di bengkel las.

3. Uraian Materi

a. Gangguan Kesehatan dan Penyebab Kecelakaan Pada Kerja Las *MIG/MAG*

Pekerjaan Las *MIG/MAG* adalah salah satu jenis pekerjaan yang cukup berpotensi menyebabkan gangguan terhadap kesehatan atau malah dapat menyebabkan kecelakaan kerja.

Gangguan kesehatan atau kecelakaan dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, yakni operator atau teknisi las itu sendiri, mesin dan alat-alat las, atau lingkungan kerja, namun secara umum ada beberapa resiko kalau bekerja dengan proses Las *MIG/MAG* , yaitu

- 1) kejutan listrik (*electric shock*);
- 2) sinar las;
- 3) debu dan asap las;
- 4) luka bakar serta kebakaran.

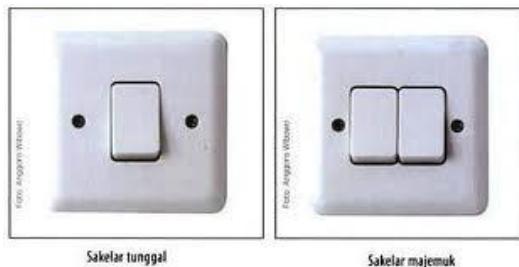
1) Kejutan Listrik

Kecelakaan akibat kejutan listrik dapat terjadi setiap saat, baik itu pada saat pemasangan peralatan, penyetelan atau pada saat pengelasan. Resiko yang akan terjadi dapat berupa luka bakar, terjatuh, pingsan serta dapat meninggal dunia.

Untuk mempermudah pertolongan kepada penderita, penolong harus dapat membedakan kecelakaan ini satu sama lain. Bagaimanapun keterlambatan pertolongan akan dapat berakibat fatal terhadap penderita. Cara-cara untuk menolong bahaya akibat kecelakaan listrik yaitu

- a) Segera matikan stop kontak (*switch off*)

- b) Berikan pertolongan pertama sesuai dengan kecelakaan yang dialami oleh penderita.



Gambar 2.1 Skalar Listrik Posisi Off

Apabila tidak sempat mematikan stop kontak dengan segera, maka hindarkanlah penderita dari aliran listrik dengan memakai alat-alat kering yang tidak bersifat konduktor (jangan gunakan bahan logam).



Gambar 2.2. Menjauhkan Penderita dari Sumber Listrik

Cara melakukan pertolongan pertama pada kejadian di atas adalah sebagai berikut:

- a) Menarik penderita dengan menggunakan benda kering (karet, plastik, kayu, dan sejenisnya) pada bagian-bagian pakaian yang kering;
- b) Penolong berdiri pada bahan yang bersifat isolator (papan, sepatu karet);
- c) Mendorong penderita dengan alat yang sudah disediakan;
- d) Membawa ke rumah sakit dengan segera.

PERHATIAN !

Luka-luka akan menjadi lebih parah dengan pemindahan (pertolongan) yang terburu-buru.

Sedangkan usaha pencegahan kecelakaan pada mesin las MIG/MAG :

- a) Kabel primer harus terjamin dengan baik, mempunyai isolasi yang baik;
- b) Kabel primer usahakan sependek mungkin;
- c) Hindarkan kabel-kabel las dari goresan, loncatan bunga api dan kejatuhan benda panas;
- d) Periksalah sambungan-sambungan kabel, apakah sudah ketat, sebab persambungan yang longgar dapat menimbulkan panas yang tinggi;
- e) Pemeliharaan dan perbaikan mesin las sebaiknya ditangani oleh orang yang ahli di bidangnya;
- f) Jangan meletakkan tang las pada meja las atau pada benda kerja;
- g) Perbaiklah segera kabel-kabel yang rusak;
- h) Jangan menganggu komponen-komponen dari mesin las.

2) Sinar Las

Dalam proses pengelasan timbul sinar yang membahayakan operator las dan pekerja lain di daerah pengelasan. Sinar yang membahayakan tersebut adalah

- a) Cahaya tampak;
- b) Sinar infra merah;
- c) Sinar ultra violet.

a) Cahaya Tampak

Benda kerja dan kawat elektroda yang mencair pada las MIG/MAG akan mengeluarkan cahaya tampak. Semua

cahaya tampak yang masuk ke mata akan diteruskan oleh lensa dan kornea mata ke retina mata. Bila cahaya ini terlalu kuat, maka mata akan segera menjadi lelah dan kalau terlalu lama mungkin menjadi sakit, walaupun rasa lelah dan sakit pada mata tersebut sifatnya hanya sementara.

b) Sinar Infra Merah

Sinar infra merah berasal dari busur listrik. Adanya sinar infra merah tidak segera terasa oleh mata, karena itu sinar ini lebih berbahaya, sebab tidak diketahui, tidak terlihat.

Akibat dari sinar infra merah terhadap mata sama dengan pengaruh panas, yaitu akan terjadi pembengkakan pada kelopak mata, terjadinya penyakit kornea dan kerabunan.

Jadi jelas akibat sinar infra merah jauh lebih berbahaya dari pada cahaya tampak. Sinar infra merah selain berbahaya pada mata juga dapat menyebabkan terbakar pada kulit berulang-ulang (mula-mula merah kemudian memar dan selanjutnya terkelupas yang sangat ringan).

c) Sinar Ultra Violet

Sinar ultra violet sebenarnya adalah pancaran yang mudah terserap, tetapi sinar ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap reaksi kimia yang terjadi didalam tubuh. Bila sinar ultra violet yang terserap oleh lensa melebihi jumlah tertentu maka pada mata terasa seakan-akan ada benda asing didalamnya dalam waktu antara 6 sampai 12 jam, kemudian mata akan menjadi sakit selama 6 sampai 24 jam. Pada umumnya rasa sakit ini akan hilang setelah 48 jam.

Usaha-usaha pencegahan kecelakaan karena sinar las

- a) Memakai pelindung mata dan muka ketika mengelas, yaitu kedok atau helm las;

- b) Memakai peralatan keselamatan dan kesehatan kerja (pakaian pelindung) pakaian kerja , apron / jaket las, sarung tangan , sepatu keselamatan kerja);
- c) Membuat batas atau pelindung daerah pengelasan agar orang lain tidak terganggu (menggunakan kamar las yang tertutup, menggunakan tabir penghalang.

Adapun alat pelindung diri (APD) yang standar dipakai untuk mengelas adalah

- a) Kedok las dan helm las dilengkapi dengan kaca penyaring (*filter*) untuk menghilangkan dan menyaring sinar infra merah dan ultra violet (gambar 2.3 dan 2.4) . Filter dilapisi oleh kaca bening atau kaca plastik yang ditempatkan disebelah luar dan dalam, fungsinya untuk melindungi *filter* dari percikan-percikan las.



Gambar 2.3 Helm Las dan Kedok Las

Adapun ukuran (tingkat kegelapan / *shade*) kaca penyaring tersebut berbanding lurus dengan besarnya amper pengelasan. Berikut ini tabel 2.1. tentang ketentuan umum perbandingan antara ukuran penyaring dan besar amper pengelasan pada proses las MIG/MAG.

Tabel 2.1.Ukuran Kaca Penyaring dan Besar Arus

ARUS	UKURAN PENYARING
Sampai dengan 150 Amper	10
150 – 250 Amper	11
250 – 300 Amper	12
300 – 400 Amper	13
Lebih dari 400 Amper	14



Gambar 2.4. Kaca Penyaring (Shading)

Sepatu, topi, kacamata bening untuk melindungi dari bahaya kejatuhan benda, melindungi mata dari percikan-percikan yang berbahaya, berikut gambar 2.5 tentang APD di atas.



Gambar 2.5 Sepatu, topi, dan kacamata

Tabir atau dinding penghalang berfungsi sebagai pemisah antar ruangan atau antar welder (gambar 2.6).



Gambar 2.6. Tabir Atau Dinding Penghalang

3) Debu dan Asap Las

a) Sifat Fisik Dan Akibat Debu dan Asap Terhadap Paru-Paru

Debu dan asap las besarnya berkisar antara $0,2 \mu\text{m}$ sampai dengan $3 \mu\text{m}$ jenis debu ialah eternit dan hidrogen rendah. Butir debu atau asap dengan ukuran $0,5 \mu\text{m}$ dapat terhisap, tetapi sebagian akan tersaring oleh bulu hidung dan bulu pipa pernapasan, sedang yang lebih halus akan terbawa ke dalam dan ke luar kembali.

Debu atau asap yang tertinggal dan melekat pada kantong udara diparu-paru akan menimbulkan penyakit, seperti sesak napas dan lain sebagainya. Karena itu debu dan asap las perlu dapat perhatian khusus.

b) Harga Bata Kandungan Debu dan Asap Las

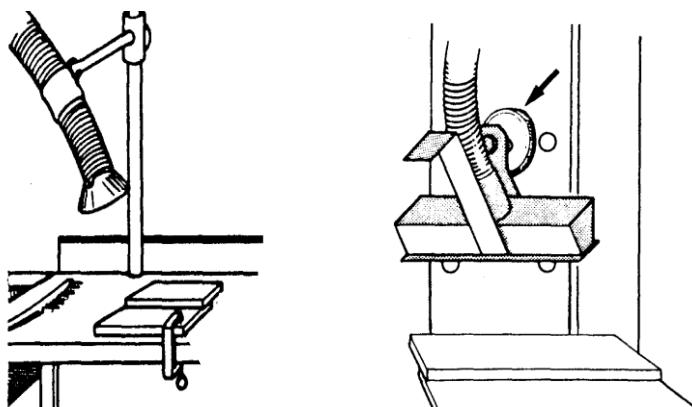
Harga bata (ukuran) kandungan debu dan asap pada udara tempat pengelasan menurut *International Institute of Welding (IIW)* ditentukan besarnya 10 mg/m^2 untuk jenis elektroda karbon rendah dan 20 mg/m^2 untuk jenis lain. Pencegahan Kecelakaan karena Debu dan Asap Las

(1) Peredaran udara atau ventilasi harus benar-benar diatur dan diupayakan, di mana setiap kamar las dilengkapi dengan pipa pengisap debu dan asap yang

penempatannya jangan melebihi tinggi rata-rata/posisi wajah (hidung) operator las yang bersangkutan.

- (2) Menggunakan kedok/helm las secara benar, yakni pada saat pengelasan berlangsung harus menutupi sampai di bawah wajah (dagu), sehingga mengurangi asap/debu ringan melewati wajah.
- (3) Menggunakan baju/ jaket las (*apron*) terbuat dari kulit atau asbes.
- (4) Menggunakan alat pernafasan pelindung debu jika ruangannya tidak ada sirkulasi udara yang memadai (sama sekali tidak ada).

Gambar 2.7 berikut ini adalah contoh sistem pengisap yang dapat dipakai pada bengkel-bengkel las secara umum.



Gambar 2.7. Pengisap Debu pada Bengkel Las

4) Luka Bakar

Kecelakaan luka bakar di bengkel dapat terjadi karena

- a) Logam panas
- b) Busur cahaya
- c) Loncatan bunga api

Luka bakar dapat diakibatkan oleh logam panas karena adanya pencairan benda kerja antara 1200°C – 1500°C , sinar ultra

violet dan infra merah; hal ini dapat mengakibatkan luka bakar pada kulit.

Luka bakar pada kulit dapat menyebabkan kulit melepuh / terkelupas, dan dapat menyebabkan kanker kulit.

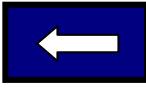
Luka bakar pada mata mengakibatkan iritasi (kepedihan, silau) yang sangat fatal menyebabkan katarak pada mata. Luka bakar yang diakibatkan oleh loncatan bunga api adalah loncatan butiran logam cair yang ditimbulkan oleh cairan logam. Biarpun bunga api itu kecil, tapi dapat melubangi kulit melalui pakaian kerja, lobang kancing yang lepas atau pakaian kerja yang longgar.

b. Penggunaan Rambu-rambu Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Pada bengkel-bengkel kerja las, terutama pada industri yang mempekerjakan banyak orang, pemasangan rambu-rambu penggunaan peralatan keselamatan dan kesehatan kerja serta tanda-tanda peringatan sangatlah penting. Hal ini demi terhindarnya semua orang (pekerja dan non pekerja) dari resiko kecelakaan.

Untuk itu, pada tempat-tempat atau daerah kerja yang memerlukan penggunaan alat-alat keselamatan kerja harus diberi tanda peringatan/ rambu-rambu yang mengharuskan seseorang yang bekerja atau berada ditempat tersebut untuk menggunakan alat yang ditentukan untuk bekerja/ berada daerah tersebut.

Gambar 2.8 berikut ini adalah contoh-contoh rambu-rambu yang banyak digunakan pada bengkel-bengkel las

No.	RAMBU-RAMBU	ARTI RAMBU-RAMBU
1.		Helm pengaman harus dipakai!
2.		Sepatu kerja/ pengaman harus dipakai!
3.		Sarung tangan harus dipakai!
4.		Kaca mata pengaman harus dipakai!
5.		Pengaman telinga harus dipakai!
6.		Saringan pernafasan harus dipakai!
7.		Hati-hati!
8.		Penunjuk arah

Gambar 2.8. Contoh Rambu-rambu Keselamatan

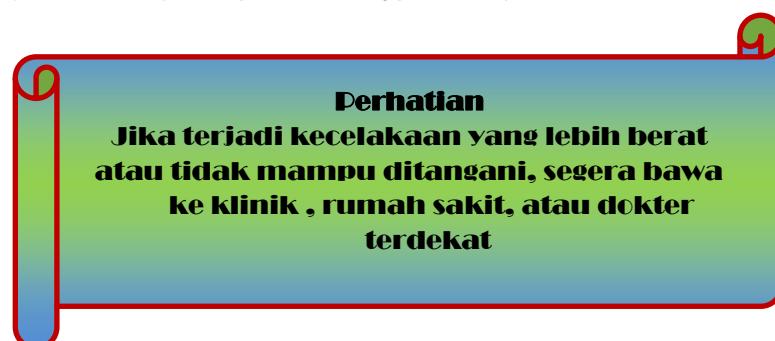
c. Obat-obatan PPPK

Resiko kecelakaan yang banyak terjadi pada kerja las MIG/MAG adalah jenis luka bakar dan goresan dari ringan sampai sedang. Luka bakar dapat terjadi pada seluruh anggota tubuh, terutama pada tangan dan kaki, baik yang diakibatkan oleh panas langsung, benda kerja yang panas ataupun oleh sinar las. Adapun luka tergores atau terpotong dapat disebabkan oleh sisi-sisi tajam benda kerja ataupun oleh alat-alat potong bahan.

Secara umum obat-obatan yang perlu disediakan pada bengkel las MIG/MAG adalah obat-obatan yang umum dipakai pada bengkel-bengkel kerja, kecuali untuk obat mata; yakni untuk luka bakar pada mata yang diakibatkan oleh sinar las. Untuk hal tersebut diperlukan obat tetes khusus untuk luka bakar pada mata disamping obat pembersih mata yang dipakai sebelum obat tetes (*boor water*).

Berikut ini adalah macam-macam obat-obatan/peralatan PPPK yang disarankan untuk disediakan pada bengkel las *MIG/MAG*.

- 1) *Levetran*, untuk luka bakar pada anggota tubuh;
- 2) *Betadine* atau obat merah, untuk luka tergores/terpotong (ringan s.d. sedang);
- 3) *Boor water*, untuk pembersih mata setelah melakukan pengelasan atau sebelum diberi obat tetes mata;
- 4) Obat tetes mata (*yang umum tersedia dipasaran*);
- 5) Verban;
- 6) Kapas;
- 7) *Band aid (tensoplast, handyplast, dll)*.



Rangkuman

- a. Pekerjaan las *MIG/MAG* adalah salah satu jenis pekerjaan yang cukup berpotensi menyebabkan gangguan terhadap kesehatan atau dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Ada beberapa resiko kalau bekerja dengan proses las *MIG/MAG*, yaitu kejutan listrik (*electric shock*); sinar las; debu dan asap las; dan luka bakar dan kebakaran.
- b. Setiap melakukan pekerjaan las *MIG/MAG*, penggunaan APD yang standar harus dipakai karena banyak sekali bahaya yang mengelilinginya, seperti baju kerja (*overall*) dari bahan katun, apron/jaket kulit, sarung tangan kulit, topi kulit (terutama untuk pengelasan posisi di atas kepala), sepatu kerja, helm/ kedok las, kaca mata bening, terutama pada saat membuang terak.
- c. Rambu-rambu penggunaan peralatan keselamatan dan kesehatan kerja serta tanda-tanda peringatan amatlah penting demi terhindarnya semua orang (pekerja dan non pekerja) dari resiko kecelakaan. Oleh sebab itu di tempat-tempat kerja yang memerlukan penggunaan peralatan keselamatan kerja harus dipasang rambu-rambu yang mengharuskan semua orang yang berada di tempat tersebut harus menggunakan APD.
- d. Jenis obat-obatan/peralatan PPPK yang disediakan pada bengkel las *MIG/MAG* adalah *levetran*, untuk luka bakar; *betadine*, untuk luka tergores/terpotong; *boor water*, untuk pembersih mata setelah pengelasan atau sebelum diberi obat tetes mata; obat tetes mata; verban; kapas; dan *band aid* (*tensoplast*, *handyplast*, dll).

4. Latihan Soal atau Penugasan

- a. Pada saat proses pengelasan berlangsung akan menghasilkan sinar yang berbahaya yaitu sinar *ultraviolet*, sinar *infrared* dan sinar tampak (*brightness*), pengelasan *MIG/MAG* berbeda dengan las busur manual maka
 - 1) pilihlah nomor kaca pelindung dan jenis kacamata las;
 - 2) pilihlah alat pelindung badan atau anggota badan lain yang sesuai dengan jenis pengelasan yang digunakan.

- 3) mengapa nomor kaca, jenis kacamata, dan alat pelindung diri itu yang dipilih.
- b. Kabel yang digunakan pada pengelasan umumnya menggunakan kabel tegangan dan frekuensi tinggi (*high frequency*) maka
 - 1) periksalah kondisi instalasi atau kabel listrik yang bocor (tidak terlindung isolasi);
 - 2) pada pengelasan frekuensi tinggi (*ACHF*) proses penyalaan busur tidak melalui goresan atau sentuhan terhadap benda kerja, oleh karena itu hindarilah sentuhan dengan ujung elektroda.
- c. Selain sinar yang dihasilkan dari pengelasan juga percikan cairan logam, gas dan asap juga cukup berbahaya bagi sistem pernapasan maka
 - 1) bekerjalah pada ruangan yang nyaman dan apabila dilingkungan sekitarnya kurang nyaman rapihkan terlebih dahulu terutama benda-benda yang mudah terbakar;
 - 2) pakailah alat keselamatan kerja seperti alat penutup kepala (*helmet*) penyaring udara kotor (*respirator*), karena dalam pengelasan selain menghasilkan cahaya juga gas atau asap beracun diantaranya ozone (O_3), *nitrous oxide*(NO_2), karbon dioksida (CO_2) dan gas lainnya.
- d. Laporkanlah segera pada pembimbing atau instruktur apabila ada kejadian-kejadian yang bisa mengakibatkan kecelakaan pada orang maupun alat.

5. Evaluasi Materi Pokok

- a. Jelaskan macam-macam gangguan kesehatan dan penyebab kecelakaan pada kerja las secara umum!
- b. Jelaskan alat pelindung diri (APD) yang dipakai pada kerja las MIG/MAG!
- c. Jelaskan penggunaan rambu-rambu keselamatan dan kesehatan kerja!
- d. Jelaskan penggunaan obat-obatan pada PPPK di bengkel las!
- e. Buatlah simpulan sesuai dengan kalimat/bahasa sendiri tentang keselamatan dan kesehatan kerja di bidang pengelasan!

Mengamati Peralatan Las MIG/MAG

1. Datanglah ke bengkel las MIG/MAG, baik yang di sekolah maupun di luar sekolah
2. Lakukan pengamatan terhadap peralatan las MIG/MAG yang tersedia di bengkel las di sekolah maupun di luar sekolah! Amati sebanyak peralatan las yang tersedia disana!
3. Tuliskan hasil pengamatanmu! Ingat, hanya hasil pengamatan, bukan tafsiran terhadap pengamatan!

