



GURU PEMBELAJAR

MODUL PELATIHAN GURU

Program Keahlian : Teknik Mesin
Paket Keahlian : Teknik Fabrikasi Logam
Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)

KELOMPOK
KOMPETENSI

F

Profesional :

PENGELASAN PELAT MENGGUNAKAN PROSES GMAW (GAS METAL ARC WELDING)

Pedagogik :

PENGEMBANGAN EKSTRAKURIKULER UNTUK AKTUALISASI DIRI PESERTA DIDIK

PENGELASAN PELAT MENGGUNAKAN PROSES GMAW (GAS METAL ARC WELDING)

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK FABRIKASI LOGAM

PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK MESIN

Penyusun:

Tim PPPPTK

BMTI



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN

2015

KATA PENGANTAR

Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen mengamanatkan adanya pembinaan dan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan sebagai aktualisasi dari profesi pendidik. Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) dilaksanakan bagi semua guru, baik yang sudah bersertifikat maupun belum bersertifikat. Untuk melaksanakan PKB bagi guru, pemetaan kompetensi telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) bagi semua guru di Indonesia sehingga dapat diketahui kondisi objektif guru saat ini dan kebutuhan peningkatan kompetensinya.

Modul ini disusun sebagai materi utama dalam program peningkatan kompetensi guru mulai tahun 2016 yang diberi nama diklat PKB sesuai dengan mata pelajaran/paket keahlian yang diampu oleh guru dan kelompok kompetensi yang diindikasikan perlu untuk ditingkatkan. Untuk setiap mata pelajaran/paket keahlian telah dikembangkan sepuluh modul kelompok kompetensi yang mengacu pada kebijakan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan tentang pengelompokan kompetensi guru sesuai jabaran Standar Kompetensi Guru (SKG) dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang ada di dalamnya. Sebelumnya, soal UKG juga telah dikembangkan dalam sepuluh kelompok kompetensi. Sehingga diklat PKB yang ditujukan bagi guru berdasarkan hasil UKG akan langsung dapat menjawab kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensinya.

Sasaran program strategi pencapaian target RPJMN tahun 2015–2019 antara lain adalah meningkatnya kompetensi guru dilihat dari *Subject Knowledge* dan *Pedagogical Knowledge* yang diharapkan akan berdampak pada kualitas hasil belajar siswa. Oleh karena itu, materi yang ada di dalam modul ini meliputi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Dengan menyatukan modul kompetensi pedagogik dalam kompetensi profesional diharapkan dapat mendorong peserta diklat agar dapat langsung menerapkan kompetensi pedagogiknya dalam proses pembelajaran sesuai dengan substansi materi yang diampunya. Selain dalam bentuk *hard-copy*, modul ini dapat diperoleh juga dalam bentuk digital, sehingga guru dapat lebih mudah mengaksesnya kapan saja dan dimana saja meskipun tidak mengikuti diklat secara tatap muka.

Kepada semua pihak yang telah bekerja keras dalam penyusunan modul diklat PKB ini, kami sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Jakarta, Desember 2015
Direktur Jenderal,

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP: 195908011985031002

DAFTAR ISI

| | |
|--|----|
| DAFTAR ISI..... | ii |
| DAFTAR GAMBAR..... | v |
| DAFTAR TABEL | ix |
| PENDAHULUAN..... | 1 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Tujuan | 2 |
| C. Peta Kompetensi..... | 3 |
| D. Ruang Lingkup..... | 3 |
| E. Saran Cara Penggunaan Modul..... | 5 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN..... | 7 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : PENGEMBANGAN EKSTRAKURIKULER UNTUK AKTUALISASI DIRI PESERTA DIDIK..... | 7 |
| A. Tujuan | 8 |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi..... | 8 |
| C. Uraian Materi..... | 9 |
| D. Aktivitas Pembelajaran | 35 |
| E. Rangkuman | 42 |
| F. Tes Formatif | 44 |
| G. Kunci Jawaban..... | 48 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : KESELAMATAN KERJA DALAM PENGELASAN <i>GAS METAL ARC WELDING/GMAW</i> DAN/ATAU <i>FLUX CORE ARC WELDING/FCAW</i>)..... | 49 |
| A. Tujuan | 49 |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi..... | 49 |
| C. Uraian Materi..... | 50 |
| D. Aktivitas Pembelajaran | 66 |
| E. Rangkuman | 78 |

| | |
|--|-----|
| F. Tes Formatif | 80 |
| G. Kunci Jawaban..... | 83 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : PRINSIP DAN PERALATAN KERJA LAS GMAW | 84 |
| A. Tujuan | 84 |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi | 84 |
| C. Uraian Materi..... | 85 |
| D. Aktivitas Pembelajaran | 100 |
| E. Rangkuman | 117 |
| F. Tes Formatif | 119 |
| G. Kunci Jawaban..... | 122 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : MENYIAPKAN BAHAN LAS SESUAI GAMBAR KERJA | 123 |
| A. Tujuan | 123 |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi | 123 |
| C. Bahan Bacaan..... | 123 |
| D. Aktivitas Belajar | 148 |
| E. Rangkuman | 155 |
| F. Tes Formatif | 155 |
| G. Kunci Jawaban..... | 159 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : PENGATURAN (SETTING) PERALATAN LAS GMAW | 160 |
| A. Tujuan | 160 |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi | 160 |
| C. Uraian Materi..... | 160 |
| D. Aktivitas Pembelajaran | 170 |
| E. Rangkuman | 202 |
| F. Tes formatif..... | 202 |
| G. Kunci Jawaban..... | 203 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 6 : GAS PELINDUNG DAN ELEKTRODA LAS GMAW | 205 |
| A. Tujuan | 205 |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi | 205 |
| C. Uraian Materi..... | 206 |