Las Metal Inert Gas (MIG/MAG) adalah las tingkat lanjut, digolongkan dalam las busur listrik, karena panas diperoleh dari busur yang dipancarkan oleh elektroda. Cara mengoperasikannya mirip dengan **Shielded Metal Arc Welding (SMAW)**, tetapi mengoperasikannya jauh lebih mudah bila dibandingkan dengan **Shielded Metal Arc Welding (SMAW)** karena elektroda pada **Las Metal Inert Gas (MIG/MAG)** berbentuk gulungan (rol) dan semi otomatis, sehingga ketika mengelas lebih mudah.

B. PERALATAN, GAS PELINDUNG, DAN KAWAT ELEKTRODA LAS MIG/MAG

1. Indikator Keberhasilan

- a. Mengidentifikasi peralatan las MIG/MAG.
- b. Menjelaskan peralatan las MIG/MAG.
- c. Menjelaskan jenis gas pelindung las MIG/MAG.
- d. Menjelaskan kawat elektroda las MIG/MAG.

2. Deskripsi Materi

Materi Peralatan, Gas Pelindung, dan Kawat Elektroda Las MIG/MAG berisi tentang teori dan aplikasi peralatan las MIG/MAG

dan penjelasan tentang gas pelindung dan kawat elektroda pengelasan *MIG/MAG* yang harus dikuasai siswa.

3. Uraian Materi

a. Peralatan Kerja Las *MIG/MAG*

Pengelasan *Metal Inert Gas/Metal Active Gas (MIG/MAG)* adalah proses pengelasan yang energinya diperoleh dari busur listrik. Busur las terjadi diantara permukaan benda kerja dengan ujung kawat elektroda yang keluar dari *nozzle* bersama-sama dengan gas pelindung.

Pengelasan *Metal Inert Gas/Metal Active Gas (MIG/MAG)* biasanya dioperasikan secara semi otomatis atau otomatis, sehingga dengan pesatnya perkembangan dunia kerja konstruksi yang membutuhkan pengelasan yang cepat dan kualitas tinggi, maka proses Pengelasan *Metal Inert Gas/Metal Active Gas (MIG/MAG)* sudah dijadikan alternatif proses pengelasan yang banyak digunakan, mulai dengan pekerjaan konstruksi ringan sampai berat.

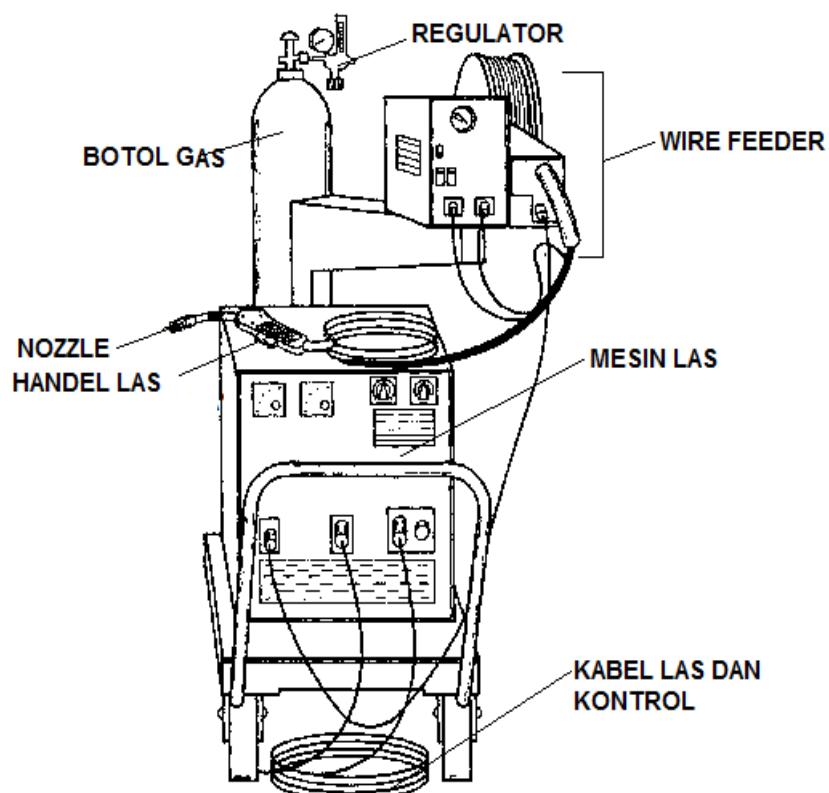
Untuk melaksanakan pekerjaan las ini diperlukan peralatan utama yang relatif lebih rumit jika dibandingkan dengan peralatan Las Busur Manual (*MMAW*), di mana disamping pembangkit tenaga dan kabel-kabel las juga diperlukan perangkat pengontrol kawat elektroda, botol gas pelindung serta perangkat pengatur dan penyuplai gas pelindung. Sedang alat-alat bantu serta keselamatan dan kesehatan kerja adalah relatif sama dengan alat-alat bantu pada proses pengelasan dengan *MMAW*.

Berikut ini gambar 2.9 adalah satu unit perlengkapan *Las Metal Inert Gas/Metal Active Gas (MIG/MAG)* yang biasa digunakan untuk pengrajaan konstruksi sedang sampai berat.

1) Peralatan Utama

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

- a) mesin las
- b) unit pengontrol kawat elektroda (*wire feeder*)
- c) handel las beserta *nozzle*
- d) kabel las dan kabel kontrol
- e) botol gas pelindung
- f) regulator gas pelindung



Gambar 2.9. Perlengkapan *MIG/MAG*

a) Mesin Las

Sistem pembangkit tenaga pada mesin *MIG/MAG* pada prinsipnya adalah sama dengan mesin *MMAW* 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 dilas yang kebanyakan adalah jenis baja, maka secara luas proses pengelasan dengan *MIG/MAG* adalah menggunakan mesin las *DC*.

Umumnya mesin las arus searah (*DC*) mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (*AC*) yang kemudian diubah menjadi arus searah dengan *voltage* yang konstan (*constant-voltage*).

Pemasangan kabel-kabel las (pengutuban) pada mesin las arus searah dapat diatur /dibolak-balik sesuai dengan keperluan pengelasan, ialah dengan cara

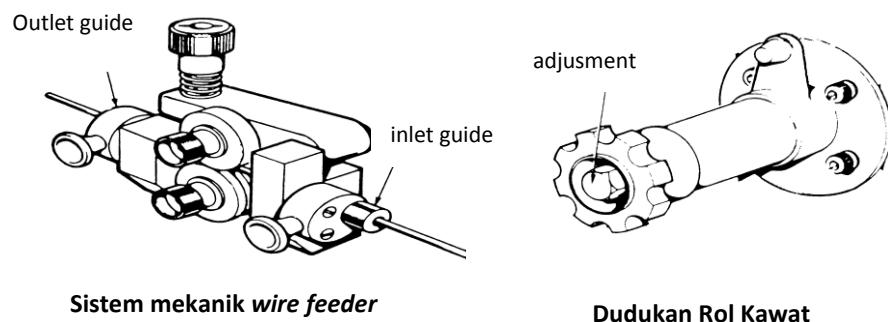
- (1) Pengutuban langsung (*Direct Current Straight Polarity / DCSP/DCEN*);
 - (2) Pengutuban terbalik (*Direct Current Reverce Polarity / DCRP/DCEP*).
-
- (1) Pengutuban langsung (*DCSP/DCEN*)
Dengan pengutuban langsung berarti kutub positif (+) mesin las dihubungkan dengan benda kerja dan kutub negatif (-) dihubungkan dengan kabel elektroda. Dengan hubungan seperti ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan elektroda sedangkan 2/3 bagian memanaskan benda kerja.
 - (2) Pengutuban *terbalik* (*DCRP/ DCEP*) :
Pada pengutuban terbalik, kutub negatif (-) mesin las dihubungkan dengan benda kerja, dan kutub positif (+) dihubungkan dengan elektroda. Pada hubungan semacam ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan benda kerja dan 2/3 bagian memanaskan elektroda.

b) *Wire Feeder Unit*

Alat pengontrol kawat elektroda (*wire feeder unit*) pada gambar 2.10 adalah alat/ perlengkapan utama pada pengelasan dengan *MIG/MAG*. Alat ini biasanya tidak menyatu dengan mesin las, tapi merupakan bagian yang terpisah dan ditempatkan berdekatan dengan pengelasan.

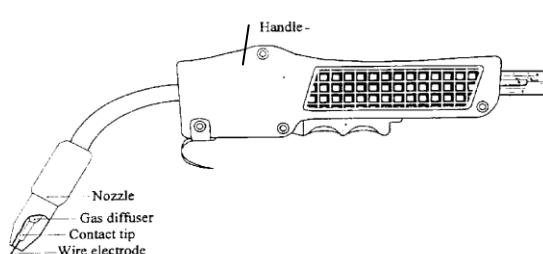
Fungsinya adalah sebagai berikut:

- (1) menempatkan rol kawat elektroda;
- (2) menempatkan kabel las (termasuk handel las dan *nozzle*) dan sistem saluran gas pelindung;
- (3) mengatur pemakaian kawat elektroda (sebagian tipe mesin, unit pengontrolnya terpisah dengan *wire feeder unit*);
- (4) mempermudah proses/ penanganan pengelasan, di mana *wire feeder* tersebut dapat dipindah-pindah sesuai kebutuhan.



Gambar 2.10. Bagian-bagian Utama Wire Feeder

c) *Handel Las (Welding Gun / Torch)*



Gambar 2.11. *Welding Torch*

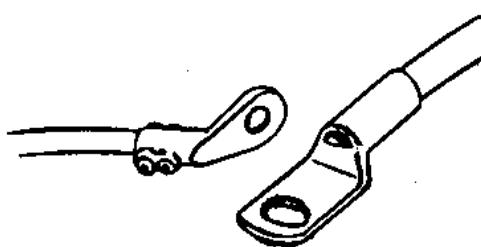
d) Kabel Las

Pada mesin las terdapat kabel primer (*primary power cable*) 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 *phasa* mesin las ditambah satu kawat sebagai hubungan pentahanan 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 kontrol. Inti Penggunaan kabel pada mesin las hendaknya disesuaikan dengan kapasitas arus maksimum dari pada mesin las. Makin kecil diameter kabel atau makin panjang ukuran kabel, maka tahanan/hambatan kabel akan naik, sebaliknya makin besar diameter kabel dan makin pendek maka hambatan akan rendah.

Pada ujung kabel las biasanya dipasang sepatu kabel (gambar 2.12) untuk pengikatan kabel pada terminal mesin las dan pada penjepit elektroda maupun pada penjepit masa.

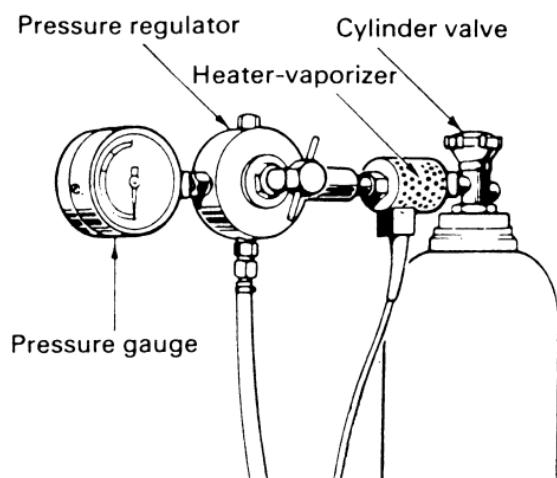


Gambar 2.12. Sepatu Kabel

e) Regulator Gas Pelindung

Fungsi utama dari regulator adalah untuk mengatur pemakaian gas gambar lihat 2.13.

Untuk pemakaian gas pelindung dalam waktu yang relatif lama, terutama gas CO₂ 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.

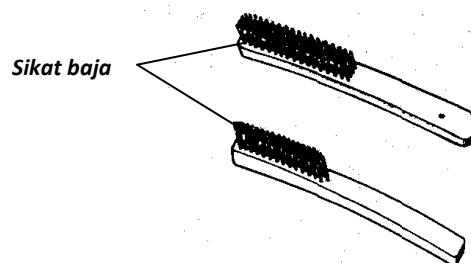


Gambar 2.13. Silinder dan Regulator Gas Pelindung

2) Peralatan Bantu

a) Sikat Baja (gambar 2.14)

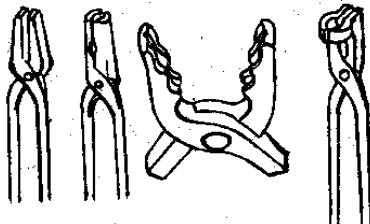
Sikat baja digunakan untuk membersihkan hasil las, yaitu pengaruh oksidasi udara luar sehingga rigi-rigi las benar-benar bebas dari terak, selain itu digunakan untuk membersihkan bidang benda kerja sebelum dilas.



Gambar 2.14. Sikat Baja

b) Alat Penjepit (gambar 2.15)

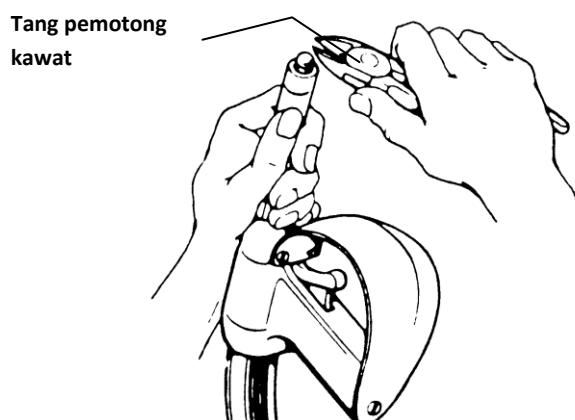
Alat penjepit digunakan untuk memegang benda kerja yang panas dipergunakan alat (tang) penjepit dengan macam-macam bentuk, seperti bentuk moncong rata, moncong bulat, moncong serigala dan moncong kombinasi.



Gambar 2.15. Alat (Tang) Penjepit

c) Tang Pemotong Kawat (gambar 2.16)

Pada kondisi tertentu, kawat elektroda perlu dipotong untuk memperoleh panjang yang ideal. Untuk itu diperlukan tang pemotong kawat.



Gambar 2.16. Pemotongan Kawat

b. GAS PELINDUNG DAN KAWAT ELEKTRODA

1) Gas Pelindung

Gas-gas pelindung untuk *MIG/MAG* adalah pelindung untuk mempertahankan/ menjaga stabilitas busur dan perlindungan

cairan logam las dari kontaminasi selama pengelasan, terutama dari atmosfir (gas oksigen, nitrogen) dan pengotoran daerah las.

Fungsi utama gas pelindung adalah untuk membentuk sekeliling daerah pengelasan dengan media pelindung yang tidak bereaksi dengan daerah las tersebut.

a) Jenis-jenis Gas Pelindung.

Jenis gas pelindung yang digunakan untuk mengelas baja karbon dan baja paduan adalah sebagai berikut:

- (1) Campuran Argon + oksigen;
- (2) Campuran Argon + carbon dioksida;
- (3) Campuran Argon + karbon dioksida + oksigen;
- (4) Karbon dioksida.

Penggunaan campuran argon disarankan 14 l/menit dan 18 l/min untuk CO_2 . Aliran gas pelindung setelah busur dimatikan diperlukan untuk melindungi pembekuan logam las dari kontaminasi oksigen, nitrogen dan uap air dalam atmosfir

b) Perbandingan Penggunaan Gas Pelindung (tabel 2.2)

Campuran gas pelindung yang digunakan dalam pengelasan *MIG/MAG* untuk mengelas baja karbon sebagai berikut:

Tabel 2.2. Perbandingan Gas Pelindung

Logam	Gas	Catatan
Baja karbon rendah	Argon + CO_2	Argon mengontrol percikan dan melindungi busur. CO_2 memperbaiki input dan mengurangi biaya

	Argon + CO ₂ +Oksigen	Diperlukan apabila memperbaiki sifat mekanik
	CO ₂	Biaya rendah, panas input tinggi akan tetapi ada percikan terak

2) Kawat Elektroda

Pengelasan *MIG/MAG* adalah salah satu jenis proses las cair (*fusion welding*) yang banyak digunakan pada pengrajaan konstruksi ringan sampai berat. Hasil maksimal akan dapat dicapai apabila jenis kawat elektroda yang digunakan sama dengan jenis logam yang di las.

Jenis logam yang dapat di las menggunakan *MIG/MAG* ada beberapa macam antara lain

- a) Baja tegangan tinggi dan menengah;
- b) Baja paduan rendah;
- c) Baja tahan karat;
- d) Aluminium;
- e) Tembaga;
- f) Tembaga paduan, dll.

1) Bentuk Kawat Elektroda

Bentuk kawat elektroda yang digunakan pada *MIG/MAG* secara umum adalah

- (1) Bentuk *solid wire*;
- (2) Bentuk *flux cored wire*.

2) Diameter Kawat Elektroda

Diameter kawat elektroda yang banyak digunakan dalam pengelasan menggunakan *MIG/MAG* adalah mulai Ø 0,6 mm; Ø 0,8 mm; Ø 0,9 mm; Ø 1,0 mm; Ø 1,2 mm; dan Ø 1,6 mm.

3) Bentuk Kemasan

Perlu kemasan/pengepakan yang banyak dijumpai dalam perdagangan adalah berupa gulungan (rol) dengan berat gulungan kawat yang banyak digunakan adalah 15 kg; 17 kg; dan 30 kg.

4. Rangkuman

Peralatan kerja las dibagi menjadi peralatan utama dan peralatan bantu. Peralatan utama terdiri dari mesin las; unit pengontrol kawat elektroda (*wire feeder*); tang las beserta *nozzle*; kabel las dan kabel kontrol; botol gas pelindung; dan regulator gas pelindung. Peralatan bantu terdiri dari sikat baja; alat penjepit; dan tang pemotong kawat.

Gas pelindung las *MIG/MAG* adalah untuk mempertahankan/ menjaga stabilitas busur dan perlindungan cairan logam las dari kontaminasi selama pengelasan, terutama dari atmosfir (gas oksigen, nitrogen) dan pengotoran daerah las dan membentuk gas sekeliling daerah pengelasan dengan media pelindung yang tidak bereaksi dengan daerah las tersebut. Jenis gas untuk las *MIG/MAG* adalah campuran Argon + Oksigen; campuran Argon + Karbon dioksida; campuran Argon + Karbon dioksida + Oksigen; dan Karbon dioksida.

Hasil maksimal dicapai apabila jenis kawat elektroda yang digunakan sama dengan jenis logam yang di las. Jenis logam yang dapat di las menggunakan *MIG/MAG* adalah baja tegangan tinggi dan menengah; baja paduan rendah; baja tahan karat; aluminium; tembaga; dan tembaga paduan.

5. Latihan Soal dan Penugasan

- a. Identifikasi peralatan utama Las *MIG/MAG*
- b. Untuk memahami nama dan fungsi peralatan utama, peralatan bantu dan peralatan keselamatan kerja maka lakukan identifikasi setiap peralatan yang digunakan dalam pengelasan *MIG/MAG*.

- 1) Bentuklah kelompok observasi masing-masing 4-5 siswa setiap kelompok untuk mengidentifikasi tentang
 - a) Spesifikasi standar peralatan utama
 - (1) Mesin las *MIG/MAG*
 - (2) Peralatan kerja mesin las
 - b) Jenis dan fungsi alat keselamatan kerja
 - (1) Jenis bahaya sinar, asap dan debu
 - (2) Ukuran kegelapan kaca pengaman
 - (3) Bentuk pelindung muka
 - (4) Bentuk pelindung badan, tangan, dan kaki
 - c. Sesudah mengobervasi dan mengidentifikasi lakukan diskusi
 - 1) Tunjuk salah seorang dari kelompok diangkat sebagai ketua. Ketua harus bisa mengarahkan diskusi pada pokok pembicaraan.
 - 2) Setiap individu berhak untuk mengemukakan pendapat hasil temuan.
 - 3) Setiap kelompok harus membuat laporan.
 - d. Mempresentasikan hasil diskusi pada kelompok lain dan setiap kelompok berhak menerima masukan-masukan dari kelompok lain dan hasil akhir harus dirangkum.

6. Evaluasi Materi Pokok

- a. Identifikasi peralatan las *MIG/MAG*!
- b. Jelaskan fungsi peralatan utama las *MIG/MAG*!
- c. Jelaskan fungsi peralatan bantu las *MIG/MAG*!
- d. Jelaskan fungsi gas dan jenis-jenis gas yang digunakan pada las *MIG/MAG*!

C. TEKNIK MENGELAS *MIG/MAG*

1. Indikator Keberhasilan

- a. Menjelaskan kualitas produk las *MIG/MAG*.
- b. Menjelaskan proses pengelasan *MIG/MAG*.