| | |
|---|-----|
| D. Aktivitas Pembelajaran | 222 |
| E. Rangkuman | 236 |
| F. Tes Formatif | 237 |
| G. Kunci Jawaban..... | 240 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 7 : PROSES PENGELASAN PELAT BAJA KARBON POSISI 1F/1G, 2F/2G, 3F/3G, DAN 4F/4G..... | 241 |
| A. Tujuan | 241 |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi | 241 |
| C. Uraian Materi..... | 241 |
| D. Aktivitas Pembelajaran | 252 |
| E. Rangkuman | 301 |
| F. Tes Formatif | 302 |
| G. Kunci Jawab..... | 303 |
| KEGIATANPEMBELAJARAN 8 : PEMERIKSAAN HASIL LASAN | 304 |
| A. Tujuan | 304 |
| B. Indikator Pencapaian Kompetensi | 304 |
| C. Uraian Materi..... | 304 |
| D. Aktivitas Pembelajaran | 310 |
| E. Rangkuman | 312 |
| F. Tes Formatif | 313 |
| PENUTUP..... | 320 |
| DAFTAR PUSTAKA | 321 |
| GLOSARIUM | 324 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1.1 Peta Konsep Pengembangan Ekstrakurikuler untuk Aktualisasi Diri Peserta Didik | 9 |
| Gambar 2.1 Penggunaan Ventilasi lokal untuk Menghilangkan Asap Las | 55 |
| Gambar 2.2 Helm Las dan Rangkaian Pelindung Mata | 58 |
| Gambar 2.3 Helm Las jenis Auto Dark Helmet..... | 59 |
| Gambar 2.4 Contoh Baju kerja Las..... | 59 |
| Gambar 2.5 Contoh Sarung Tangan | 59 |
| Gambar 2.6 Alat Pelindung Pernapasan | 59 |
| Gambar 2.7 Sepatu pengaman | 60 |
| Gambar 2.8 Pelindung Badan/Apron | 60 |
| Gambar 2.9 Pelindung Kepala..... | 60 |
| Gambar 3.1 Prinsip Gas Metal Arcus Welding | 80 |
| Gambar 3.2 Sekematik Short-Circuiting Metal Transfer | 82 |
| Gambar 3.3 Sekematik Globular Metal Transfer | 82 |
| Gambar 3.4 Sekematik Spray Metal Transfer | 82 |
| Gambar 3.5 Sekematik Peralatan GMAW..... | 83 |
| Gambar 3.6 Peralatan GMAW | 83 |
| Gambar 3.7 Power Source GMAW..... | 84 |
| Gambar 3.8 Cara Pengkutuban | 85 |
| Gambar 3.9 Rangkaian Penggerak Kawat Las (Wire Feeder)..... | 86 |
| Gambar 3.10 Wire Feeder..... | 87 |
| Gambar 3.11 Jenis-jenis rol dan penggunaannya | 87 |
| Gambar 3.12 Push-Full Type Wire Feeder | 88 |
| Gambar 3.13 Spool Gun Type Wire Feeder | 88 |
| Gambar 3.14 Bagian-bagian dari Torch/welding gun | 89 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 3.15 Gambar Potongan dari Torch/Welding Gun | 89 |
| Gambar 3.16 Silinder Gas dan Perlengkapannya..... | 89 |
| Gambar 3.17 Katup Tabung | 90 |
| Gambar 3.18 Pressure Regulator dan Flow Meter | 91 |
| Gambar 3.19 Palu Terak..... | 92 |
| Gambar 3.20 Penjepit Las | 92 |
| Gambar 3.21 Sikat Baja..... | 92 |
| Gambar 3.22 Tang Pemotong Kawat | 93 |
| Gambar 4.1 Lima Tipe Dasar Rancangan Sambungan Las | 121 |
| Gambar 4.2 Macam-macam Bentuk Kampuh Las..... | 121 |
| Gambar 4.3 Nama-nama Bagian Las Pada Kampuh V | 122 |
| Gambar 4.4 Nama-nama Bagian Las Pada Kampuh U | 122 |
| Gambar 4.5 Simbol-simbol Dasar Las | 131 |
| Gambar 4.6 Simbol-simbol Tambahan | 131 |
| Gambar 4.7 Standar Penempatan Simbol-simbol Las | 132 |
| Gambar 4.8 Perbedaan Garis Referensi dan Garis Panah Antara Standar ISO dan Standar AWS..... | 133 |
| Gambar 4.9 Kemungkinan Arah dari Garis Panah | 133 |
| Gambar 4.10 Penempatan Simbol Pengelasan Pada Gambar Kerja untuk Satu Sisi dan Sisi Lainnya Berdasarkan ISO dan AWS..... | 133 |
| Gambar 4.11 Ilustrasi Bentuk Kampuh Las dan Posisi Penempatan Simbol Las Pada Gambar Kerja untuk Jenis Sambungan Tumpul..... | 134 |
| Gambar 4.12 Ilustrasi Bentuk Kampuh Las dan Posisi Penempatan Simbol Las Pada Gambar Kerja untuk Jenis Fillet welds | 135 |
| Gambar 4.13 Cara Penggambaran Simbol-simbol Pengelasan Tambahan Berdasarkan Standar ISO dan AWS | 136 |
| Gambar 4.14 Penerapan Simbol Kontur rata Berdasarkan | |

| | |
|--|-----|
| Standar ISO dan AWS..... | 137 |
| Gambar 4.15 Penerapan Simbol Kontur Rata berdasarkan Standar ISO dan AWS, dengan jenis Finishing | 137 |
| Gambar 4.16 Penunjukkan Simbol Las..... | 137 |
| Gambar 4.17 Penunjukkan Simbol Las..... | 138 |
| Gambar 4.18 Penempatan Ukuran Lasan Pada Gambar Kerja | 138 |
| Gambar 5.1 Kabel Input dan Terminal Sambungan..... | 152 |
| Gambar 5.2 Terminal Sambungan Positif dan Negatif..... | 152 |
| Gambar 5.3 Sambungan selang gas | 153 |
| Gambar 5.4 Cara Mengikat Tabung Gas Pada Mesin | 153 |
| Gambar 5.5 Cara Memasang Flow Meter pada Tabung Gas | 153 |
| Gambar 5.6 Pemilihan dan Pemasangan Gulungan Kawat Las pada wire feeder | 154 |
| Gambar 5.7 Bentuk dan Ukuran Roll Wire Feeder untuk Jenis kawat Las yang Berbeda | 154 |
| Gambar 5.8 Proses pemasangan Roll pada wire feeder | 154 |
| Gambar 5.9 Kondisi Unjung Kontak | 155 |
| Gambar 5.10 Proses Pemeriksaan dan Pembersihan Saluran | 155 |
| Gambar 5.11 Proses Pemasangan Saluran | 155 |
| Gambar 5.12 Proses Pemasangan Kawat Las Pada Pengumpan Kawat | 156 |
| Gambar 5.13 Pengaturan Tegangan Rol Penggerak Kawat | 156 |
| Gambar 5.14 Proses Menyalakan Mesin Las | 156 |
| Gambar 5.15 Tombol Kontak pada Remote Control dan Torch dan Posisi Kawat Las pada Ujung Torch..... | 157 |
| Gambar 5.16 Gambaran Kesesuaian ukuran lubang ujung kontak | 157 |
| Gambar 5.17 Pemasangan Ulang Cerobong Gas | 157 |
| Gambar 5.18 Kondisi Corong Gas dan Posisinya terhadap Kontak Tip..... | 158 |
| Gambar 5.19 Pengetesan Tegangan Roll Pengerak Kawat | 158 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 5.20 Cara membuka Keran Tabung Gas | 158 |
| Gambar 5.21 Cara mengatur Kecepatan Aliran Gas | 159 |
| Gambar 5.22 Cara Memeriksa Kebocoran Gas Melalui Pengecekan “O” Ring..... | 159 |
| Gambar 5.23 Proses Penyalaan Busur | 159 |
| Gambar 5.24 Pengaturan Tegangan dan Kecepatan Aliran Kawat Las..... | 160 |
| Gambar 7.1 Posisi Las Tumpul Pada Pelat | 228 |
| Gambar 7.2 Posisi Las Sudut Pada Pelat | 228 |
| Gambar 7.3 Posisi Las Tumpul Pada Pipa | 228 |
| Gambar 7.4 Posisi Las Sudut Pada Pipa | 229 |
| Gambar 7.5 Posisi Travel and Work Angle..... | 230 |
| Gambar 7.6 Beberapa Bentuk Sambungan Tumpul | 231 |
| Gambar 7.7 Pembuatan Las Kancing Pada Sambungan T dan Sambungan Tumpang..... | 231 |
| Gambar 7.8 Posisi Sumbu Las Pada Pengelasan Horisontal | 232 |
| Gambar 7.9 Posisi torch pada pengelasan horizontal | 232 |
| Gambar 7.10 Pengelasan Posisi Vertikal..... | 232 |
| Gambar 7.11 Posisi Torch Terhadap Benda Kerja Pada Pengelasan Vertikal arah keatas dan kebawah..... | 233 |
| Gambar 7.12 Posisi Torch Pada Pengelasan Sambungan T dan Sambungan Tumpang Posisi Vertikal..... | 233 |
| Gambar 7.13 Posisi Torch Pada Pengelasan Posisi Di Atas Kepala | 234 |
| Gambar 7.14 Posisi Torch Pada Pengelasan Sudut Posisi Di Atas Kepala..... | 234 |
| Gambar 8.1 Cacat overlap | 291 |
| Gambar 8.2 Cacat excessive | 292 |
| Gambar 8.3 Cacat underfill | 292 |
| Gambar 8.4 Cacat undercut..... | 292 |
| Gambar 8.5 Cacat porosity | 293 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 8.6 Cacat incomplete fusion..... | 293 |
| Gambar 8.7 Cacat cracking | 294 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel 1.1 Keterkaitan antara Intrakurikuler dengan Ekstrakurikuler | 15 |
| Tabel 1.2 Identifikasi Kompetensi Dasar Mata Pelajaran yang Relevan dengan Keterampilan Kepramukaan..... | 17 |
| Tabel 1.3 Contoh Analisis Mata Pelajaran Biologi Kelompok Mata Pelajaran Dasar Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan, Kelas X..... | 18 |
| Tabel 1.4 Contoh Penyusunan Program | 22 |
| Tabel 2.1 Efek Sinar terhadap Kesehatan | 50 |
| Tabel 2.2 Panduan Penggunaan Kaca Penyaring berdasarkan CSA W117.2 | 51 |
| Tabel 2.3 Tipe dan Sumber Asap Las Serta Pengaruhnya Terhadap Kesehatan..... | 52 |
| Tabel 4.1 Baja SS (JIS 3101)..... | 118 |
| Tabel 4.2 Baja roll untuk struktur las (JIS G 3106) | 119 |
| Tabel 4.3 Penggunaan metode pengelasan, pada setiap sambungan dan ketebalan yang disarankan..... | 123 |
| Tabel 6.1 Penggunaan Gas Pelindung dan Campurannya Berdasarkan Jenis Material yang akan dilas | 194 |
| Tabel 6.2 Penggunaan Gas Pelindung Berdasarkan Logam Dasar yang Dilas..... | 195 |
| Tabel 6.3 Spesifikasi Kawat Las Berdasarkan Standar AWS..... | 203 |
| Tabel 6.4 Komposisi Kimia yang Terkandung dalam Elektroda Las GMAW untuk Baja Karbon dan Baja Paduan Rendah (AWS A5.18, A5.28)..... | 205 |
| Tabel 6.5 Sifat Mekanik Dari Logam Las Baja Karbon | 208 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengembangan keprofesian berkelanjutan (PKB) merupakan pengembangan kompetensi guru dan tenaga kependidikan yang dilaksanakan sesuai dengan kebutuhan, bertahap, dan berkelanjutan untuk meningkatkan profesionalitasnya. Dengan demikian pengembangan keprofesian berkelanjutan adalah suatu kegiatan bagi guru dan tenaga kependidikan untuk memelihara dan meningkatkan kompetensi guru dan tenaga kependidikan secara keseluruhan, berurutan dan terencana, mencakup bidang-bidang yang berkaitan dengan profesinya didasarkan pada kebutuhan individu guru dan tenaga kependidikan (Pedoman penyusunan modul diklat PKB, 2015, hlm. 10). Salah satu bentuk kegiatan yang dapat dilakukan dalam PKB ini adalah kegiatan pengembangan diri dalam bentuk diklat dan kegiatan kolektif guru (Peraturan Menteri Negara dan Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 16 Tahun 2009 tentang Jabatan Fungsional Guru dan Angka Kreditnya).