2. Deskripsi Materi

Materi Teknik Mengelas *MIG/MAG* berisi tentang teori dan aplikasi pengelasan *MIG/MAG*, serta penjelasan posisi, arah, dan gerakan dalam las *MIG/MAG* yang harus dikuasai siswa.

3. Uraian Materi

a. Pendahuluan

Faktor-faktor penting yang diperkirakan mampu memenangkan persaingan antara lain adalah: kualitas produk dan ketepatan penyelesaian. Beberapa faktor yang menentukan kualitas produk (hasil pengelasan) adalah

- 1) *Input*, yang antara lain meliputi; peralatan (peralatan utama, peralatan bantu dan peralatan keselamatan dan kesehatan kerja), kemampuan dan kesehatan SDM, yang mengerjakannya serta kondisi lingkungan;
- 2) Proses pengelasan, yang antara lain meliputi: persiapan bahan yang akan dilas, penggunaan kawat las, gas pelindung, pengaturan arus, *voltage*, kecepatan pengelasan, sudut pengelasan, *stick out*, arah dan gerakan/ayunan *welding gun* (handel las), serta supervisi dari *foreman* atau *supervisor*.

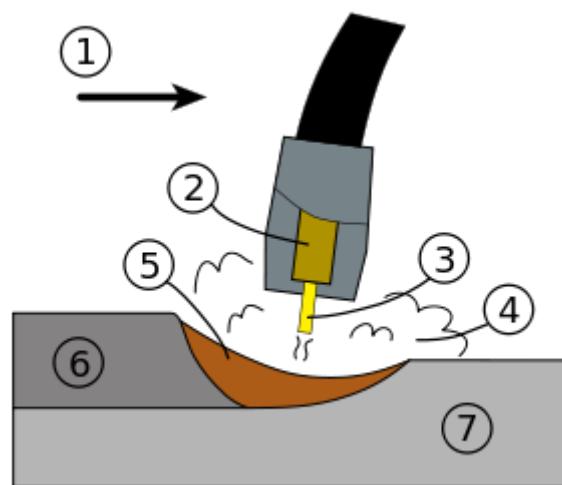
Dengan demikian kegagalan dalam suatu pengelasan tidak selamanya disebabkan oleh ketidak-mampuan operator atau *welder* yang mengerjakannya, akan tetapi perlu dilihat secara komprehensif seluruh faktor yang mempengaruhinya.

b. Proses Terjadinya Busur Listrik

Arus listrik yang mengalir dari dan/atau ke permukaan benda kerja mengakibatkan terjadinya busur listrik diantara ujung kawat elektroda dan permukaan benda kerja, sekali busur listrik ini

terbentuk, kawat elektroda akan mengalir secara otomatis dengan kecepatan tertentu dari gulungan kawat las ke dalam busur dan membentuk kawah las. Kawah las dan ujung kawat elektroda dilindungi oleh gas pelindung dari kemungkinan terjadinya kontaminasi atmosfer. Aliran arus, kawat las dan gas pelindung diaktifkan oleh operator melalui *trigger* yang terdapat pada handel las atau *welding gun*.

Gambar 2.17. berikut ini menunjukkan proses pengelasan *MIG/MAG*.



Gambar 2.17. Proses Pengelasan *MIG/MAG*

Keterangan: (1) *Direction of travel*, (2) *Contact tube*, (3) *Electrode*, (4) *Shielding gas*, (5) *Molten weld metal*, (6) *Solidified weld metal*, dan (7) *Workpiece*.

c. Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan yang mengacu pada Standar Jerman dan Eropa diberi kode awal huruf P dan diikuti dengan huruf A, B, C, dan seterusnya. Sampai saat ini kode posisi pengelasan yang diberlakukan menurut Standar Eropa adalah: PA, PB, PC, PD, PE, PF, dan PG. Adapun penjelasan untuk masing-masing kode posisi tersebut adalah sebagai berikut:

1) Posisi Pengelasan Sambungan Tumpul pada Pelat (gambar 2.18).

- a) PA = sambungan tumpul pada pelat, posisi down hand atau flat atau di bawah tangan;
- b) PC = sambungan tumpul pada pelat, posisi horizontal atau mendatar;
- c) PE = sambungan tumpul pada pelat, posisi over head atau di atas kepala;
- d) PF = sambungan tumpul pada pelat, posisi vertical atau tegak arah pengelasan naik;
- e) PG = sambungan tumpul pada pelat, posisi vertical atau tegak arah pengelasan turun.

Catatan: untuk sambungan tumpul pada pelat tidak ada posisi PB dan PD.

2) Posisi Pengelasan Sambungan Sudut pada Pelat (gambar 2.18).

- a) PA = sambungan sudut pada pelat, posisi down hand atau flat atau di bawah tangan;
- b) PB = sambungan sudut pada pelat, posisi horizontal-vertical atau tegak-mendatar;
- c) PD = sambungan sudut pada pelat, posisi over head atau di atas kepala;
- d) PF = sambungan sudut pada pelat, posisi vertical atau tegak arah pengelasan naik;
- e) PG = sambungan sudut pada pelat, posisi vertical atau tegak arah pengelasan turun.

Catatan: untuk sambungan sudut pada pelat tidak ada posisi PC dan PE.

3) Posisi Pengelasan Sambungan Tumpul pada Pipa (gambar 2.19)

- a) PA = sambungan tumpul pada pipa, posisi sumbu mendatar dapat diputar;
- b) PC = sambungan tumpul pada pipa, posisi sumbu tegak dapat diputar;

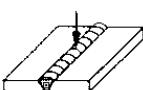
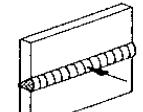
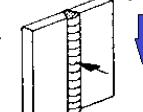
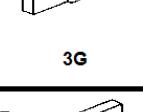
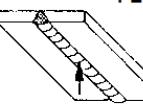
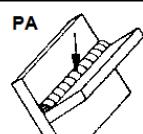
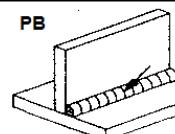
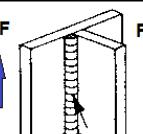
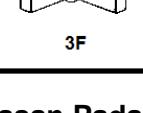
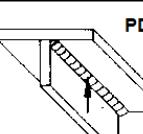
- c) PF = sambungan tumpul pada pipa, posisi sumbu mendatar tidak dapat putar, pengelasan arah naik;
- d) PG = sambungan tumpul pada pipa, posisi sumbu mendatar tidak dapat diputar, pengelasan arah turun;
- e) HL045 = sambungan tumpul pada pipa, posisi sumbu miring 45° tidak dapat diputar.

Catatan: untuk sambungan tumpul pada pipa tidak ada posisi PB, PD dan PE.

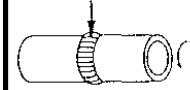
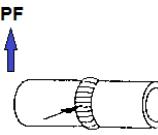
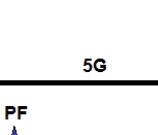
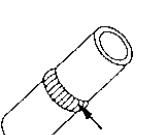
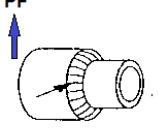
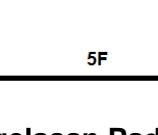
4) Posisi Pengelasan Sambungan Sudut pada Pipa (gambar 2.19)

- a) PA = sambungan sudut pada pipa , posisi sumbu pipa miring 45° dapat diputar;
- b) PB = sambungan sudut pada pipa, posisi sumbu pipa tegak dapat diputar, pelat di bawah;
- c) PD = sambungan sudut pada pipa, posisi sumbu pipa tegak pelat dibagian atas;
- d) PF = sambungan sudut pada pipa, posisi sumbu pipa mendatar tidak dapat diputar, pengelasan naik;
- e) PG = sambungan sudut pada pipa, posisi sumbu pipa mendatar tidak dapat diputar, pengelasan turun.

Catatan: untuk sambungan sudut antara pipa dan pelat tidak ada posisi PC,dan PE.

	Flat	Horizontal	Vertical	Overhead
Butt	PA  1G	PC  2G	PF  PG  3G	PE  4G
Fillet	PA  1F	PB  2F	PF  PG  3F	PD  4F

Gambar 2.18. Posisi Pengelasan Pada Pelat

Butt	PA  1G	PC  2G	PF  PG  5G	HL045  6G
Fillet	PA  1F	PB  2F	PF  PG  5F	HL045  6F

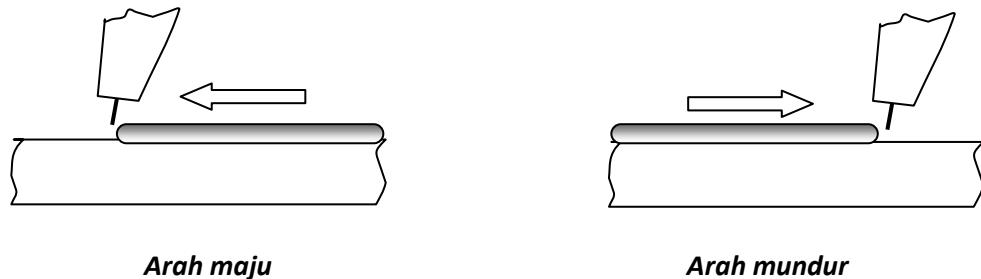
Gambar 2.19. Posisi Pengelasan Pada Pipa

d. Arah Pengelasan

Arah pengelasan yang dapat dilakukan pada las menggunakan *MIG/MAG* ada dua, yaitu arah maju dan arah mundur (lihat gambar 2.20).

Pengelasan arah maju adalah apabila *holder* atau *welding gun* atau stang las dipegang tangan kanan, arah pengelasan dimulai dari sisi kanan ke kiri.

Pengelasan arah mundur adalah apabila *holder* atau *welding gun* atau stang las dipegang tangan kanan, arah pengelasan dimulai dari sisi kiri ke kanan.



Gambar 2.20. Arah Pengelasan

Dari kedua arah pengelasan tersebut, untuk konstruksi yang sedang dan berat, **arah maju lebih dianjurkan**, dengan alasan dalam proses pengelasan akan terjadi *cleaning action* pada permukaan yang disambung lebih baik, di samping itu jalur yang akan dilas akan dapat dilihat dengan lebih jelas apabila dibanding dengan arah mundur.

Walaupun demikian arah pengelasan **mundur** lebih sering digunakan pada **pengelasan logam yang tipis**.

e. Gerakan/Ayunan Handel Las.

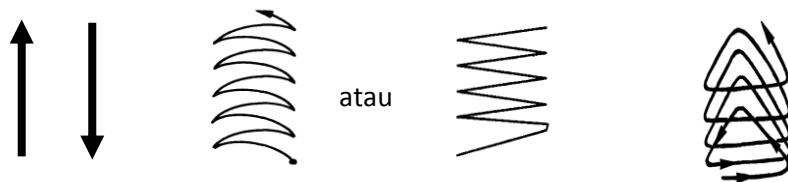
Gerakan/ayunan handel las (*welding gun*) lihat gambar 2.21, pada *MIG/MAG*, terutama dipengaruhi oleh

- 1) Bentuk sambungan;
- 2) Tebal bahan;
- 3) Lebar persiapan sambungan;
- 4) Jenis bahan;
- 5) Posisi pengelasan.

Gerakan/ayunan handel las diupayakan **lurus**, apabila tidak memungkinkan gerakan lurus (misal pengelasan arah naik)

diusahakan menggunakan ayunan ke samping seminimal mungkin. Misal lebar ayunan untuk setiap jalur **maksimal 15 mm**.

Berikut ini disajikan beberapa bentuk gerakan/ayunan pengelasan yang banyak digunakan pada pengelasan menggunakan *MIG/MAG*, terutama pengelasan pada posisi tegak.



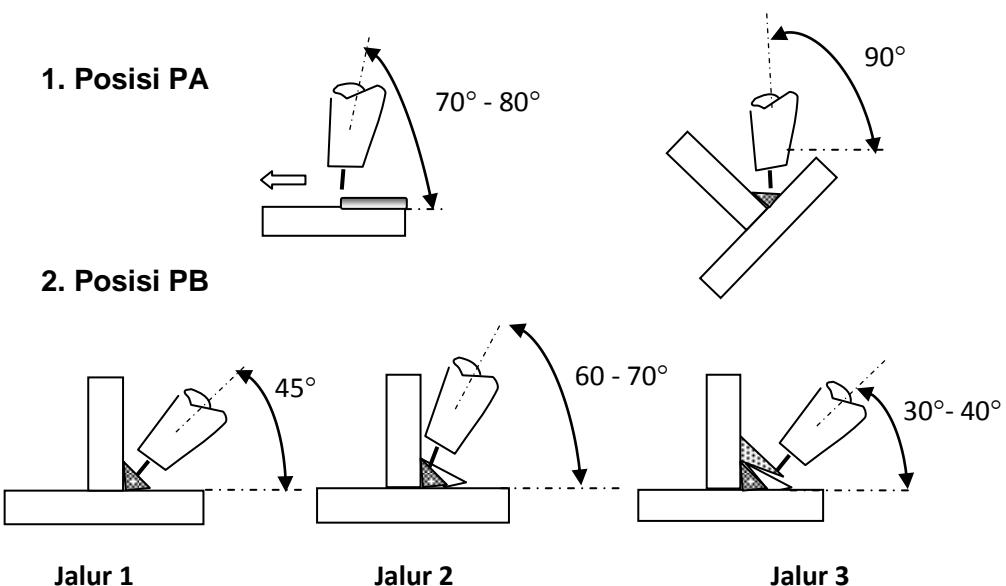
Tanpa diayun Setengah melingkar atau zig zag Menusuk (segi tiga)

Gambar 2.21. gerakan Handel Las

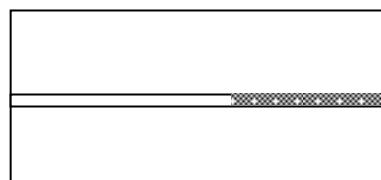
f. Sudut Pengelasan

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 handel las/*welding gun*.

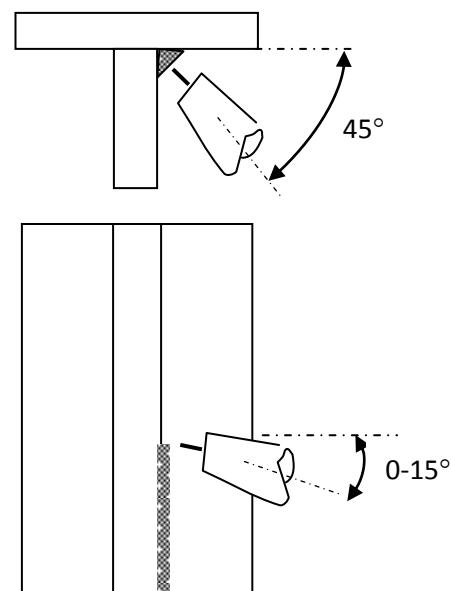
Sudut pengelasan yang disarankan pada beberapa posisi (PA, PB, PC, dan PF) dapat dilihat pada gambar 2.22 adalah seperti berikut:



3. Posisi PC



4. Posisi PF



Gambar 2.22. Sudut Pengelasan

g. Penggunaan Gas Pelindung dan Stick Out

Gas pelindung digunakan terutama untuk melindungi cairan logam dari kemungkinan terkontaminasi dengan unsur-unsur lain yang terdapat di udara. Oleh karena itu gas pelindung harus mempunyai karakteristik tertentu sehingga dapat memenuhi fungsinya. Sebagai contoh adalah penggunaan gas mulia sebagai pelindung, gas mulia adalah jenis gas yang sangat sulit atau tidak dapat bereaksi dengan unsur lain, atau gas hasil pembakaran sempurna. Dan mengingat gas-gas murni mempunyai karakteristik yang kadang-kadang tidak dapat memberikan perlindungan yang sempurna. Misal masa jenis yang terlalu ringan, maka perlu dicampur dengan unsur lain, agar perlindungan yang diberikan lebih maksimal.

Di samping memberikan perlindungan terhadap cairan logam, gas pelindung kadang-kadang diperlukan untuk memperbaiki busur dan sifat logam las. Untuk memberikan perlindungan yang maksimal, jumlah penggunaan gas pelindung harus diperhatikan.

Penggunaan ini sangat tergantung dari jenis logam yang dilas, tebal bahan, posisi pengelasan dan bentuk sambungan.

Jumlah penggunaan gas pelindung dapat dilihat dari tabel yang disediakan oleh badan atau lembaga yang berhubungan dengan itu, secara umum penggunaan gas pelindung berkisar antara 12 l/menit sampai dengan 18 l/menit.

Stick out adalah jarak antara ujung kawat las dan ujung *contact tube*. Seperti halnya penggunaan gas pelindung, pegaturan tinggi stick out ini juga dipengaruhi oleh jenis logam yang dilas, tebal bahan, posisi pengelasan dan bentuk sambungan.

Tinggi *stick out* juga dapat dilihat dari tabel atau daftar yang disediakan oleh *provider*, secara umum rentang penggunaan *stick out* berkisar antara 8,0 mm sampai dengan 20 mm.

4. Rangkuman

Kualitas pengelasan *MIG/MAG* ditentukan oleh *input*, yang meliputi peralatan (peralatan utama, peralatan bantu dan peralatan keselamatan dan kesehatan kerja), kemampuan dan kesehatan SDM, yang mengerjakannya serta kondisi lingkungan; dan proses pengelasan yang meliputi persiapan bahan yang akan dilas; penggunaan kawat las; gas pelindung; pengaturan arus; *voltage*; kecepatan pengelasan; sudut pengelasan; *stick out*; arah dan gerakan/ayunan *welding gun* (handel las); serta supervisi dari *foreman* atau *supervisor*.

5. Latihan Soal dan Penugasan

- a. Identifikasi hal-hal yang mempengaruhi kualitas las *MIG/MAG*
- b. Untuk memahami input dan proses pengelasan, maka lakukan identifikasi setiap hal yang mempengaruhi pengelasan *MIG/MAG* dengan cara
 - 1) Bentuklah kelompok observasi masing-masing 4-5 siswa setiap kelompok untuk mengidentifikasi tentang

- a) Input pengelasan (peralatan kerja dan K3 las *MIG/MAG*) dan proses pengelasan *MIG/MAG*.
- c. Sesudah mengobervasi dan mengidentifikasi lakukan diskusi dengan
 - 1) Tunjuk salah seorang dari kelompok diangkat sebagai ketua. Ketua harus bisa mengarahkan diskusi pada pokok pembicaraan.
 - 2) Setiap individu berhak untuk mengemukakan pendapat hasil temuan.
 - 3) Setiap kelompok harus membuat laporan.
- d. Mempresentasikan hasil diskusi pada kelompok lain dan setiap kelompok berhak menerima masukan-masukan dari kelompok lain dan hasil akhir harus dirangkum.

6. Evaluasi Materi Pokok

- a. Jelaskan kualitas produk las *MIG/MAG*!
- b. Jelaskan proses pengelasan *MIG/MAG*!

D. BAHAN LOGAM FERRO

1. Indikator Keberhasilan

- a. Menjelaskan penggolongan logam secara umum.
- b. Menjelaskan pengaruh unsur dalam logam paduan.
- c. Menjelaskan klasifikasi dan standarisasi baja.

2. Deskripsi Materi

Materi Bahan Logam Ferro berisi tentang teori dan aplikasi logam ferro, serta penjelasan klasifikasi dan standarisasi baja yang harus dikuasai siswa.

3. Uraian Materi

a. Bahan Logam Secara Umum

Logam adalah unsur kimia yang mempunyai sifat-sifat kuat, liat, keras, penghantar listrik dan panas, mengkilap dan umumnya mempunyai titik cair tinggi. Contoh dari logam antara lain, besi, timah putih, tembaga, emas, nikel.

Sebenarnya selain logam ada yang kita sebut dengan istilah **bukan logam (non metal)** dan unsur *metalloid* (yang menyerupai logam). Contoh dari unsur yang bukan logam antara lain oksigen, nitrogen, hidrogen,.. neon. Metalloid seperti karbon, fosfor, silikon, sulfur adalah unsur-unsur yang sifatnya menyerupai sifat-sifat logam. Dari 102 unsur kimia yang telah diketahui, ada 70 unsur yang merupakan logam.

Semua unsur-unsur kimia tersebut terdapat pada permukaan bumi. Logam dapat dibagi dalam beberapa golongan, sebagai berikut:

- 1) *Logam berat*: ferro, nikel, khrom, tembaga, timah putih, timah hitam, seng;
- 2) *Logam ringan*: aluminium, magnesium, titanium, kalsium, kalium, natrium, barium;
- 3) *Logam mulia*: emas, perak, platina (platinium);
- 4) *Logam refraktori* (logam tahan api): wolfram, molibdin, titanium,

zirconium;

- 5) *Logam radio aktif*: uranium, radium.

Logam-logam tersebut kita peroleh dengan jalan mengolah bahan baku yang kita sebut *bijih*. Bijih adalah bahan galian dimana kandungan logamnya dapat secara teknis maupun ekonomis ditambang dan diolah. Selain bijih kita mengenal juga *mineral*. Mineral adalah bahan berharga yang terjadinya secara alamiah dan merupakan senyawa atau ikatan kimia antara- beberapa unsur yang tetap dan bersifat stabil.

b. Penggunaan Bahan Logam

Dalam penggunaan serta pemakaianya, logam pada umumnya tidak merupakan logam murni tetapi merupakan senyawa logam atau merupakan paduan yaitu senyawa antara logam dengan logam dan senyawa antara logam dengan *metalloid* yang mempunyai sifat-sifat logam.

Senyawa antara logam dengan bukan logam tidak mempunyai sifat-sifat logam, antara lain Fe_2O_3 . Contoh paduan logam dengan logam antara lain Cu dengan Zn yang disebut kuningan, Cu dengan Sn disebut perunggu. Contoh paduan logam dengan metalloid antara lain, Fe dengan C yang disebut “fero karbon”, Fe dengan Si yang disebut “fero silikon”.

Logam-logam dan paduannya merupakan bahan teknik yang penting, umpamanya dipakai untuk konstruksi mesin, kendaraan, jembatan, bangunan, pesawat terbang, peralatan rumah tangga. Hubungannya dengan teknik mesin. sifat-sifat logam yang penting adalah sifat mekanis, fisis dan kemis yang menentukan juga pada pemilihan penggunaannya.

Bahan logam (logam teknik) yang sering dipakai adalah

- 1) Baja;

- 2) Aluminium dan paduannya;
- 3) Tembaga dan paduannya;
- 4) Nikel dan paduannya;
- 5) Timah putih dan paduannya.

Selain logam-logam tersebut diatas timah hitam, seng, magnesium, mangan, khrom, vanadium dan molibden adalah logam-logam yang sering pula dipakai untuk keperluan khusus atau sebagai unsur paduan.

Berikut ini tabel 2.3 adalah daftar unsur-unsur logam, bukan logam dan *metalloid* yang umum dipakai dalam keteknikan.

Tabel 2.3. Unsur-unsur Logam

No	Nama Unsur	Simbol	Berat Jenis	Berat Atom	Titik Cair (°C)
1.	Oksigen	O*	1,14	16	218,4
2.	Silikon	Si**	2	28,06	1420
3.	Aluminium	Al	2,7	26,97	660
4.	Besi	Fe	7,8	55,85	1535
5.	Kalsium	Ca	1,15	40,08	810
6.	Natrium (Sodium)	Na	0,97	23	97,5
7.	Kalium (Potassium)	K	0,86	39,1	62,3
8.	Magnesium	Mg	1,74	24,32	651
9.	Platinum	Pt	21,45	195,23	1755
10.	Hidrogen	H*	0,07	2	- 259,1
11.	Posfor	P**	1,82	30,98	44,1
12.	Karbon	C**	2,26	12,01	3500
13.	Mangan	Mn	7,2	54,92	1260
14.	Belerang	S**	2	32,07	120
15.	Khrom	Cr	7,1	52,01	1615
16.	Nikel	Ni	8,90	58,69	1452
17.	Tembaga	Cu	8,92	63,54	1083
18.	Uranium	U	18,485	238,07	1133

19.	Seng	Zn	7,14	65,38	419,4
20.	Timah hitam	Pb	11,34	207,21	327,5
21.	Timah putih	Sn	7,3	118,70	231,85
22.	Perak	Ag	10,5	107,88	960,5
23.	Merkuri	Hg	13,55	200,61	- 38,87
24.	Emas	Au	19,3	197,2	1063
25.	Zirkonium	Zr	6,4	91,22	1700
26.	Vanadium	V	5,96	50,92	1710
27.	Wolfram(Tungsten)	W	19,3	183,92	3370
28.	Kobalt	Co	8,9	58,94	1480
29.	Molibdin	Mo	10,2	95,95	2620
30.	Titanium	Ti	4,5	47,90	1800

Keterangan:
* bukan logam

** metalloid

Dari sekian banyak bahan logam, maka **baja** adalah salah satu jenis logam yang terbanyak dipakai dalam keteknikan, khususnya dalam kaitannya dengan pengelasan. Baja yang paling banyak dan umum dibuat adalah baja karbon.

Untuk memperoleh baja-baja yang khusus yang mempunyai sifat-sifat tertentu yang diinginkan, maka unsur-unsur lain harus dipadukan ke dalam baja. Hal ini akan memberikan sifat-sifat yang lebih baik pada baja. Dan sudah barang tentu baja paduan tersebut menjadi lebih mahal karena memerlukan proses-proses lanjutan yang khusus.

Baja karbon biasanya mempunyai kekurangan-kekurangan di antaranya kekerasan baja ini tidak dapat merata atau kemampuan pengerasannya kurang baik. Di samping baja i mempunyai sifat mekanis yang rendah pada suhu tinggi dan kurang tahan korosi pada lingkungan atmosfir, lingkungan-lingkungan lain atau pada suhu tinggi. Untuk mengurangi masalah tersebut, maka dibuat

bermacam-macam baja paduan yang pada dasarnya adalah memadu baja dengan unsur-unsur paduan lain.

Pengaruh dari beberapa unsur paduan terhadap sifat baja paduan sebagai berikut:

- 1) C Karbon dengan unsur-unsur lain umumnya membentuk karbid kecuali dengan Ni dan Mn, oleh karena itu dengan unsur pembentuk karbid menentukan banyak karbid dalam baja. Karbid-karbid ini keras tapi getas, tahan goresan dan tahan suhu.
- 2) Cr Khrom menambah kekuatan tarik dan keplastisan, menambah mampu keras, meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan tahan suhu tinggi.
- 3) W Membentuk karbid yang keras dan tahan suhu tinggi, banyak digunakan dalam baja perkakas dan baja potong cepat (HSS).
- 4) Mo Menambah kekerasan dan kekuatan terutama pada suhu tinggi, menambah mampu keras.
- 5) Mn W Menambah kekuatan, kekerasan dan keuletan.
- 6) Si Menambah kekuatan dan elastisitas, menambah ketahanan terhadap asam pada suhu tinggi dan memperbaiki tahanan listrik.
- 7) Ni Meningkatkan sifat mekanis, keliatan dan mampu keras, mengurangi sifat maknit, tahan asam dan menurunkan koefisien muai.

Dalam pemilihan baja yang ekonomis, baja karbon dapat diambil sebagai bahan pilihan pertama, selama memenuhi persyaratan penggunaan. Baja karbon rendah diperdagangkan dalam bentuk plat, strip, batang atau profil. Baja plat untuk badan kendaraan biasanya diambil yang mengandung 0,05%C. Baja untuk konstruksi jembatan, bangunan dan lain-lain, mengandung 0,15 -

0,25% C. Baut dan paku keling untuk konstruksi tersebut dan SAE 1020 dan 1035.

Baja karbon medium dipakai untuk bahan alat-alat dan bagian-bagian mesin : baut, poros engkol, batang torak, poros, terbuat dan C 1040 sedangkan roda-roda gigi dan baja yang mengandung karbon 0,55 - 0,83%. Baja karbon tinggi C 1095 banyak dipakai untuk pegas dan perkakas, pahat, bubut, palu, gergaji. Sedang kikir, gergaji, pisau cukur, peluru-peluru dan bantalan peluru terbuat dan baja dengan kadar karbon lebih tinggi lagi (1-1,5%C). Baja tahan karat banyak digunakan sehubungan dengan sifatnya tahan terhadap korosi dan reaksi kimia atau reaksi dengan lingkungan dan tahan terhadap panas.

Ketahanan ini tergantung dan unsur Cr dan unsur-unsur lainnya seperti Ni, V, Mo, Ti dan sebagainya. Baja tahan karat banyak dipakai untuk tangki zat kimia yang korosif, pendingin dan pemanas, turbin, ketel, tungku pemanas, bagian-bagian dalam motor bakar dan alat-alat yang dipakai pada suhu-suhu yang lebih tinggi.

Baja yang mengandung mangan terutama baja mangan banyak dipakai karena sifatnya yang keras dan ulet, karena itu dipakai antara lain untuk mata pemecah pada mesin pemecah batu dan gilingan. Baja ini sangat keras sehingga sulit untuk dikerjakan dengan pemesinan, kanenanya harus dibentuk dengan pengecoran.

c. Klasifikasi dan Standarisasi Baja

Ada bermacam-macam klasifikasi dari baja paduan, diantaranya adalah *DIN (Deutsche Industrie Norm)* Jerman, *BS (British Standard)* Inggris, *ASTM (American Society for Testing and Materials)* Amerika, *SAE (Society of Automotive Engineers)*

Amerika, *AISI* (*American Iron and Steel Institute*) Amerika, *JIS* (*Japan Industrial Standard*).

Angka-angka pada klasifikasi baja menurut *SAE* dan *AISI* sebagian menunjukkan macam dan komposisinya. Angka **pertama** menunjukkan tipe baja, umpamanya angka 1 menunjukkan baja karbon, 2 menunjukkan baja nikel, 3 menunjukkan baja nikel khrom, dan sebagainya.

Untuk paduan sederhana angka **kedua** menunjukkan sub-tipe atau persentase kandungan unsur paduan utama, umpamanya 0 (nol) menunjukkan unsur karbon yang utama. tak ada unsur paduan lain yang penting (baja karbon biasa), 1 menunjukkan unsur belerang yang utama, 2 menunjukkan unsur pospor yang utama, 3 menunjukkan unsur mangan yang utama, 4 menunjukkan unsur silikon yang utama, dan sebagainya.

Dua angka terakhir menunjukkan persentase karbon rata-rata dalam 1/100%. Di depan keempat angka tersebut ada huruf yang menyatakan proses pembuatan baja tersebut, yaitu A adalah baja yang dibuat pada tanur perapian terbuka basa, B adalah baja yang dibuat pada dapur konvertor (*Bessemer*) asam, C adalah baja yang dibuat pada dapur konvertor (*Thomas*) basa, D adalah baja yang dibuat pada tanur perapian terbuka asam dan E adalah baja yang dibuat pada tanur listrik. Selain itu dipakai huruf TS yaitu baja yang masih dalam penentuan pilihan.

Sebagai contoh C 1008 adalah tipe baja karbon dengan sub tipe baja karbon biasa yang dibuat pada tanur konvertor basa yang mengandung rata-rata 0,08% C.

Ada kalanya huruf B atau BV disisipkan, yaitu untuk menunjukkan golongan baja boron (51 B 60) atau baja boron vanadium

(TS43BV12, TS43BV14). Berikut ini tabel 2.4 tentang klasifikasi baja dan baja paduan.

Tabel 2.4. Klasifikasi Baja

M A C A M	NOMOR
Baja karbon:	1XXX
Baja karbon biasa	IOXX
Baja “Free machining”	11XX
Baja mangan : 1,75%Mn.	13XX
1-1,65Mn	15XX
Baja nikel :	2XXX
3,5%Ni	23XX
5,0%Ni	25XX
Baja nikel khrom :	3XXX
1,25%Ni,0,60%Cr	31X
1,75% Ni, 1,00%Cr	32XX
3,50% Ni, 1,50 % Cr	33XX
Baja molibden:	4XXX
C,Mo	40XX
Cr,Mo	41XX
Cr, Ni, Mo	43XX
1,75% Ni, Mo	46XX
3,50% Ni, Mo	48XX
Baja Khrom :	5XXX
Cr rendah (0,5% Cr)	50XX
Cr medium (1,0% Cr)	51XX
Baja khrom vanadium :	6XXX
1%Cr	61XX
BajaNi—Cr—Mo :	
0,30% Ni, 0,40% Cr, 0,12% Mo	81XX
0,55% Ni, 0,50% Cr, 0,25% Mo	87XX
3,25% Ni, 1,20% Cr, 0,12%Mo	93XX
Baja silisium — mangan :	9XXX

2%Si	92XX
Baja boron :	-
0,0005 % B minimum	14BXX

d. Metode Identifikasi Bahan

Biasanya, seorang pekerja di bidang las dan fabrikasi logam dapat dengan cepat mengidentifikasi jenis logam secara umum melalui pengamatan secara visual atau dengan melakukan tes, walaupun kadangkala elemen utama logam cukup sulit untuk dikenal.

Teknik-teknik yang cukup akurat untuk mengidentifikasi jenis logam adalah dengan “**metoda berat jenis**”, melalui **tes fisik/ mekanik** dan pengamatan visual melalui tes “**bunga api**” (*spark test*).

1) Metoda Berat Jenis

Berat jenis (*density*) dan “gaya berat spesifik” (*specific gravity*) dari suatu bahan berkaitan langsung dengan berat bahan itu sendiri.

Gaya berat spesifik adalah berat suatu bahan bila dibandingkan dengan berat air dalam volume yang sama. Misalnya, berat jenis spesifik Aluminium adalah 2,70, maka artinya berat 1 cm³ Aluminium tersebut adalah 2,7 kali berat air dalam volume yang sama (1 cm³ air). Suatu metoda yang cukup mudah menentukan *gaya berat spesifik* adalah dengan mengukur berat suatu bahan dan dibandingkan dengan kehilangan berat bila dimasukkan ke dalam air.

Contoh :

Sepotong bahan nikel beratnya 178 gram (a); kemudian dimasukkan ke dalam air, beratnya menjadi 158 gram (b). Kehilangan berat sebesar 20 gram adalah setara dengan berat air pada volume yang sama. Dengan demikian, *gaya berat*

spesifik dari nikel adalah perbandingan antara 178 dengan 20, yaitu 8,90 (lihat gambar 2.23).

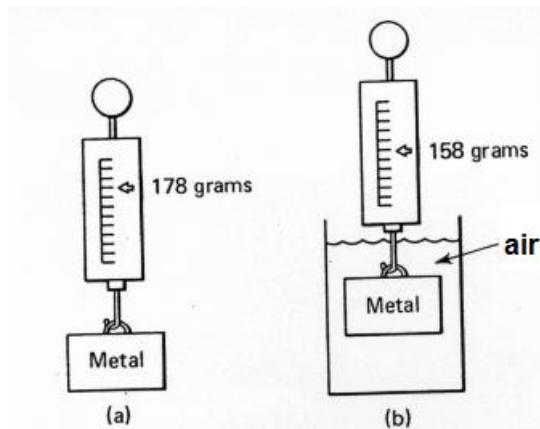
178 (ditimbang di udara bebas)

158 (ditimbang di dalam air)

20 (**selisih**)

178 : 20 = 8,90 (**lihat tabel berat jenis**)

$$\text{Jadi Gaya Berat Spesifik} = \frac{\text{Berat Logam}}{\text{Kehilangan Berat Logam Bila Ditimbang dalam Air}}$$



Gambar 2.23. Tes Gaya Berat Spesifik

2) Tes Fisik/Mekanik

Pengujian/tes fisik atau mekanik adalah tes yang paling sederhana dalam mengidentifikasi jenis logam. Tes ini hanya dapat memperkirakan kekerasan suatu logam (membedakan logam yang keras dan yang lunak), sehingga dengan demikian dapat juga diperkirakan jenis logam tersebut secara umum. Oleh karena itu, tes ini biasanya dilakukan oleh orang yang telah **memahami** jenis-jenis logam dan karakteristiknya (terutama baja).

Cara yang biasa dilakukan dalam tes fisik adalah dengan menggores, mengikir, memahat atau memukul dengan benda lain/ palu, sehingga dapat dilihat dan dirasakan tingkat kekerasannya. Artinya, benda yang tinggi tingkat kekerasannya akan sulit tergores, dikikir, dipahat, dirusak oleh palu.

3) Tes Bunga Api

Tes bunga api (*spark test*) barangkali merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam mengidentifikasi jenis logam (gambar 2.24a, b, dan c).

Tes bunga api dilakukan melalui **persepsi** (mengartikan/ perkiraan) pada warna, bentuk, panjang rata-rata, dan gejala bunga api selama tes dilakukan. Tes ini harus dilakukan dengan menggunakan mesin grinda kecepatan tinggi (*high speed power grinder*) dan bahan tes harus selalu digrinda pada posisi horizontal dengan latar belakang gelap.

Secara umum tipe bunga api dari logam adalah bercabang (dua/tiga), seperti berujung panah terputus, tajam/runcing, memancar/aliran, berujung *embel-embel*, dan garis pendek dengan warna sinar merah, oranye, putih, dan kuning.



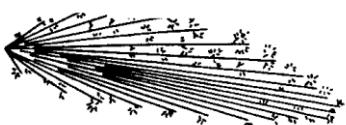
ujung panah



tajam



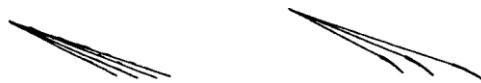
bercabang



memancar



ujung terpecah

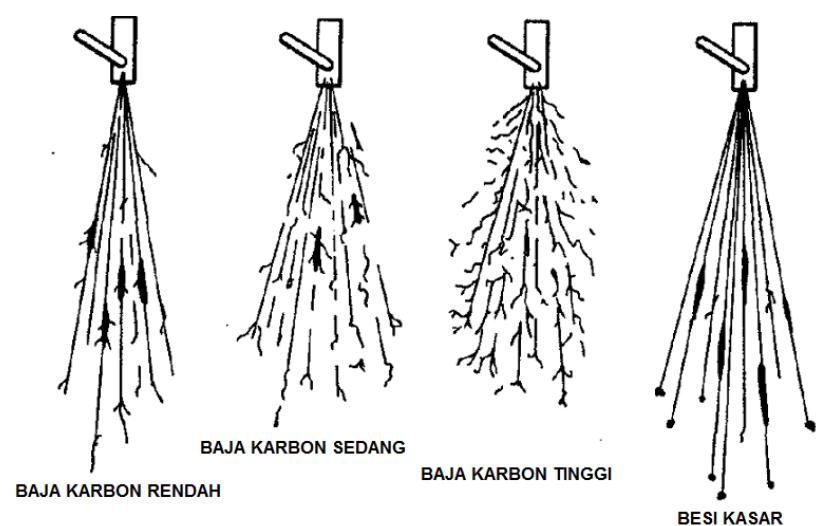


bentuk garis *ujung berembel-embel*

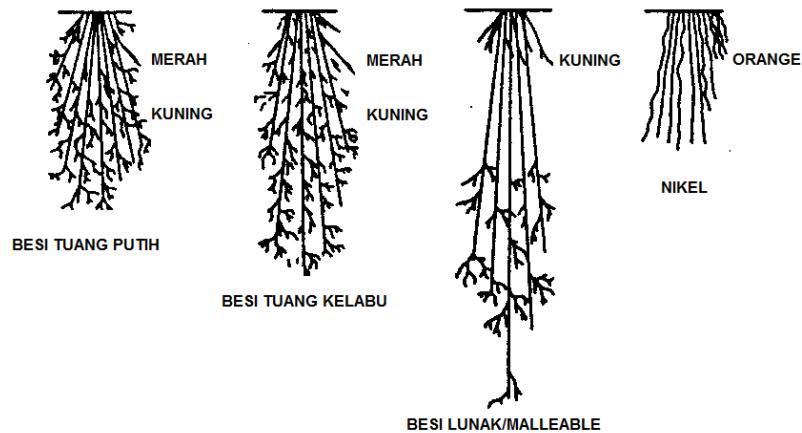
Gambar 2.24a. Tipe Bunga Api

Baja karbon mempunyai karakteristik bunga api bercabang berwarna kuning dengan bintang berwarna putih di ujungnya. Kandungan karbon dalam baja karbon dapat diperkirakan dari berapa banyak jumlah bintang berwarna putih pada saat pengujian. Sedang besi murni hanya akan kelihatan bunga api bercabang berwarna kuning.

Jika besi dengan unsur paduan tungsten, maka bunga apinya akan berwarna merah terang; dan jika unsur paduannya nikel, maka warna bunga apinya akan tergantung pada jumlah kandungan paduannya, yaitu mulai putih sampai oranye.