Kegiatan diklat dalam PKB dibagi dalam 4 (empat) jenjang diklat yaitu: (1) Diklat jenjang dasar yang terdiri atas 5 jenjang diklat (grade), yaitu jenjang 1-5; (2) diklat jenjang lanjut yang terdiri atas 2 jenjang diklat, yaitu jenjang 6 dan 7; (3) diklat jenjang menengah yang terdiri atas 2 jenjang diklat, yaitu jenjang 8 dan 9; dan (4) diklat jenjang tinggi hanya terdiri atas 1 jenjang diklat, yaitu jenjang 10. Untuk menunjang kelancaran pelaksanaan diklat tersebut, ketersediaan sumber belajar yang berupa modul-modul diklat menjadi suatu faktor penting. Modul diklat merupakan substansi materi diklat yang dikemas dalam suatu unit program pembelajaran yang terencana guna membantu pencapaian peningkatan kompetensi dan didisain dalam bentuk bahan cetak (Pedoman penyusunan modul diklat PKB, 2015, hlm. 15). Modul ini merupakan panduan bagi peserta diklat (guru dan tenaga kependidikan) dalam meningkatkan kompetensinya, khususnya kompetensi professional. Modul yang disusun ini disiapkan untuk membantu guru dan tenaga kependidikan paket keahlian Teknik Fabrikasi Logam dalam menguasai kompetensi professional dalam

mengelas dengan menggunakan las *MIG/MAG (GMAW/FCAW)*. Oleh karena itu, modul ini berisi paparan tentang proses pengelasan dengan menggunakan Proses Las *GMAW (Gas Metal Arcus Welding)*, yaitu proses las busur listrik untuk menggabungkan dua buah pelat melalui proses pemanasan busur listrik yang terbentuk antara elektroda las yang mengalir secara terus menerus dengan benda kerja dan menggunakan gas sebagai pelindungnya. Dalam modul ini dipaparkan materi yang diarahkan pada upaya untuk memfasilitasi guru dan tenaga kependidikan dalam menguasai kompetensi mengelas pelat dengan proses las *GMAW* pada posisi di bawah tangan, mendatar, tegak dan di atas kepala.

B. Tujuan

Secara umum, tujuan dari penulisan modul ini adalah untuk memfasilitasi peserta diklat dalam meningkatkan dan mengembangkan keprofesionalannya dalam bidang pengelasan dengan menggunakan proses *Gas Metal Arcus Welding (GMAW)*. Oleh karena itu, setelah mempelajari seluruh isi modul ini peserta diklat diharapkan mampu melakukan proses pengelasan dengan menggunakan proses *Gas Metal Arcus Welding (GMAW)* pada posisi di bawah tangan, posisi mendatar, posisi vertical, dan posisi di atas kepala.

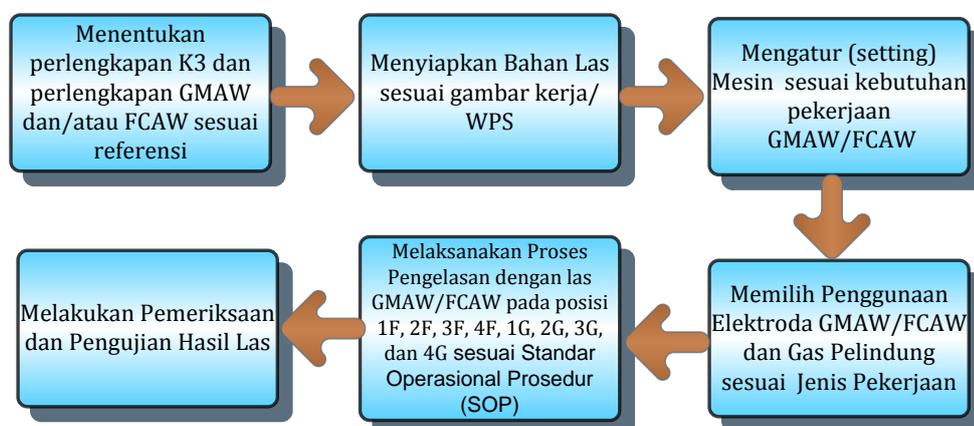
Untuk mendukung pencapaian tujuan tersebut, maka setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran modul ini, peserta diklat dituntut untuk memiliki kemampuan dalam hal:

1. Mengidentifikasi dan menerapkan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) bidang pengelasan di tempat kerja.
2. Mengidentifikasi jenis-jenis peralatan las *GMAW* dan kegunaannya.
3. Menyiapkan bahan las sesuai dengan jenis pekerjaan yang dituntut dalam gambar kerja.
4. Mengeset peralatan las *GMAW*.
5. Memilih elektroda sesuai jenis pekerjaan,
6. Melaksanakan proses pengelasan pelat dengan menggunakan *Gas Metal Arcus Welding (GMAW)* untuk posisi 1F, 2F, 1G, dan 2G, serta 3F, 4F, 3G dan 4G, dan
7. Memeriksa dan menguji hasil las

C. Peta Kompetensi

Melalui materi pembelajaran ini, anda akan melakukan tahapan kegiatan pembelajaran kompetensi pedagogi dan profesional pada grade 6 (enam) secara *one shoot training* dengan moda langsung (tatap muka). Gambar 1.1 memperlihatkan Diagram Alur Pencapaian Kompetensi Grade 6. Pada pembelajaran kompetensi pedagogi, anda akan mempelajari proses memfasilitasi pengembangan potensi peserta didik untuk mengaktualisasikan potensi yang dimilikinya melalui beberapa aktivitas belajar antara lain mempelajari bahan bacaan, diskusi, studi kasus, mengerjakan tugas dan menyelesaikan test formatif. Alokasi waktu yang disediakan untuk menyelesaikan materi pembelajaran ini adalah 45 JP.

Pada pembelajaran kompetensi profesional, anda akan mempelajari prosedur pengelasan pelat dengan menggunakan proses las *GMAW* melalui beberapa kegiatan antara lain diskusi, menyelesaikan Lembar Kerja (Uji Pemahaman materi), dan melakukan Tugas Praktik. Alokasi waktu yang disediakan untuk menyelesaikan materi pembelajaran ini adalah 105 JP.



Gambar 1. Peta Kompetensi

D. Ruang Lingkup

Modul ini disiapkan untuk 8 kegiatan pembelajaran yang terdiri atas 1 (satu) kegiatan pembelajaran untuk bidang pedagogik, dan 7 (tujuh) disiapkan untuk kegiatan pembelajaran bidang professional. Uraian materi bidang pedagogik mencakup uraian tentang memfasilitasi pengembangan potensi peserta didik untuk mengaktualisasikan

berbagai potensi yang dimilikinya. Adapun uraian materi bidang professional mencakup uraian tentang Kesehatan dan Keselamatann Kerja (K3) dalam bidang pengelasan *GMAW*; penyiapan konstruksi las; peralatan las *GMAW*; elektroda las; gas pelindung; proses pengelasan pada posisi 1F/1G, 2F/2G, 3F/3G, dan 4F/4G; serta pemeriksaan dan pengujian hasil las.

Kedelapan kegiatan pembelajaran tersebut diorganisasikan sebagai berikut:

1. Kegiatan pembelajaran 1 (satu) memuat sajian materi pedagogik dengan bahan kajiannya tentang implementasi memfasilitasi pengembangan potensi peserta didik untuk mengaktualisasikan potensi yang dimilikinya.
2. Kegiatan pembelajaran 2 (dua) memuat sajian materi tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Bidang Las *GMAW*. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan pembelajaran 2 (dua) ini, dibagi menjadi 2 (dua) bahan bacaan, yaitu: (1) Gangguan kesehatan dan penyebab kecelakaan kerja, dan (2) Alat Pelindung Diri (APD) dalam pekerjaan las *GMAW* berikut kegunaannya.
3. Kegiatan pembelajaran 3 (tiga) memuat sajian tentang Prinsip dan Peralatan Las *GMAW*. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan pembelajaran 4 (empat) ini dibagi kedalam 2 (dua) bahan bacaan, yaitu: (a) Prinsip-prinsip las *GMAW*, dan (b) Jenis dan fungsi peralatan las *GMAW*.
4. Kegiatan pembelajaran 4 (empat) memuat sajian tentang penyiapan bahan las. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan pembelajaran 3 (tiga) ini dibagi kedalam 2 (dua) bahan bacaan yaitu: (a) Pengetahuan tentang bahan, dan (b) Bentuk-bentuk sambungan las dan proses penyiapannya.
5. Kegiatan pembelajaran 5 (lima) memuat sajian tentang pengaturan (setting) peralatan las *GMAW*. Materi pokok yang disajikan hanya satu bahan bacaan, yaitu tentang pengaturan (setting) peralatan las *GMAW*.
6. Kegiatan pembelajaran 6 (enam) memuat sajian tentang Gas Pelindung dan Elektroda Las *GMAW*. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan pembelajaran 6 (enam) ini dibagi kedalam 2 (dua) bahan bacaan, yaitu: (a) Gas Pelindung Las *GMAW*, dan (b) Elektroda Las *GMAW*.