Gambar 2.24b. Tipe Bunga Api



Gambar 2.24c. Tipe Bunga Api

Adapun untuk bunga api besi tuang adalah berupa pancaran warna merah dengan sedikit lengkungan-lengkungan berwarna kekuning-kuningan, serta nikel adalah berwarna oranye berbentuk tajam yang pendek berombak.

Besi Tuang Putih

- Pangkal bunga api berwarna merah dengan panjang $\pm 1/3$ bagian dan $2/3$ bagian arah ujung berwarna kuning.
- Panjang bunga api (dengan menggunakan *power grinder*) ± 50 Cm.
 - Volume sangat sedikit.

Besi Tuang Kelabu

- Pangkal bunga api berwarna merah dengan panjang $\pm 1/4$ bagian dan $1/2$ bagian arah ujung berwarna kuning.
- Panjang bunga api (dengan menggunakan *power grinder*) ± 65 Cm.
 - Volume sedikit.

Besi Lunak/*malleable*

- Bunga api berwarna kuning.
- Panjang bunga api (dengan menggunakan *power grinder*) ± 75 Cm.
- Volume sedang.

Nikel

- Bunga api berwarna orange.
- Panjang bunga api (dengan menggunakan *power grinder*) ± 25 Cm.
- Volume sedang

4. Rangkuman

Logam dapat dibagi dalam beberapa golongan sebagai berikut:

logam berat: ferro, nikel, khrom, tembaga, timah putih, timah hitam, seng; logam ringan: aluminium, magnesium, titanium, kalsium, kalium, natrium, barium; logam mulia: emas, perak, platina (platinum); logam refraktori (logam tahan api): wolfarm, molibdin, titanium, zirconium; dan logam radio aktif: uranium, radium.

Penambahan unsur dalam logam bertujuan untuk meningkatkan sifat fisik dan sifat mekanis sesuai dengan kebutuhan, seperti C, Cr, Mo, W membentuk karbida yang mempengaruhi kekerasan; Cr membuat logam tahan karat; dan lain-lain.

Klasifikasi baja menurut SAE dan AISI sebagian menunjukkan macam dan komposisinya. Angka **pertama** menunjukkan tipe baja, umpamanya angka 1 menunjukkan baja karbon, 2 menunjukkan baja nikel, 3 menunjukkan baja nikel khrom, dan sebagainya. Angka **kedua** menunjukkan sub-tipe atau persentase kandungan unsur paduan utama, umpamanya 0 (nol) menunjukkan unsur karbon yang utama. tak ada unsur paduan lain yang penting (baja karbon biasa), 1 menunjukkan unsur belerang yang utama, 2 menunjukkan unsur pospor yang utama, 3 menunjukkan unsur mangan yang utama, 4 menunjukkan unsur silikon yang utama, dan sebagainya. **Dua angka terakhir** menunjukkan persentase karbon rata-rata dalam 1/100%. Di depan keempat angka tersebut ada huruf yang menyatakan proses

pembuatan baja tersebut, yaitu A adalah baja yang dibuat pada tanur perapian terbuka basa, B adalah baja yang dibuat pada dapur konvertor (*Bessemer*) asam, C adalah baja yang dibuat pada dapur konvertor (*Thomas*) basa, D adalah baja yang dibuat pada tanur perapian terbuka asam dan E adalah baja yang dibuat pada tanur listrik. Selain itu dipakai huruf TS yaitu baja yang masih dalam penentuan pilihan.

Sebagai contoh C 1008 adalah tipe baja karbon dengan sub tipe baja karbon biasa yang dibuat pada tanur konvertor basa yang mengandung rata-rata 0,08% C.

Teknik-teknik yang cukup akurat untuk mengidentifikasi jenis logam adalah dengan “**metoda berat jenis**”, melalui **tes fisik/ mekanik** dan pengamatan visual melalui tes “**bunga api**” (*spark test*).

5. Latihan Soal dan Penugasan

- a. Identifikasi material/bahan yang sering dilas *MIG/MAG*
- b. Untuk memahami bahan logam ferro, maka lakukan pencarian informasinya melalui berbagai cara sesuai kelompoknya dengan cara
 - 1) Bentuklah kelompok observasi masing-masing 4-5 siswa setiap kelompok untuk mencari informasi tentang
 - a) Logam-logam yang bisa dilas *MIG/MAG*
 - b) Logam Ferro dan paduannya sesuai dengan klasifikasinya
- c. Sesudah mengobervasi dan mencari informasi dengan berbagai cara, lakukan diskusi dengan
 - 1) Tunjuk salah seorang dari kelompok diangkat sebagai ketua. Ketua harus bisa mengarahkan diskusi pada pokok pembicaraan.
 - 2) Setiap individu berhak untuk mengemukakan pendapat hasil temuan.
 - 3) Setiap kelompok harus membuat laporan.

- d. Mempresentasikan hasil diskusi pada kelompok lain dan setiap kelompok berhak menerima masukan-masukan dari kelompok lain dan hasil akhir harus dirangkum.

6. Evaluasi Materi Pokok

- a. Jelaskan penggolongan logam secara umum!
- b. Jelaskan pengaruh unsur dalam logam paduan!
- c. Jelaskan klasifikasi dan standarisasi baja!

E. ISTILAH PENGELASAN

1. Indikator Keberhasilan

- a. Menjelaskan istilah persiapan las *MIG/MAG*.
- b. Menjelaskan istilah proses las *MIG/MAG*.
- c. Menjelaskan istilah hasil las *MIG/MAG*.
- d. Menjelaskan istilah *duty cycle* mesin las *MIG/MAG*.

2. Deskripsi Materi

Materi Istilah Pengelasan *MIG/MAG* berisi tentang teori dan aplikasi pengelasan *MIG/MAG*, serta penjelasan istilah pengelasan dan *duty cycle* *MIG/MAG* yang harus dikuasai siswa.

3. Uraian Materi

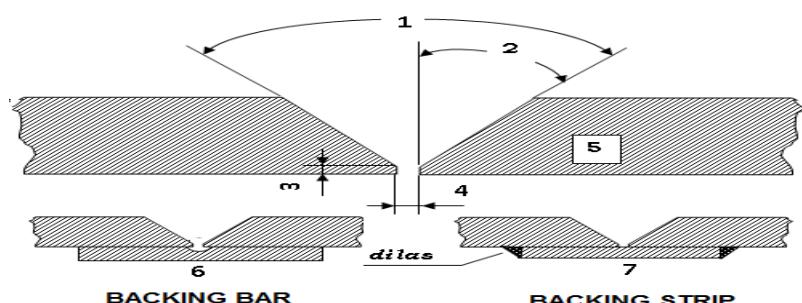
a. Pengertian

Pada proses pengelasan, khususnya las busur manual banyak digunakan kata-kata, kalimat pendek atau *istilah* yang berasal dari bahasa asing, namun pada proses perencanaan/ persiapan, pelaksanaan dan pemeriksaan atau pengujian hasil las istilah tersebut dipakai secara luas untuk kesamaan pemahaman atau acuan dalam suatu standar pengelasan.

Secara umum, dalam Paket ini akan disajikan istilah-istilah yang umum dipergunakan dalam standar-standar pengelasan yang dipakai sebagai acuan di Indonesia, seperti Standar Depnaker, MIGAS, BKI dan API/ IWS.

b. Macam-macam Istilah Las

1) Istilah-Istilah pada Persiapan Pengelasan (gambar 2.25)

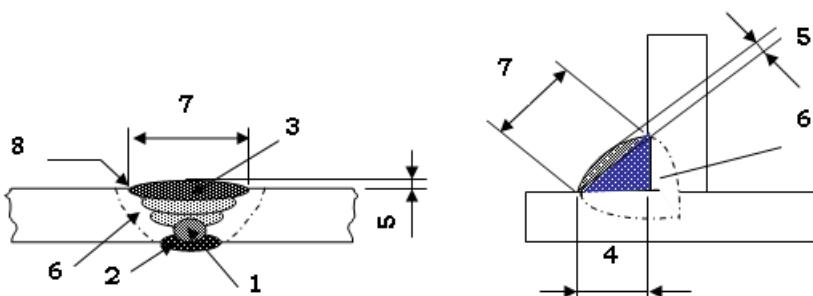


Gambar 2.25. Istilah Persiapan Pengelasan

Keterangan

1. Included angle = sudut kampuh
2. Angle of bevel = setengah sudut kampuh
3. Root face = bidang permukaan akar las
4. Root gap = jarak antara dua benda yang akan di las
5. Base metal/parent metal = logam yang disambung
6. Backing bar = logam (umumnya tidak sejenis) atau bahan lain (seperti keramik, tembaga) yang diletakkan di bagian belakang benda yang akan di las dan tidak menjadi satu dengan benda yang disambung.
7. Backing strip = logam yang diletakkan di bagian belakang benda yang disambung dan menjadi satu dengan logam yang dilas.

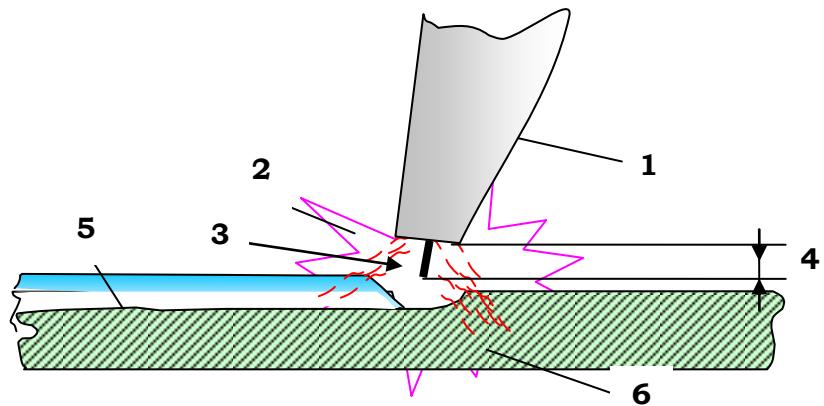
2) Istilah-Istilah pada Proses Pengelasan (gambar 2.26a, b, dan c)



Gambar 2.26a. Istilah Proses pengelasan

Keterangan

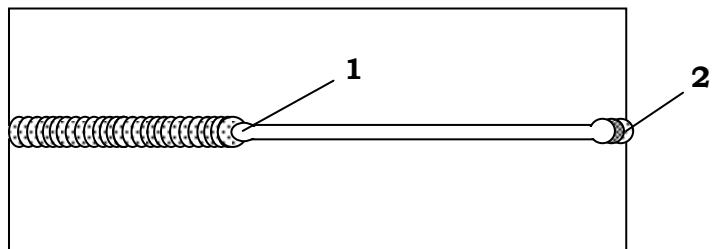
1. Root run = jalur pertama/ akar
2. Sealing run = jalur pengisi di bagian belakang
3. Sealing weld/ capping = jalur las akhir
4. Leg length = kaki las
5. Reinforcement = penguatan
6. Heat affected zone = daerah pengaruh panas
7. Weld width = lebar jalur las
8. Toe = kaki jalur las



Gambar 2.26b. Istilah Proses pengelasan

Keterangan

1. Nozzle
2. Arc flame = nyala busur
3. Protective gases = gas pelindung
4. Stick out = panjang kawat elektroda yang keluar
5. Weld metal = logam las (hasil las)
6. Base metal = logam dasar

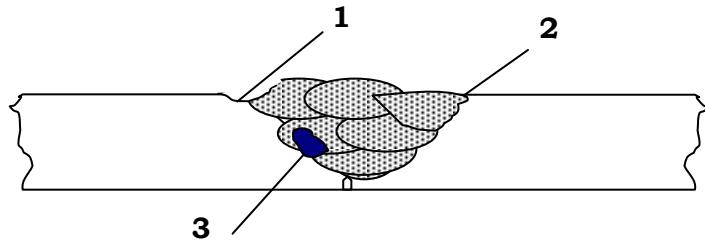


Gambar 2.26c. Istilah Proses pengelasan

KETERANGAN

1. Key hole = lubang kunci, yakni lubang pada akar las yang terjadi pada saat pengelasan jalur pertama / penetrasi sambungan tumpul.
2. Tack weld = las catat

3) Istilah Hasil Pengelasan untuk kerusakan (cacat) las yang umum terjadi (gambar 2.27).



Gambar 2.27. Istilah Hasil Pengelasan

Keterangan :

1. **Under cut** = takik las (termakan)
2. **Overlap** = logam las yang menumpang pada benda kerja (tidak berpadu)
3. **Lack of fusion** = sebagian kecil lasan yang tidak berpadu

c. **Duty Cycle**

Semua tipe mesin las diklasifikasikan/ diukur berdasarkan besarnya arus yang dihasilkannya (*current output*) pada suatu besaran tegangan (*voltage*). Ukuran ini ditetapkan oleh fabrik pembuatnya sesuai dengan standar yang berlaku pada negara pembuat tersebut atau standar internasional, di mana standar tersebut menetapkan kemampuan maksimum mesin las untuk beroperasi secara aman dalam batas waktu tertentu.

Salah satu ukuran dari mesin las adalah persentase dari “**duty cycle**”. *Duty cycle* adalah persentase penggunaan mesin las dalam periode 10 menit, di mana suatu mesin las dapat beroperasi dalam besaran arus tertentu secara efisien dan aman tanpa mengalami beban lebih (*overload*).

Sebagai contoh, jika suatu mesin las berkemampuan 300 Amper dengan *duty cycle* 60%, maka artinya mesin las tersebut dapat dioperasikan secara aman pada arus 300 Amper pengelasan selama 60% per 10 menit penggunaan (6/10).

Jika penggunaan mesin las tersebut dibawah 60% (*duty cycle* diturunkan), maka arus maksimum yang diizinkan akan naik. Dengan demikian, jika misalnya '*duty cycle*' nya hanya 35% dan besar arusnya tetap 300 Amper, maka mesin las akan dapat dioperasikan pada 375 Amper. Hal tersebut berdasarkan perhitungan.

- 1) Selisih : $60\% - 35\% = 25\%$
- 2) Peningkatan : $25/60 \times 300 = 125$, sehingga $60\% \times 125 = 75$ Amper.
- 3) Arus maksimum yang diizinkan = $75 + 300 = 375$ Amper.

4. Rangkuman

Istilah-istilah pengelasan *MIG/MAG* baik persiapan, proses, dan hasil las harus dikuasai, karena istilah ini sudah biasa digunakan di dunia kerja seperti pada persiapan *included angle; angle of bevel; root face; root gap; base metal/parent metal; backing bar; dan backing strip*.

Pada proses las seperti *root run; sealing run; sealing weld/ capping; leg length; reinforcement; heat affected zone; weld width; dan toe. Nozzle; arc flame; protective gases; stick out; weld metal; dan base metal. Key hole; tack weld*. Pada hasil las seperti *under cut; overlap; dan lack of fusion*.

Duty cycle adalah persentase penggunaan mesin las dalam periode 10 menit, di mana suatu mesin las dapat beroperasi dalam besaran arus tertentu secara efisien dan aman tanpa mengalami beban lebih (*overload*).

5. Latihan Soal dan Penugasan

- a. Identifikasi dan amati kegiatan pengelasan *MIG/MAG* di bengkel atau tempat lain yang melakukan kegiatan yang sama.
- b. Untuk memahami kegiatan pengelasan *MIG/MAG* maka lakukan pencarian informasinya melalui berbagai cara sesuai kelompoknya dengan cara
 - 1) Bentuklah kelompok observasi masing-masing 4-5 siswa setiap kelompok untuk mencari informasi tentang
 - a) Persiapan pengelasan *MIG/MAG*.
 - b) Proses pengelasan *MIG/MAG*.
 - c) Hasil pengelasan *MIG/MAG*.
 - c. Sesudah mengobervasi dan mencari informasi dengan berbagai cara, lakukan diskusi dengan
 - 1) Tunjuk salah seorang dari kelompok diangkat sebagai ketua. Ketua harus bisa mengarahkan diskusi pada pokok pembicaraan.
 - 2) Setiap individu berhak untuk mengemukakan pendapat hasil temuan.
 - 3) Setiap kelompok harus membuat laporan.
 - d. Mempresentasikan hasil diskusi pada kelompok lain dan setiap kelompok berhak menerima masukan-masukan dari kelompok lain dan hasil akhir harus dirangkum.

6. Evaluasi Materi Pokok

- a. Jelaskan istilah persiapan las *MIG/MAG*.
- b. Jelaskan istilah proses las *MIG/MAG*.
- c. Jelaskan istilah hasil las *MIG/MAG*.
- d. Jelaskan istilah *duty cycle* mesin las *MIG/MAG*.

F. SIMBOL LAS

1. Indikator Keberhasilan

- a. Menjelaskan berbagai bentuk sambungan las.
- b. Menjelaskan simbol las.
- c. Mendeskripsikan simbol las.

2. Deskripsi Materi

Materi Simbol las berisi tentang teori dan aplikasi simbol las *MIG/MAG*, serta penjelasan aplikasi simbol las *MIG/MAG* yang harus dikuasai siswa.

3. Uraian Materi

a. Bentuk-bentuk Sambungan Las

Beragam bentuk pekerjaan las dan fabrikasi logam, menuntut agar suatu sambungan yang dikerjakan dapat sesuai dengan kekuatan yang diharapkan. Karena itu bentuk-bentuk sambungan dirancang sedemikian rupa supaya memenuhi kebutuhan tersebut.

1) Bentuk-bentuk Sambungan Las

Secara umum sambungan las ada dua macam, yaitu sambungan sudut (*fillet*) dan sambungan tumpul (*butt*). Adapun macam-macam bentuknya adalah sebagai berikut:

- a) Sambungan sudut dalam (*T-joint atau L*);
- b) Sambungan sudut luar (*Corner joint*);
- c) Sambungan tumpang (*lap joint*);
- d) Sambungan sumbat (*Plug joint*);
- e) Sambungan celah (*Slot joint*);
- f) Sambungan tumpul (*Butt joint*).

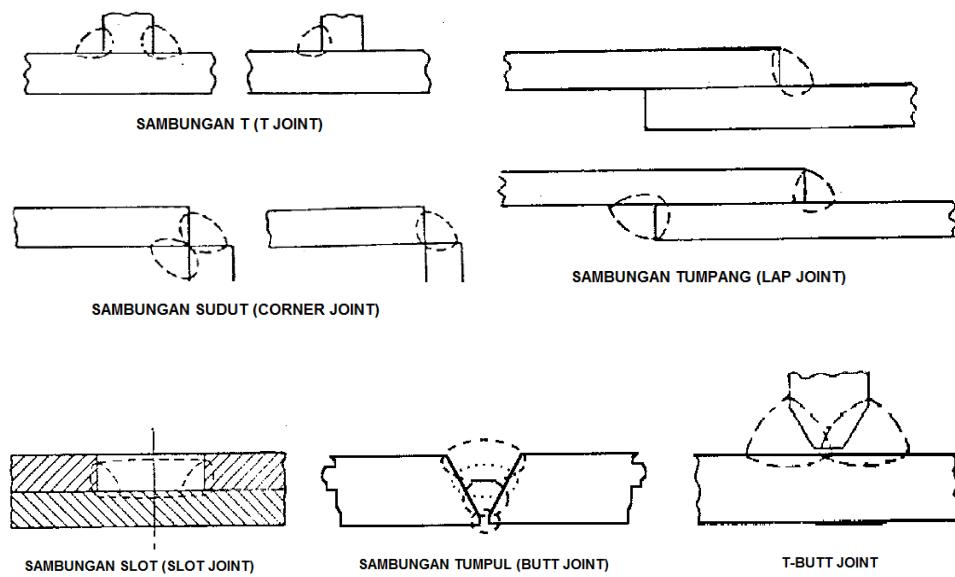
b. Bentuk-bentuk Kampuh Las.

Kampuh las adalah bentuk persiapan pada suatu sambungan. Umumnya hanya ada pada sambungan tumpul, namun ada juga pada beberapa bentuk sambungan sudut tertentu, yaitu untuk memenuhi persyaratan kekuatan suatu sambungan sudut.