7. Kegiatan pembelajaran 7 (tujuh) memuat sajian tentang proses pengelasan pelat baja karbon menggunakan proses las *GMAW*. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan pembelajaran 7 (tujuh) ini dibagi kedalam 3 (tiga) bahan bacaan yaitu: (a) Posisi pengelasan; (b) pengelasan pelat pada berbagai posisi (1F/1G, 2F/2G, 3F/3G, dan 4F/4G), dan (c) SOP dalam pengelasan *GMAW*.
8. Kegiatan Belajar 8 (delapan) memuat sajian tentang pemeriksaan dan pengujian hasil. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan pembelajaran 8 (delapan) ini dibagi kedalam 2 (dua) bahan bacaan, yaitu: (a) Pemeriksaan hasil lasan, dan (b) Pengujian hasil lasan.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

1. Materi pembelajaran utama pengelasan dengan menggunakan proses las *GMAW* ini berada pada tingkatan *grade* 6 (enam), terdiri dari materi pedagogik dan materi profesional. Materi pedagogik berisi bahan pembelajaran tentang uraian tentang memfasilitasi pengembangan potensi peserta didik untuk mengaktualisasikan berbagai potensi yang dimilikinya. Adapun materi profesional berisi bahan pembelajaran tentang prinsip dan prosedur pengelasan *GMAW*. Materi pembelajaran dalam setiap Kegiatan pembelajaran, terbagi atas 3 (tiga) bagian, yaitu: pengantar aktivitas pembelajaran, uraian materi yang terbagi dalam beberapa bahan bacaan, rincian aktivitas pembelajaran, lembar kerja/tugas praktek, rangkuman dan tes formatif.
2. Materi pembelajaran ini terkait dengan materi pembelajaran pada *grade* sebelumnya.
3. Waktu yang digunakan untuk mempelajari materi pembelajaran ini diperkirakan 150 JP, dengan rincian untuk materi pedagogi 45 JP dan untuk materi profesional 105 JP, melalui diklat PKB mode tatap muka.
4. Untuk memulai kegiatan pembelajaran, anda harus mulai dengan membaca pengantar aktivitas pembelajaran, menyiapkan dokumen-dokumen yang diperlukan/diminta, mengikuti tahap demi tahap kegiatan pembelajaran secara sistematis dan mengerjakan perintah-perintah kegiatan pembelajaran pada Lembar

Kerja (LK) baik pada ranah pengetahuan maupun keterampilan. Untuk melengkapi pengetahuan, anda dapat membaca bahan bacaan yang telah disediakan dan sumber- sumber lain yang relevan. Pada akhir kegiatan anda akan dinilai oleh pengampu dengan menggunakan format penilaian yang sudah dipersiapkan.

BAB II

KEGIATAN PEMBELAJARAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : PENGEMBANGAN EKSTRAKURIKULER UNTUK AKTUALISASI DIRI PESERTA DIDIK.

Pengembangan potensi peserta didik sebagaimana dimaksud dalam tujuan pendidikan nasional secara sistemik-kurikuler diupayakan melalui kegiatan intrakurikuler, kokurikuler, dan ekstrakurikuler. Kegiatan intrakurikuler diselenggarakan melalui kegiatan terstruktur dan terjadwal sesuai dengan cakupan dan tingkat kompetensi muatan atau mata pelajaran. Kegiatan kokurikuler dilaksanakan melalui penugasan terstruktur dan mandiri terkait satu atau lebih dari muatan atau mata pelajaran. Kegiatan ekstrakurikuler yang merupakan kegiatan terorganisasi/terstruktur di luar struktur kurikulum setiap tingkat pendidikan yang secara konseptual dan praktis mampu menunjang upaya pencapaian tujuan pendidikan.

Peserta didik merupakan anggota masyarakat yang dipandang perlu mendapatkan layanan pendidikan agar dapat tumbuh menjadi individu yang berkualitas baik kualitas sikap, pengetahuan, maupun keterampilan. Sebagaimana diamanatkan oleh Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sisdiknas, Pasal 1 ayat (1) yang menyatakan bahwa pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab. Atas dasar ini, maka setiap pendidikan harus dapat memerankan fungsinya membentuk individu berkualitas baik kualitas sikap, pengetahuan, maupun keterampilan seiring dengan tuntutan zaman.

Dijelaskan pula pada Pasal 12 ayat (1) butir b pada Undang-Undang Sisdiknas tersebut bahwa peserta didik mendapatkan pelayanan pendidikan sesuai dengan bakat, minat, dan kemampuannya. Selanjutnya pada PP Nomor 13 Tahun 2015 tentang perubahan kedua atas PP Nomor 19 Tahun 2009 tentang Standar Nasional Pendidikan Pasal 1 ayat (21), ditegaskan bahwa peserta didik adalah anggota masyarakat yang berusaha mengembangkan potensi diri melalui proses pembelajaran yang tersedia pada jalur, jenjang, dan jenis pendidikan tertentu.

Atas dasar hal tersebut, maka diperlukan kegiatan untuk mewadahi potensi peserta didik sebagaimana tercantum pada Permendikbud Nomor 62 Tahun 2014 tentang kegiatan Ekstrakurikuler pada Dikdasmen dan Permendikbud Nomor 63 Tahun 2014 tentang Pendidikan Kepramukaan sebagai ekstrakurikuler wajib. Wadah ini bermanfaat untuk mendorong bertumbuhnya potensi peserta didik secara optimal.

A. Tujuan

Setelah mengikuti pelatihan ini, peserta diharapkan memiliki kompetensi sebagai berikut:

1. Kemampuan menganalisis konsep, prinsip, manfaat, dan langkah-langkah kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler.
2. Kemampuan menganalisis kompetensi dasar mata pelajaran.
3. Kemampuan menganalisis keterkaitan antara kegiatan intrakurikuler dengan ekstrakurikuler.
4. Kemampuan menyusun program ekstrakurikuler.
5. Kemampuan melaksanakan program ekstrakurikuler.
6. Kemampuan melaksanakan penilaian dan evaluasi kegiatan ekstrakurikuler.
7. Kemampuan menyusun laporan hasil pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler.
8. Kemampuan merencanakan kegiatan tindak lanjut.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi materi Pengembangan Ekstrakurikuler untuk Aktualisasi Diri Peserta Didik adalah sebagai berikut:

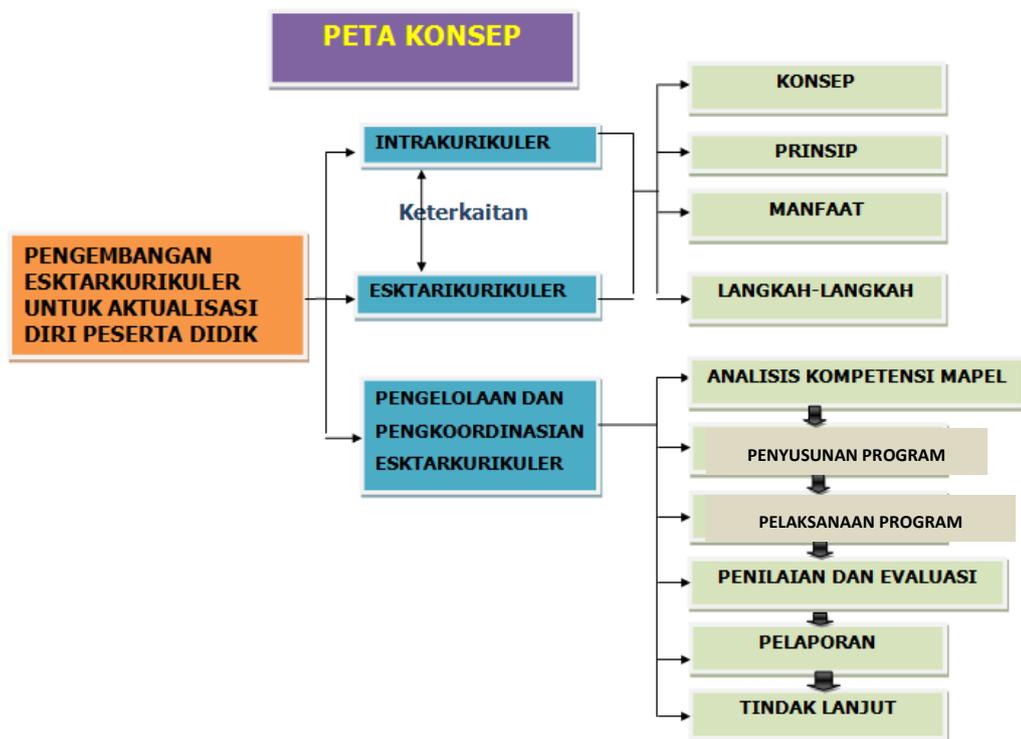
1. Menganalisis konsep, prinsip, manfaat, dan langkah-langkah kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler;
2. Menganalisis kompetensi dasar mata pelajaran;
3. Menganalisis keterkaitan antara kegiatan intrakurikuler dengan ekstrakurikuler;
4. Merancang program ekstrakurikuler;
5. Melaksanakan program ekstrakurikuler;
6. Melaksanakan penilaian dan evaluasi kegiatan ekstrakurikuler;
7. Membuat laporan hasil pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler;
8. Merencanakan kegiatan tindak lanjut.

C. Uraian Materi

Materi pembelajaran Pengembangan Ekstrakurikuler untuk Aktualisasi Diri Peserta Didik terdiri dari: **Pertama**; perbedaan dan keterkaitan antara intrakurikuler dengan ekstrakurikuler, meliputi konsep, prinsip, manfaat, dan langkah-langkah kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler. **Kedua**; Pengelolaan dan Pengkoordinasian Kegiatan dan Ekstrakurikuler, terdiri dari analisis kompetensi, penyusunan program, pelaksanaan program, penilaian dan evaluasi, pelaporan, tindak lanjut.