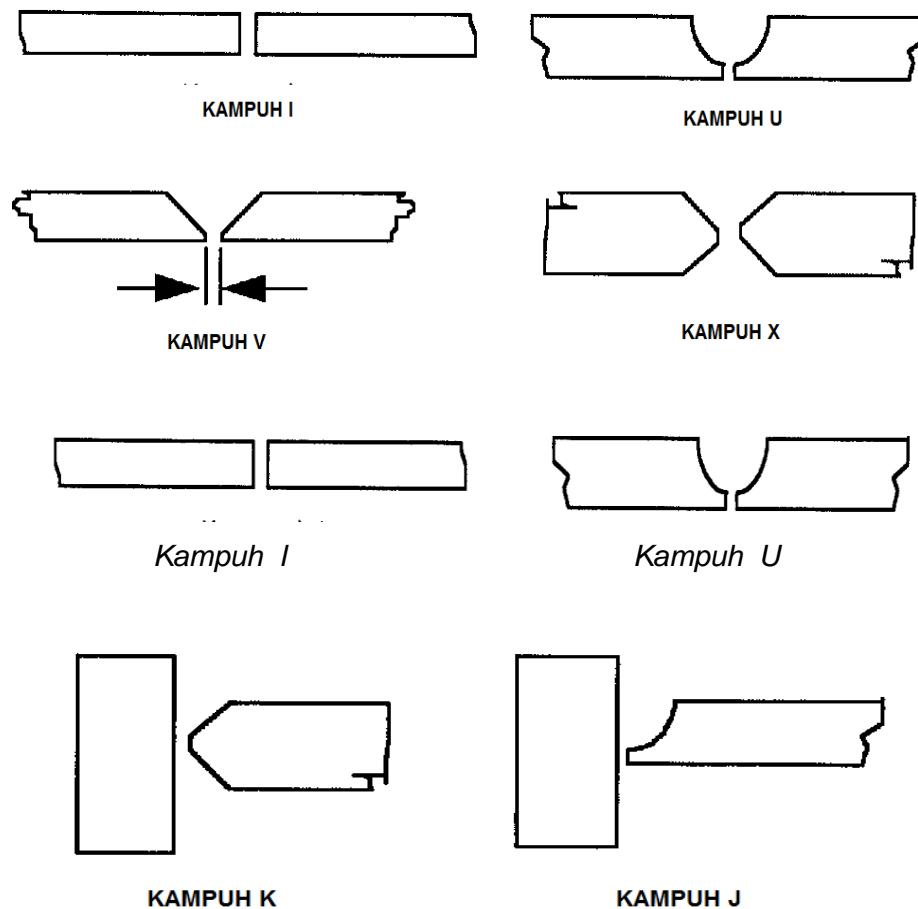
Bentuk kampuh las yang banyak dipergunakan pada pekerjaan las dan fabrikasi logam adalah

- 1) Kampuh I (*Open square butt*)
- 2) Kampuh V (*Single Vee butt*)
- 3) Kampuh X (*Double Vee butt*)
- 4) Kampuh U (*Single U butt*)
- 5) Kampuh K/ Sambungan T dengan penguatan pada kedua sisi (*Reinforcement on T-butt weld*)
- 6) Kampuh J/ Sambungan T dengan penguatan satu sisi (*Single J-butt weld*)

Berikut ini adalah bentuk-bentuk sambungan dan kampuh las (gambar 2.28 dan 2.29).



Gambar 2.28. Bentuk-bentuk Sambungan

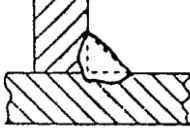
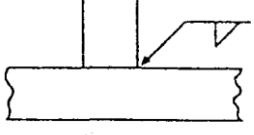
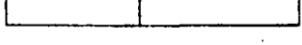
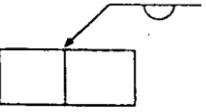
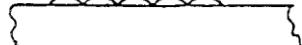
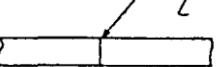
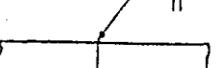


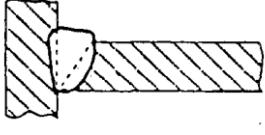
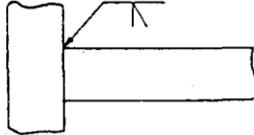
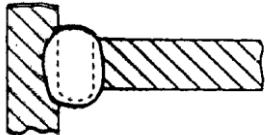
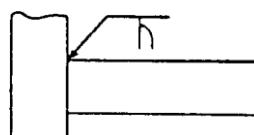
Gambar 2.29. Kampuh Las

c. Aplikasi Simbol Las

Pada pekerjaan las dan fabrikasi logam gambar kerja sangat memegang peranan penting, terutama tentang simbol las, karena dengan adanya simbol las seorang pekerja akan dapat menentukan konstruksi sambungan yang akan dikerjakan. Oleh karena itu pemahaman tentang simbol-simbol las sangat perlu dikuasai oleh seseorang yang bekerja di bidang las dan fabrikasi logam.

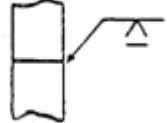
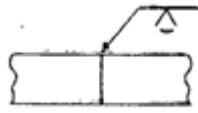
Gambar 2.30. berikut ini adalah macam-macam simbol las secara umum/ dasar yang digunakan dalam berbagai konstruksi pengelasan.

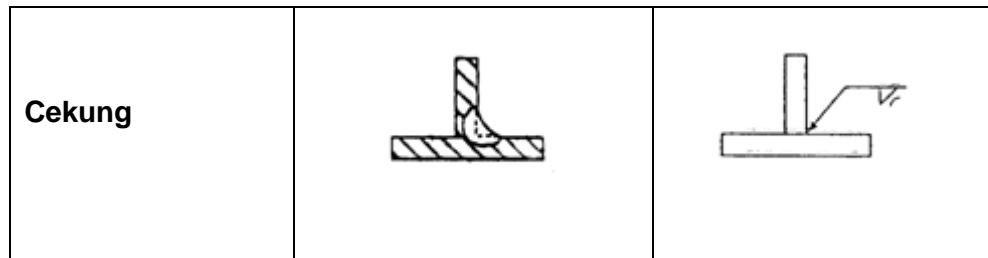
BENTUK PENGELASAN	GAMBAR	SIMBOL
Sambungan Sudut (fillet)		
Jalur las		
Penebalan permukaan		
Sambungan tumpul (umum) <i>(Penetrasi penuh pada sambungan tumpul)</i>		
Sambungan tumpul (Kampuh I)		
Sambungan tumpul (Kampuh V)		

Sambungan T (di bevel)		
Sambungan tumpul (Kampuh U)		
Sambungan T (Kampuh J)		

Gambar 2.30. Macam-macam Simbol Las

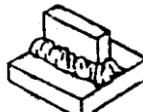
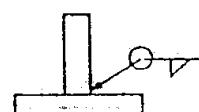
Bentuk Permukaan Jalur Las (*capping*) (gambar 2.31)

TIPE PENGELASAN	GAMBAR	SIMBOL
Rata		
Cembung		



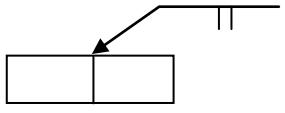
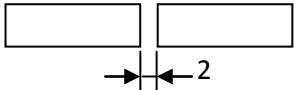
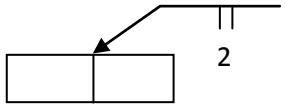
Gambar 2.31. Bentuk Permukaan Jalur Las (Capping)

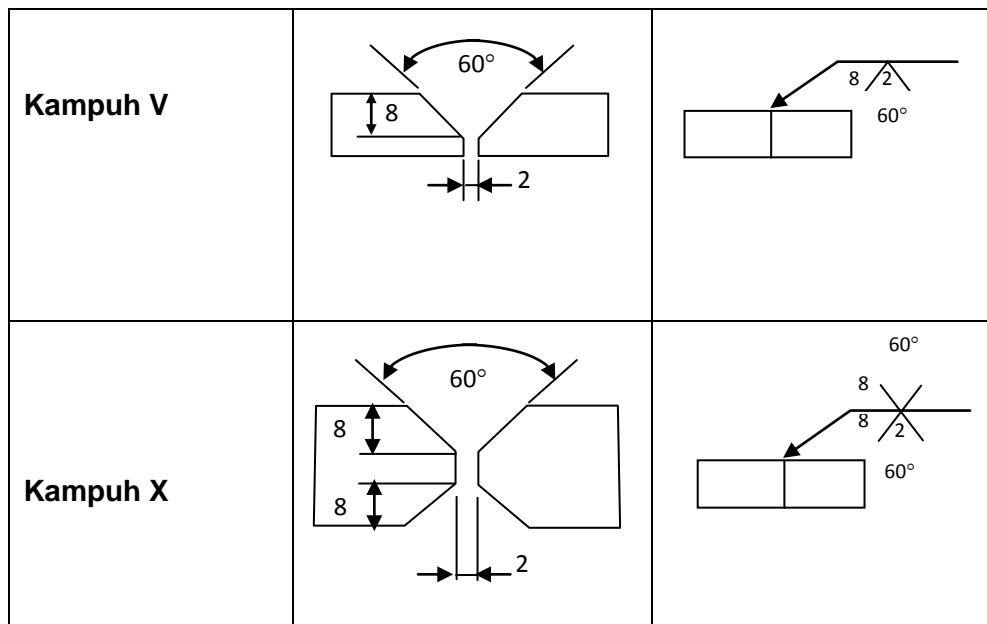
Simbol Tambahan (gambar 2.32)

TIPE PENGELASAN	GAMBAR	SIMBOL
Fillet		

Gambar 2.32. Simbol Tambahan

Gambar 2.33. adalah penerapan simbol las pada sambungan tumpul.

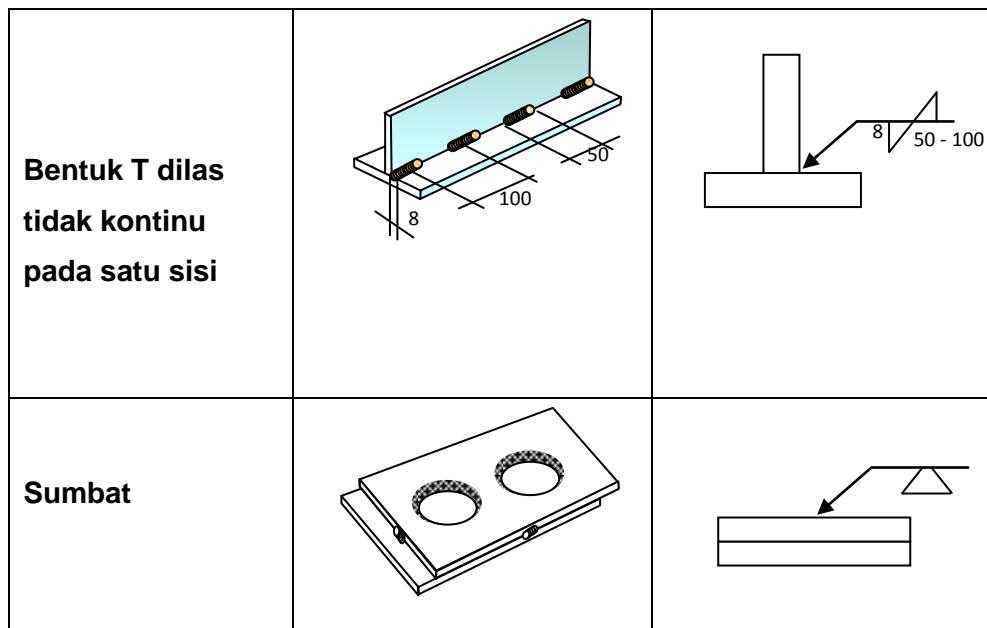
BENTUK SAMBUNGAN	GAMBAR	SIMBOL
Kampuh I tertutup		
Kampuh I terbuka		



Gambar 2.33. Contoh Penerapan Simbol Las pada Sambungan Tumpul

Gambar 2.34. adalah contoh penerapan simbol las pada sambungan sudut.

BENTUK SAMBUNGAN	GAMBAR	SIMBOL
Bentuk T dilas kontinu pada satu sisi		
Bentuk T dilas kontinu pada dua sisi		



Gambar 2.34. Contoh Penerapan Simbol Las pada Sambungan Sudut

1. Rangkuman

- Dalam pengelasan ada 2 (dua) jenis sambungan yaitu sambungan tumpul dan sambungan sudut.
- Hasil las yang baik diperlukan pembentukan kampuh sesuai dengan kebutuhan.
- Pemahaman simbol pengelasan sangat diperlukan pelaksanaan praktik.

2. Latihan Soal atau Penugasan

- Ketika peserta melakukan kegiatan praktik maka dibentuk kelompok yang terdiri dari 4-5 siswa.
- Setiap kelompok memperoleh dua produk pengelasan yaitu sambungan tumpul dan sambungan sudut, untuk melakukan pengamatan dan pengkajian tentang bentuk sambungan dan dimensi ukuran.
- Membuat gambar kerja dari hasil pengamatan dan hasil diskusi kelompok, sehingga setiap anggota mempunyai pemahaman yang

sama tentang bentuk sambungan las, simbol las, dan posisi pengelasan.

3. Evaluasi Materi Pokok

- a. Jelaskan berbagai bentuk sambungan las!
- b. Jelaskan simbol las yang biasa digunakan dalam pengelasan!
- c. Deskripsikan simbol las untuk sambungan tumpul!

Seorang welder harus paham jenis-jenis cacat pengelasan karena dengan memahami jenis-jenis cacat las, maka welder memahami pula cara

Pemeriksaan hasil las pada dasarnya dilakukan secara visual terlebih dahulu baru dilanjutkan dengan pengujian/pemeriksaan destruktif atau non-destruktif sesuai dengan standar ASME IX

G. CACAT DAN PEMERIKSAAN HASIL LAS

1. Indikator Keberhasilan

- a. Menjelaskan cacat-cacat dalam pengelasan.
- b. Menginterpretasikan cacat-cacat pengelasan dalam kondisi faktual.
- c. Menjelaskan cara pemeriksaan cacat las.
- d. Memeriksa cacat pengelasan baik secara visual maupun dengan cara lain.

2. Deskripsi Materi

Materi Cacat dan Pemeriksaan Hasil Las menjelaskan dan melaksanakan pemeriksaan cacat-cacat pengelasan yang biasa ditemukan dalam praktik pengelasan.

3. Uraian Materi

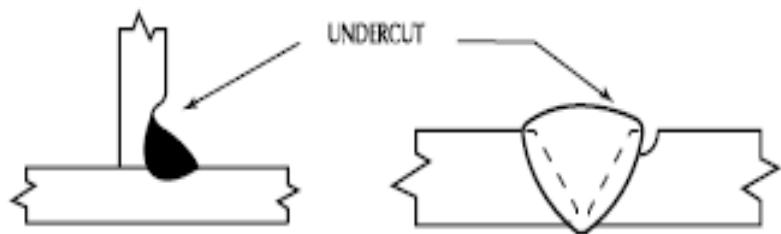
a. Cacat-cacat Las

1) Macam-macam Kerusakan Hasil Las

Kerusakan hasil pengelasan pada las TIG pada bagian luar dapat diamati secara langsung.

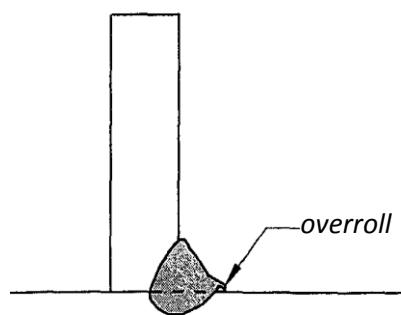
a) Kerusakan Bagian Luar

(1) **Takikan (Undercut)**, kerusakan hasil las yang disebabkan oleh termakannya bahan las oleh proses pengelasan sehingga pada *toe* membentuk alur pada sisi pertemuan jalur las dengan bahan las (gambar 2.35.)



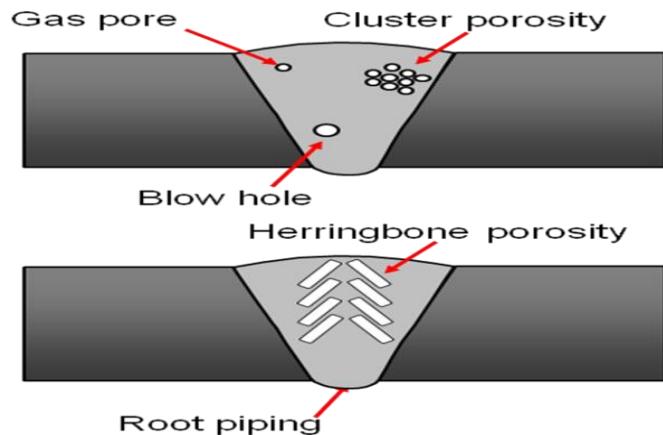
Gambar 2.35. Cacat *Undercut*

(2) **Penumpukan Logam Las (Overroll atau Overlap)**, bentuk logam las yang menumpuk pada sisi jalur las dan tidak menyatu dengan bahan las (logam dasar). Ciri-cirinya adalah pada sisi jalur las tidak terjadi pencairan yang sempurna, sehingga logam las hanya menempel pada logam dasarnya (gambar 2.36.).



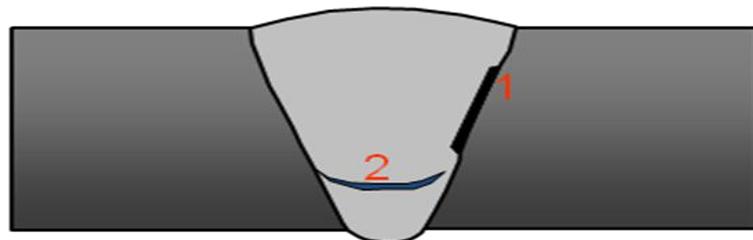
Gambar 2.36. Cacat *Overroll*

(3) **Keropos (Porosity)**, kerusakan hasil las yang disebabkan oleh adanya lubang-lubang udara yang kelihatan pada permukaan bahan las (logam dasar) , dapat dilihat pada gambar 2.37.



Gambar 2.37. Cacat Keropos

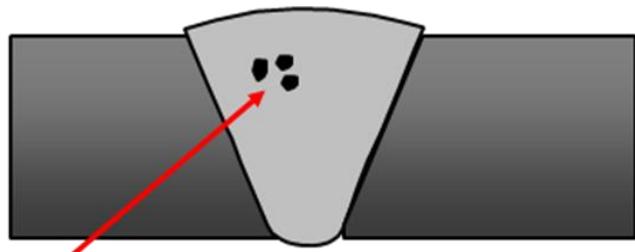
- (4) **Kurang Pencairan (Lack of Fusion)**, hasil tidak mencair sempurna, seakan-akan logam las hanya menempel saja (gambar 2.38.).



1. Lack of sidewall fusion
2. Lack of inter-run fusion

Gambar 2.38. Kurang Pencairan

- (5) **Tercemar Tungsten (Tungsten Inclusion)**, apabila ujung elektroda tungsten menempel pada cairan logam, maka elektroda lengket dengan logam las terjadi pencemaran. Profilnya hampir sama dengan keropos, bagian yang keropos terisi oleh partikel tungsten (gambar 2.39.).



TI inclusions

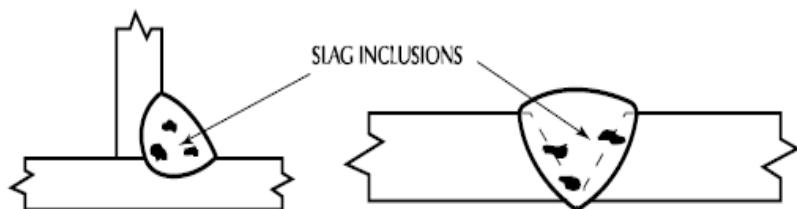
Gambar 2.39. Cacat Tercemar Tungsten

b) Cacat-cacat Las Bagian Dalam

Cacat las bagian dalam hasil las TIG tidak bisa diamati secara visual, harus dideteksi dengan menggunakan alat khusus seperti dengan ultrasonic tracing.

Macam-macam kerusakan las bagian dalam diantaranya, yaitu

1) Terak Terperangkap/ Kotor (Inclusion)



Gambar 2.40. Terperangkap Kotoran

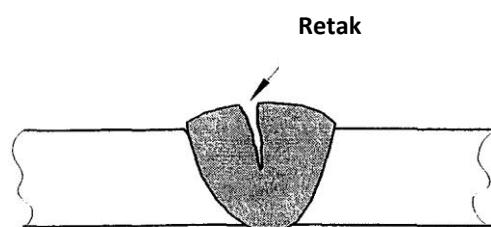
Bila logam yang akan dilas tidak dibersihkan dahulu, maka akan terjadi kontiminasi pada logam las. Kotoran-kotoran yang menyebabkan hasil menjadi kotor adalah karat, oli, grease, debu dan lain-lain.

Untuk mencegah keadaan tersebut maka sebelum melakukan pengelasan benda-kerja harus dibersihkan terlebih dahulu.

Sebagai alat pembersihnya dapat digunakan kikir, batu gerida halus, dan diterjen. Cacat jenis ini dapat dilihat pada gambar 2.40.

2) Retak (*Cracking*)

Tanda-tanda pengelasan yang retak, yaitu pada permukaan logam terlihat pecah atau retak, dapat dilihat pada gambar 2.41.



Gambar 2.41. Cacat Retak

3) Kurang Penembusan (*Less Penetration*)

Setelah benda diperiksa secara visual, hasil las dibelah dan permukaannya dihaluskan kemudian dietsa maka akan terlihat penembusan dari logam lasnya.

b. Pemeriksaan Hasil Las

Pemeriksaan hasil las bertujuan untuk mengetahui kualitas suatu konstruksi pengelasan. Konstruksi dengan kualitas yang jelek akan menyebabkan penambahan biaya untuk mengerjakan ulang, kehilangan kepuasan pelanggan dan beresiko terhadap keselamatan.

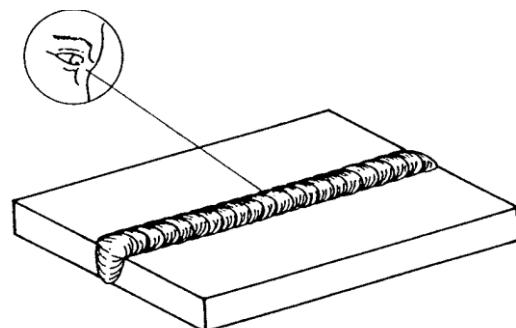
Seluruh konstruksi harus sering diperiksa selama proses pembuatan/ fabrikasi. Selanjutnya tergantung pada penggunaan komponen tersebut dan mungkin memerlukan tes khusus. Misalnya bahan benda kerja dan hasil las perlu dites baik secara merusak maupun dengan tidak merusak.

Tujuan pemeriksaan adalah untuk mengetahui apakah hasil pekerjaan telah sesuai dengan standar yang diakui. Pemeriksaan hasil las secara visual (*visual inspection*) adalah salah satu

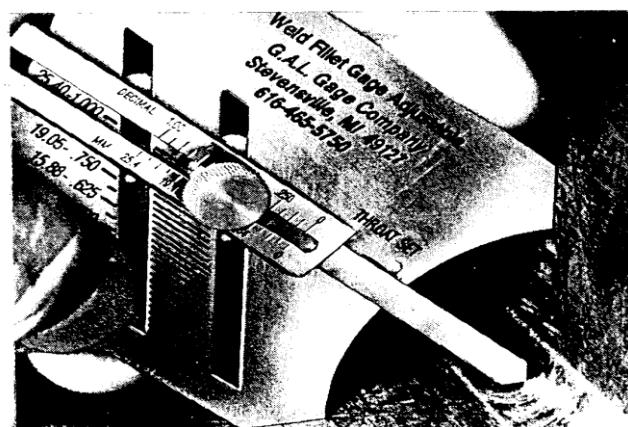
metode untuk memeriksa hasil las dengan cara tanpa merusak (*non destructive*) yang keseluruhannya akan dibahas pada materi yang lain.

Dalam pemeriksaan secara visual ini, operator atau petugas pemeriksa perlu menggunakan alat-alat bantu sederhana, yakni untuk melakukan pemeriksaan cacat las, ukuran hasil las, bentuk rigi las, dll.

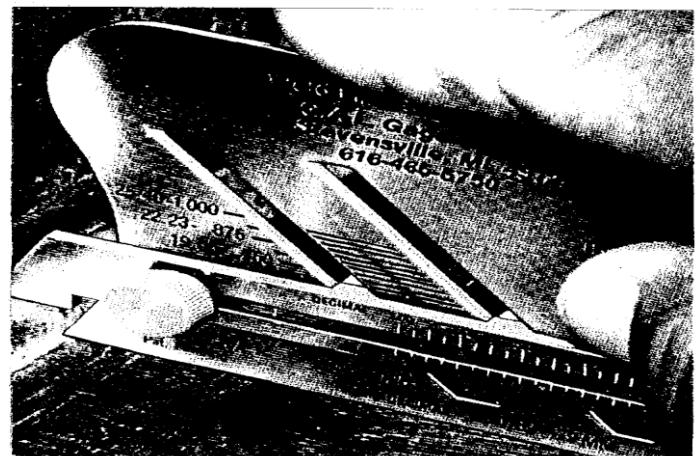
Contoh pemeriksaan hasil las secara langsung dapat dilihat pada gambar 2.42. sampai gambar 2.45. berikut ini.



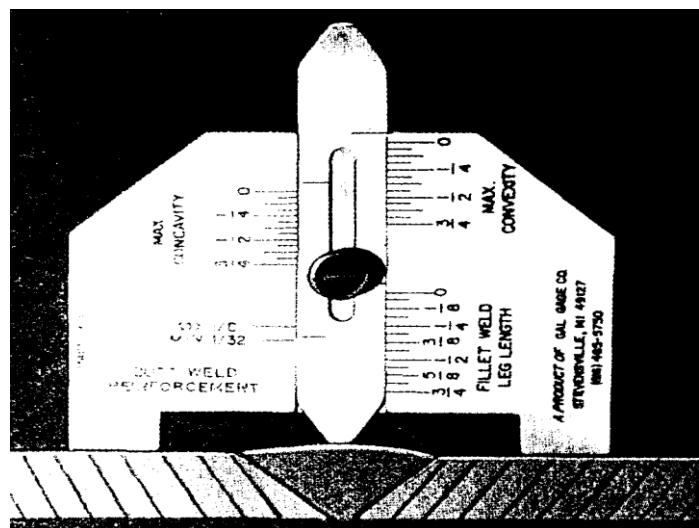
Gambar 2. 42. Pengamatan Langsung



Gambar 2.43. Pemeriksaan Tinggi Rigi Las (*Reinforcement*)



Gambar 2.44. Pemeriksaan Panjang Rigi Las



Gambar 2.45. Pemeriksaan Tinggi Rigi Las

Pemeriksaan hasil las sangat perlu dalam proses dan penilaian hasil las. Untuk itu sebelumnya perlu dipahami apa-apa yang menjadi penyebab terjadinya kerusakan atau cacat hasil las tersebut.

Berikut ini adalah beberapa jenis kerusakan yang dapat diamati secara langsung dan identifikasi penyebab terjadinya cacat tersebut.

1) Takikan Bawah (*Undercut*)

Kerusakan las ini dapat diakibatkan oleh

- a) Amper terlalu tinggi;
- b) Jarak busur (*arc length*) terlalu dekat;
- c) Kurang pengisian;
- d) Pengelasan terlalu lambat.

2) Logam Las Menumpuk (*Overall* atau *Overlap*)

Ciri-ciri kerusakan las ini dapat diamati yaitu adanya penumpukan pada sisi jalur las. Kerusakan las ini disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

- a) Kecepatan pengelasan terlalu lambat;
- b) Penyetelan ampere terlalu rendah;
- c) Posisi elektroda tidak benar.

3) Keropos (*Porosity*)

Kerusakan las ini dapat dilihat pada pemukaan rigi-rigi las, dimana terlihat adanya lubang-lubang bekas udara. Kerusakan ini adalah diakibatkan oleh hal-hal sebagai berikut:

- a) Busur las terlalu tinggi;
- b) Kurang gas pelindung;
- d) Pengelasan tidak dilakukan diruang tertutup;
- c) Lubang *nozzle* terlalu kecil atau tersumbat;
- e) Benda yang dilas kotor.

4) Kurang Pencairan (*Lack of Fusion*)

Kerusakan las kurang pencairan adalah diakibatkan oleh hal-hal sebagai berikut:

- a) Penyetelan arus terlalu rendah;
- b) Teknik pengelasan yang salah;

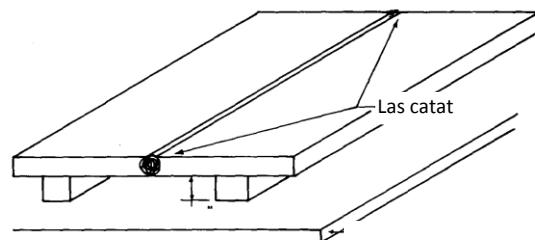
- c) Persiapan pengelasan kurang sempurna;
- d) Menggunakan kawat las tidak sesuai dengan jenis sambungan;
- e) Permukaan logam las kotor..

c. Teknik-Teknik Pencegahan Distorsi

Pada proses pengelasan akan terjadi perubahan bentuk akibat panas pengelasan. Untuk pencegahan/pengontrolannya diperlukan teknik-teknik khusus yaitu

1) Las Catat (*Tackweld*)

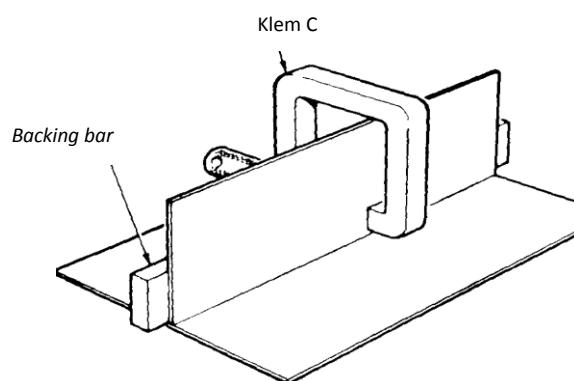
Sebelum dilakukan pengelasan penuh, harus dilakukan las catat dengan sempurna seperti terlihat pada gambar 2.46. berikut ini.



Gambar 2.46. Las catat

2) Menggunakan Alat Bantu (*Jig and Fixture*)

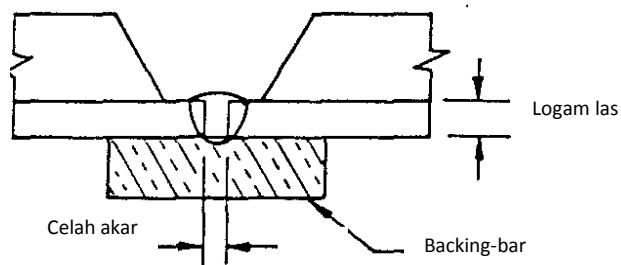
Gunakan alat bantu pengikat yang sesuai, seperti klem untuk mencegah terjadinya perubahan bentuk. Baik sebelum pengelasan maupun saat pengelasan (gambar 2.47.).



Gambar 2.47. Jig and Fixture

3) Menggunakan Pelat Penguat (*Backing Bar*)

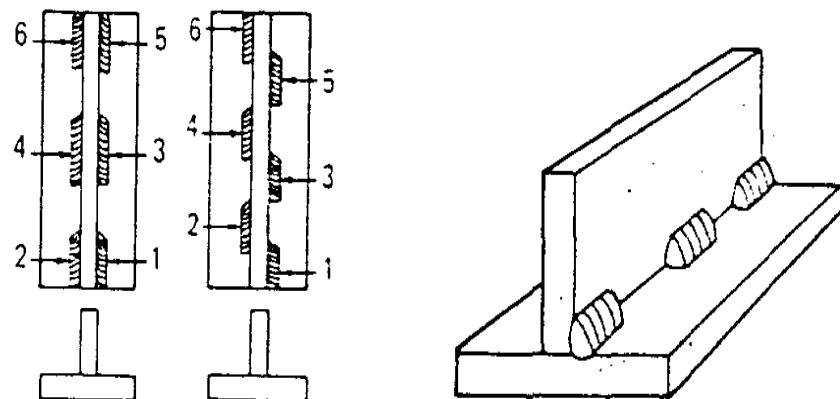
Sebelum pengelasan penuh pada bagian sisi sebelah sambungan dipasang pelat pengganjal (penguatan). Biasanya sebagian pelat penguat dibuat dari bahan tembaga agar setelah pengelasan tidak menempel (gambar 2.48.).



Gambar 2.48. *Backing Bar*

4) Pengelasan Berurutan (*Squence Weld*)

Mengelas sambungan yang panjang ada kecenderungan terjadi distorsi yang besar. Untuk pencegahannya ialah dengan melakukan teknik pengelasan berurutan (*squence-weld*) seperti terlihat pada gambar 2.49. berikut:



Gambar 2.49. *Squence Weld*

4. Rangkuman

- a. Cacat las dibagi 2 (dua) cacat luar dan cacat dalam pengelasan, untuk memeriksanya menggunakan berbagai macam alat penguji/pemeriksa.
- b. Untuk meminimalisasi cacat-cacat pengelasan pada saat persiapan, proses, dan penyelesaian harus mengikuti prosedur standar pengelasan.

5. Latihan Soal atau Penugasan

- a. Ketika peserta melakukan kegiatan praktik maka dibentuk 2 (dua) kelompok yang terdiri dari 4-5 siswa.
- b. Setiap kelompok mendapat tugas melakukan pengamatan dan pengkajian ketika kegiatan praktik, fokusnya pada menemunjukkan cacat-cacat dalam pengelasan baik secara visual maupun dengan cara lain.
- c. Membuat laporan dari hasil pengamatan dan hasil diskusi kelompok, sehingga setiap anggota mempunyai pemahaman yang sama tentang terminologi pengelasan.

6. Evaluasi Materi Pokok

- a. Jelaskan cacat-cacat dalam pengelasan!
- b. Interpretasikan cacat-cacat pengelasan dalam kondisi factual!
- c. Jelaskan cara pemeriksaan cacat las!
- d. Periksalah cacat pengelasan baik secara visual maupun dengan cara lain!

H. DISTORSI

1. Indikator Keberhasilan

- a. Menjelaskan pengertian distorsi pada logam.
- b. Menjelaskan penyebab dan jenis distorsi pada logam.
- c. Menjelaskan teknik pengontrolan distorsi.

2. Deskripsi Materi

Materi Distorsi berisi tentang teori dan aplikasi pengontrolan distorsi, serta penjelasan aplikasi distorsi yang harus dikuasai siswa.

3. Uraian Materi

a. Pengertian Distorsi

Semua logam akan mengembang / memuai apabila mendapat panas dan menyusut bila mengalami pendinginan, kejadian tersebut merupakan sifat dari logam itu sendiri. Seorang operator las harus memiliki kemampuan bagaimana suatu proses pengelasan dapat menghasilkan bentuk sambungan sesuai rencana yang dikehendaki dengan melakukan pengendalian terhadap pemuiaian dan penyusutan yang berlebihan.

Distorsi ialah **perubahan bentuk atau penyimpangan bentuk** yang diakibatkan oleh panas, yang diantaranya adalah akibat proses pengelasan. Pemuiaian dan penyusutan benda kerja akan berakibat melengkungnya atau tertariknya bagian-bagian benda kerja sekitar pengelasan, misalnya pada saat proses las busur manual.

Untuk memahami tentang distorsi, maka perlu dipahami hal-hal sebagai berikut:

1) Koefisien Muai Panjang

Koefisien muai panjang adalah : jumlah pertambahan panjang dari suatu logam akibat perubahan temperatur setiap 1°C .

Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan panjang adalah

- a) Jenis logam yang dipanaskan
- b) Jumlah perubahan temperatur

c) Perubahan panjang akan ke segala arah.

Koefisien muai panjang akan berbeda-beda dari setiap jenis logam karena perbedaan sifat masing-masing logam tersebut.

Koefisien muai panjang dari beberapa logam adalah sbb:

LOGAM	KOOFISIEN MUAI PANJANG
Baja	0,000012
Alumunium	0,0000255
Tembaga	0,0000167

Sebagai contoh besi akan bertambah panjang 0,000012 mm setiap perubahan temperatur 1°C.

Contoh Perhitungan Koefisien Muai Panjang: Sebatang besi panjang 300 mm dipanaskan sampai 1000°C, terjadi pertambahan panjang 3,6 mm ini didapat berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

Rumus:

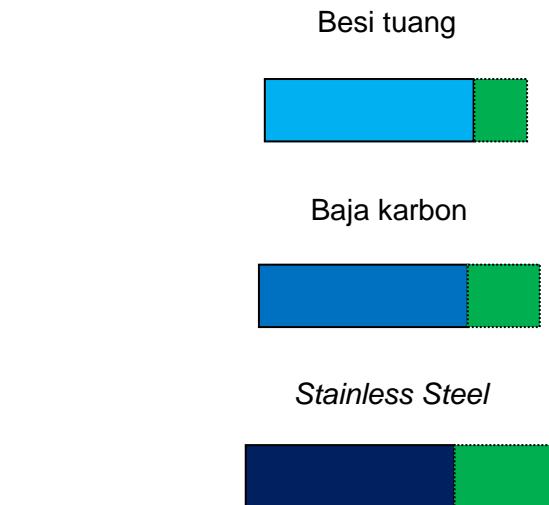
Pertambahan Panjang = Panjang awal x Koefisien muai panjang x perubahan temperatur.

$$= 300 \times 0,000012 \times 1000$$

$$= 3,6 \text{ mm}$$

a) Perbandingan Koefisien muai panjang dari berbagai jenis logam

Walaupun dipanaskan pada temperatur yang sama, maka pertambahan panjang dari masing-masing logam tersebut tidak akan sama dan tergantung dari jenis logam tersebut (perhatikan contoh-contoh berikut gambar 2.50.)

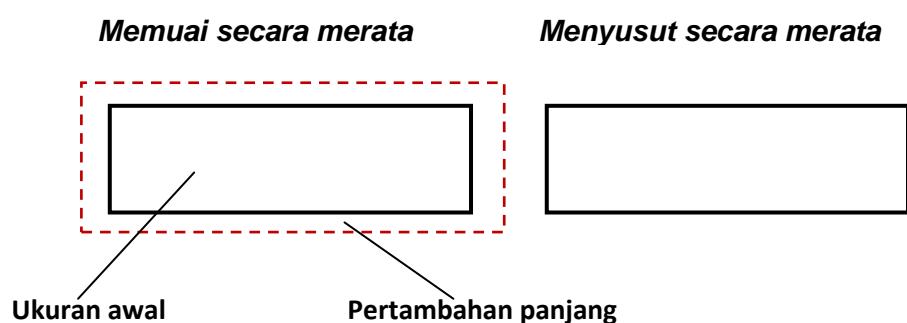


Gambar 2.50. Perbandingan Muai Panjang Beberapa Logam

2) Pemanasan dan Pendinginan

- a) Pemanasan dan Pendinginan Benda Bebas (Tidak Tertahan)

Apabila benda logam dipanaskan secara merata dan dalam keadaan bebas atau tidak tertahan maka akan menyusut kembali ke posisi semula kalau didinginkan. Sebagai contoh perubahannya dapat diperhatikan gambar 2.51, berikut:



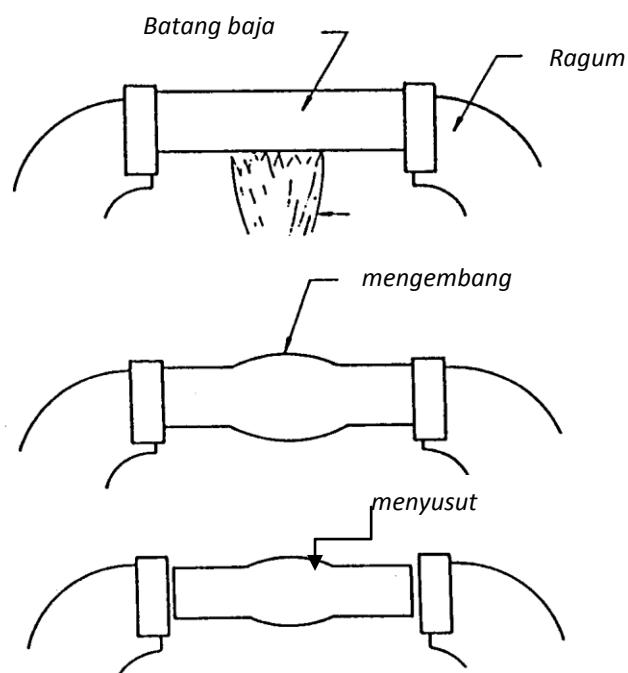
Gambar 2.51. Pemanasan dan Pendinginan Benda Bebas

- b) Pemanasan dan pendinginan benda tertahan.

Apabila benda ditahan atau dipejat pada ragum dan panaskan, maka benda tidak akan dapat memuai atau

bertambah panjang secara teratur ke seluruh arah, karena pertumbuhan ke arah ragum akan tertahan (gambar 2.52.)

Dengan pertambahan temperatur akan menambah kekenyalan, bahan menjadi lunak dan mudah dibentuk . Apabila tahanan ini tetap dipertahankan maka logam berubah bentuk dan bertambah panjang kearah yang tidak ada tahan dan perubahan bentuk ini bersifat permanen.



Gambar 2.52. Pemanasan dan Pendinginan Benda Tertahan

b. Penyebab dan Jenis-jenis Distorsi

1) Penyebab terjadinya distorsi

Tiga penyebab utama terjadinya distorsi (perubahan bentuk) pada konstruksi logam dan industri pengelasan adalah

- a) Tegangan sisa;
- b) Pengelasan/Pemotong dengan panas/api.

a) Tegangan Sisa

Seluruh bahan metal yang digunakan dalam industri misalnya batangan, lembaran atau bentuk profil lainnya diproduksi atau dibentuk dengan proses-proses ini meninggalkan atau menahan tegangan didalam bahan yang disebut **tegangan sisa**.

Tidak selalu tegangan sisa ini menimbulkan permasalahan tapi apabila bahan menerima panas akibat pengelasan atau pemotongan dengan panas (api), tegangan sisa akan hilang secara tidak merata, maka akan terjadi perubahan bentuk (distorsi). Sebagai contoh profil I berikut yang dipotong dengan api.

b) Pengelasan/Pemotongan dengan Panas.

Sewaktu mengelas atau memotong dengan menggunakan api (panas), sumber panas dihasilkan dari nyala busur atau nyala api ini akan mengakibatkan pertambahan panjang dan penyusutan secara tidak merata. Akibatnya terjadi perubahan bentuk (distorsi).

2) Jenis-jenis Distorsi

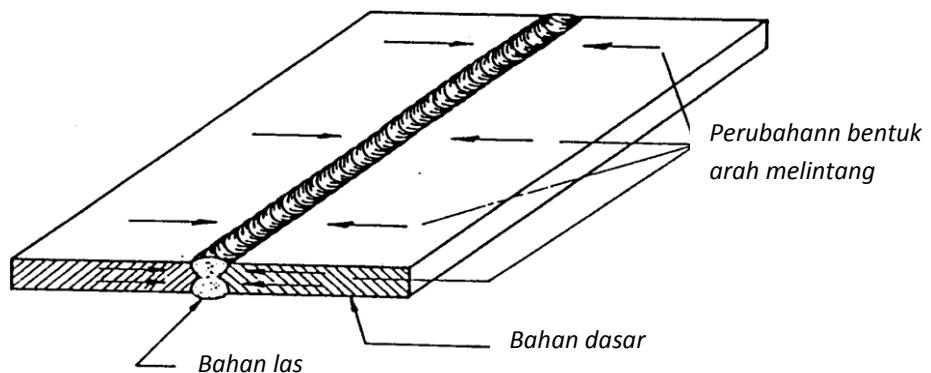
Ada tiga jenis utama perubahan bentuk akibat pengelasan sebagai berikut:

- a) Perubahan bentuk arah melintang
- b) Perubahan bentuk arah memanjang
- c) perubahan bentuk menyudut

a) Perubahan Bentuk arah Melintang

Apabila mulai mengelas pada salah satu ujung, maka sisi dari ujung lain akan bertambah panjang akibat pemuaian. Pada saat pendinginan, maka sisi-sisi logam akan saling

menarik dan berkontraksi satu sama lain. Pergerakan ini disebut **perubahan bentuk arah melintang** gambar 2.53.

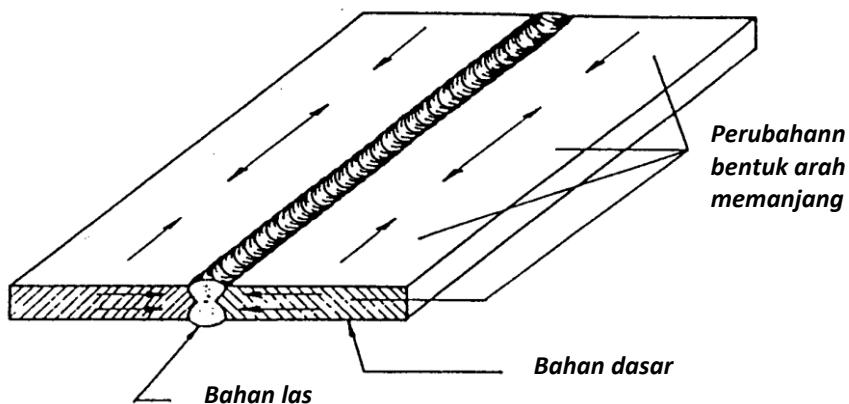


Gambar 2.53. Perubahan Bentuk Arah Melintang.

b) Perubahan Bentuk arah Memanjang

Perubahan bentuk arah memanjang adalah apabila hasil pengelasan berkontraksi dan memendek pada sepanjang garis pengelasan setelah dingin.

Perubahan bentuk ini akan sangat tergantung pada keterampilan pekerjaan pengelasan gambar 2.54.

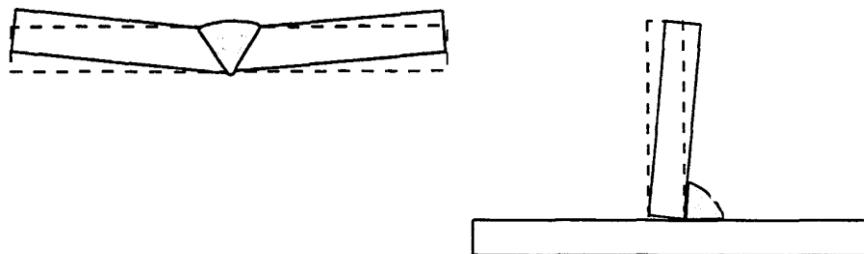


Gambar 2.54. Perubahan Bentuk Arah Memanjang

c) Perubahan Bentuk Menyudut

Perubahan bentuk menyudut adalah apabila sudut dari benda yang dilas berubah akibat kontraksi. Kontraksi lebih

besar pada permukaan pengelasan karena jumlah hasil pengelasan lebih banyak (gambar 2.55.)



Gambar 2.55. Perubahan Bentuk Menyudut

c. Teknik Pengontrolan Distorsi

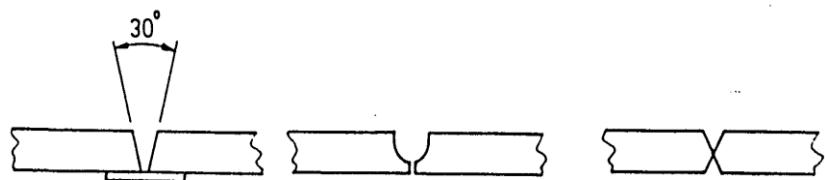
Ada beberapa langkah untuk mengontrol pengaruh perubahan bentuk (distorsi) sewaktu proses pengelasan yang meliputi

- 1) sebelum pengelasan;
- 2) sewaktu pengelasan;
- 3) sesudah pengelasan.

1) Teknik Mengontrol Distorsi Sebelum Pengelasan.

a) Perencanaan yang baik

Perencanaan kampuh yang baik adalah panjang jarak minimum yang tepat dari kampuh untuk menghindari terlalu banyaknya pengelasan.



Memperkecil bevel & gap
yang lebih besar

Kampuh bentuk U

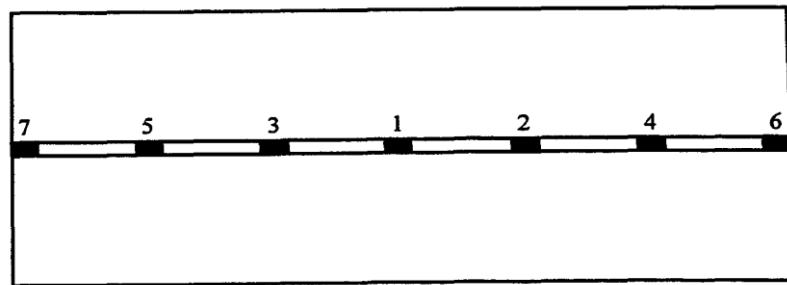
Kampuh bentuk X

b) Pengelasan Catat

Las catat adalah pengelasan dengan jumlah sedikit merupakan titik-titik saja yang akan berfungsi seperti klem.

Jumlah dan ukuran dari titik-titik pengelasan yang diperlukan untuk mempertahankan kalurusan adalah sangat tergantung pada jenis dan tebal bahan. Teknik pengelasan catat yang benar akan mempertahankan bahan sewaktu pengelasan.

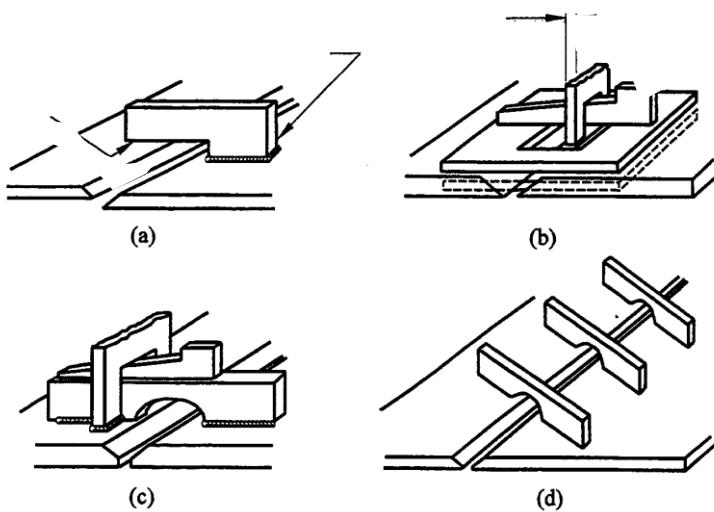
Langkah pengelasan catat dapat perhatikan pada gambar berikut, yakni berselang-seling lihat gambar 2.56.

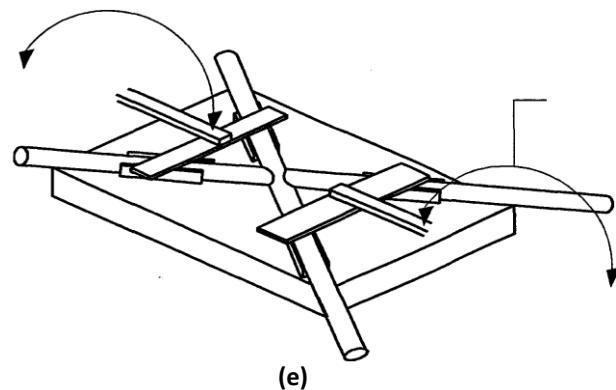


Gambar 2.56. Pengelasan Catat

c) Alat Bantu (Jig and Fixture)

Alat bantu ini digunakan untuk mempertahankan kelurusinan bahan sebelum dan selama pengelasan. Bentuk alat bantu ini sangat tergantung pada bentuk bahan yang dilas. Gambar 2.57 berikut ini adalah beberapa gambar alat bantu untuk pengelasan:

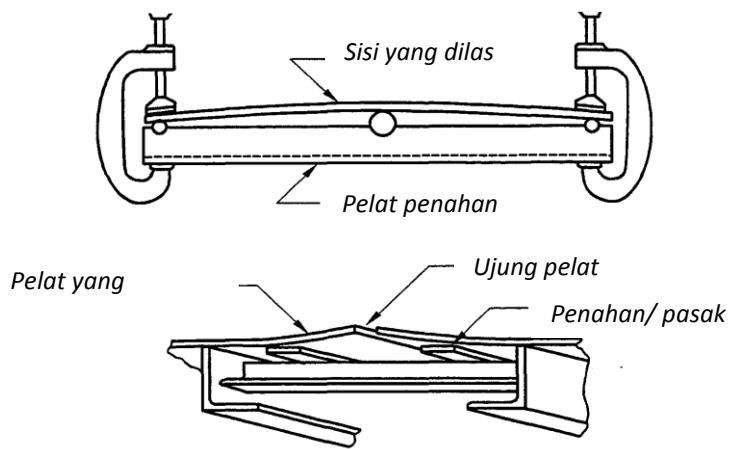




Gambar 2.57. Alat Bantu (*Jig* dan *Fixture*)

d) Pengaturan Letak Bahan (*Pre-setting*)

Pengatur letak bahan yang akan dilas dapat dilakukan dengan cara mengganjal untuk mengatasi konstraksi pada waktu pengelasan. Sungguhpun demikian cara meletakkan ganjal sangat tergantung pada pengalaman dan pengetahuan untuk menempatkannya secara tepat (gambar 2.58.)

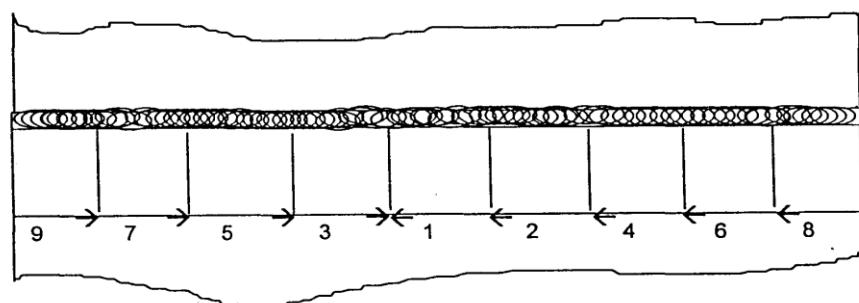


Gambar 2.58. *Pre-setting*

2) Teknik Menghindari Distorsi Sewaktu Pengelasan

a) Pengelasan selang seling

Apabila pengelasan secara terus menerus dari salah satu ujung ke ujung yang lain maka konstraksi akan terus bertambah selama proses pengelasan dan inilah penyebab perubahan bentuk. Ini dapat diatasi dengan teknik pengelasan secara selang-seling dengan arah pengelasan yang berlawanan lihat gambar 2.59.



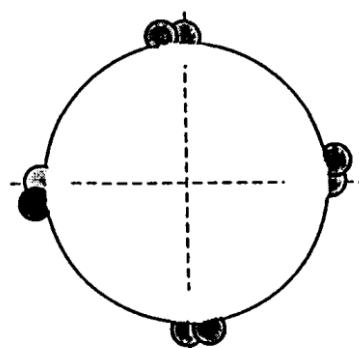
Gambar 2.59. Pengelasan Selang Seling

b) Pengelasan Seimbang

Pengelasan seimbang ini adalah seatu proses pengelasan untuk menyeimbangkan panas ke bidang pengelasan. Metode ini sering digunakan untuk memperbaiki kebulatan poros dan setiap jalur pengelasan dilakukan berseberangan.

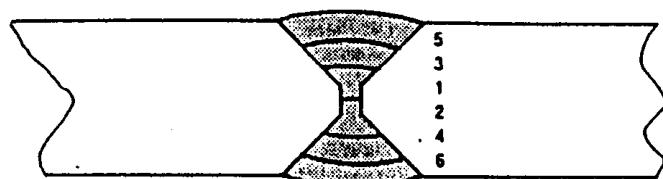
Ini bertujuan untuk mempertahankan keseimbangan kontraksi dan mengurangi perubahan bentuk.

Urutan pengelasan perhatikan gambar 2.60 berikut:



Gambar 2.60. Pengelasan Seimbang

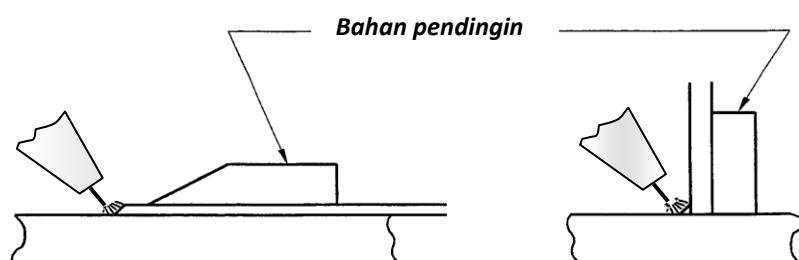
Prinsip yang sama juga dapat digunakan pada pengelasan kampuh V atau U ganda. Pengelasan dilakukan dengan sisi atau permukaan yang berlawanan. Konstraksi akan terjadi sama pada kedua belah permukaan. Untuk langkah pengelasan dapat diperhatikan gambar 2.61 berikut.



Gambar 2.61. Pengelasan Seimbang

c) Pendingin Buatan

Logam pendingin ditempelkan pada logam yang dilas supaya panas pengelasan dipindahkan ke logam pendingin, logam pendingin biasanya dari tembaga atau perunggu. Selama pengelasan logam pendingin akan menyerap panas dari benda kerja. Metode ini cocok untuk pengelasan pelat tipis karena akan mengalami perubahan bentuk yang besar atau akan mudah cair jika tidak didinginkan dengan bahan / logam pendingin lihat gambar 2.62.



Gambar 2.62. Pendingin Buatan

3) Teknik Mengatasi Perubahan Bentuk Setelah Pengelasan

Untuk memperbaiki perubahan bentuk akibat pengelasan setelah dilakukan sangat sulit sekali dan kadang -kadang tidak mungkin.

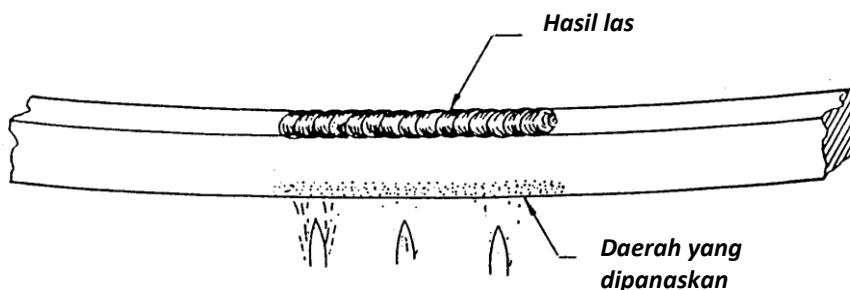
Hal yang sangat penting adalah melakukan langkah menghindari perubahan bentuk sebelum dan selama pengelasan.

Dengan demikian untuk memperbaiki perubahan bentuk akibat pengelasan dapat dilakukan dengan 2 cara berikut:

- a) Meluruskan dengan api
- b) Pemukulan Logam Panas

a) Meluruskan dengan Api

Gambar 2.63 berikut ini menunjukkan batang baja mengalami kebengkokan akibat pengelasan pada salah satu permukaannya. Konstruksi dari hasil pengelasan membengkokkan baja kearah pengelasan. Kalau sisi yang berlawanan dari yang dilas dipanaskan dan didinginkan maka sisi tersebut akan menyusut, sehingga benda akan lurus kembali.



Gambar 2.62. Meluruskan dengan Api

b) Pemukulan Logam Waktu Panas

Metode ini digunakan untuk menarik atau meregang hasil pengelasan dan bagian logam yang berdekatan dengan tempat pengelasan dengan cara memukul-mukulnya selagi masih panas. Peregangan ini akan mempengaruhi hasil pengelasan menjadi mengerut namun membantu menghilangkan konstraksi. Perlu diperhatikan bahwa perlakuan ini yang **berlabih** akan mengakibatkan bahan menjadi **keras** atau **retak**.

4. Rangkuman

Distorsi ialah perubahan bentuk atau penyimpangan bentuk yang diakibatkan oleh panas, yang diantaranya adalah akibat proses pengelasan.

Koefisien muai panjang adalah jumlah pertambahan panjang dari suatu logam akibat perubahan temperatur setiap 1°C . Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan panjang adalah jenis logam yang dipanaskan; jumlah perubahan temperatur; dan perubahan panjang akan kesegala arah.

Teknik pengontrolan distorsi adalah usaha untuk menghilangkan terjadinya distorsi pada saat proses pengelasan meliputi sebelum pengelasan; sewaktu pengelasan; dan sesudah pengelasan.

5. Latihan Soal atau Penugasan

- a. Ketika peserta melakukan kegiatan praktik, maka dibentuk kelompok yang terdiri dari 4-5 siswa.
- b. Setiap kelompok mendapat tugas melakukan pengamatan, pemeriksaan, dan pengkajian saat proses pengelasan dilakukan untuk menganalisa terjadinya distorsi pada logam yang dilas.
- c. Membuat laporan dari hasil pengamatan dan pemeriksaan serta hasil diskusi kelompok sehingga setiap anggota mempunyai pemahaman yang sama tentang distorsi dalam proses pengelasan dan cara mengontrolnya.

6. Evaluasi Materi Pokok

- a. Jelaskan pengertian distorsi pada logam!
- b. Jelaskan penyebab dan jenis distorsi pada logam!
- c. Jelaskan teknik pengontrolan distorsi!