Peta konsep materi Pengembangan Ekstrakurikuler dan Aktualisasi Diri Peserta Didik pada lingkup Pedagogik ini adalah:

Gambar 1.1 **Peta Konsep Pengembangan Ekstrakurikuler untuk Aktualisasi Diri Peserta Didik**



1. Konsep, Prinsip, Manfaat, dan Langkah-langkah Ekstrakurikuler

Intrakurikuler merupakan kegiatan pengembangan diri yang dilaksanakan melalui kegiatan proses belajar mengajar yang terjadi di sekolah sebagai lembaga formal. Intrakurikuler berkaitan dengan belajar dan pembelajaran. Menurut Shaleh, (2008) belajar merupakan suatu perubahan yang terjadi melalui latihan atau pengalaman. Belajar selalu melibatkan aktivitas. Dengan demikian intrakurikuler melibatkan aktivitas belajar. Kegiatan ini dapat terjadi secara berkesinambungan antara konsep pembelajaran yang dilaksanakan di dalam kelas dan di luar kelas sesuai dengan penerapan kurikulum yang dilaksanakan oleh satuan pendidikan.

Intrakurikuler diikat oleh kurikulum satuan pendidikan yang berlaku. Kegiatan ini dilakukan secara teratur, jelas, dan terjadwal. Kegiatan intrakurikuler dikelola secara sistematis sebagai program utama dalam proses mendidik peserta didik. Kegiatan intrakurikuler tidak terlepas dari kegiatan yang dinamakan kokurikuler. Komponen ini diperlukan untuk mendukung pemahaman materi yang diterima peserta didik pada kegiatan intrakurikuler. Kokurikuler dapat berupa tugas-tugas yang mendukung pembelajaran. Oleh karena itu, kokurikuler dapat menjadi sarana pendukung pemahaman peserta didik terhadap materi yang diterimanya pada kegiatan intrakurikuler. Kegiatan intrakurikuler berada dibawah tanggung jawab guru mapel atau guru kelas. Atas dasar ini, maka pendidik perlu memberikan kokurikuler yang mampu meningkatkan pemahaman peserta didik pada kegiatan intrakurikuler.

Intrakurikuler bermanfaat mengembangkan potensi akademik peserta didik. Proses mendidik peserta didik pada intrakurikuler merupakan kegiatan belajar mengajar yang dilakukan di sekolah sesuai dengan struktur program kurikulum yang terdapat dalam silabus. Kegiatan ini bermanfaat mengembangkan potensi akademik peserta didik, sekalipun potensi non akademik lain juga berkembang. Kemampuan akademik penting diperhatikan sebagaimana yang diungkap oleh Marjoribanks (1987) bahwa prestasi akademik biasanya berhubungan dengan ukuran kemampuan seseorang. Oleh karenanya memperhatikan kemampuan akademik melalui kegiatan intrakurikuler penting.

Langkah-langkah kegiatan intrakurikuler tertuang dalam bentuk Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP). Pembahasan secara detail akan disampaikan pada modul lain. Akan tetapi secara global kegiatan intrakurikuler melalui langkah-langkah: (1) pengembangan KTSP, (2) penyiapan silabus, (3) pengembangan RPP, (4) pelaksanaan pembelajaran di kelas, (5) penilaian dan evaluasi pembelajaran di kelas, dan (6) tindak lanjut hasil pembelajaran. Langkah keempatlah yang merupakan realisasi dari kegiatan intrakurikuler. Dengan demikian kegiatan intrakurikuler diikat oleh kurikulum sekolah.

Selanjutnya, sesuai Permendikbud nomor 62 tahun 2014 bahwa kegiatan ekstrakurikuler adalah kegiatan kurikuler di luar jam belajar kegiatan intrakurikuler dan kegiatan kurikuler di bawah bimbingan dan pengawasan satuan pendidikan. Kegiatan ekstrakurikuler diselenggarakan dengan tujuan untuk mengembangkan potensi, bakat dan minat, kemampuan, kepribadian, kerjasama, kemandirian, peserta didik secara optimal dalam rangka mendukung pencapaian tujuan pendidikan nasional. Oleh karena itu, kegiatan ekstrakurikuler merupakan program besar yang ada di satuan pendidikan yang tidak terpisahkan dengan kurikulum di satuan pendidikan tersebut.

Prinsip ekstrakurikuler berbeda dengan intrakurikuler. Kegiatan ekstrakurikuler tidak terikat seperti pada intrakurikuler. Penyelenggaraan kegiatan ekstrakurikuler untuk meningkatkan dan mengembangkan kemampuan, minat, bakat, dan potensi peserta didik. Hal ini berarti bahwa kegiatan ekstrakurikuler merupakan komponen pendukung kurikulum yang dirancang secara sistematis dan relevan dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan di sekolah.

Peningkatan mutu pendidikan di sekolah melalui kegiatan ekstrakurikuler memberikan peluang kepada peserta didik untuk mengembangkan potensinya secara optimal. Beberapa manfaat yang dapat diperoleh peserta didik dengan mengikuti kegiatan ekstrakurikuler sebagaimana tercantum pada Permendikbud RI Nomor 62 Tahun 2014 tentang kegiatan Ekstrakurikuler pada Dikdasmen adalah: (1) Pengembangan kemampuan personal melalui peningkatan dan perluasan potensi, minat, dan bakat peserta didik; (2) Memfasilitasi minat, bakat, potensi, dan kreativitas

peserta didik yang berbeda-beda; (3) Pengembangan kemampuan personal dalam pembentukan karakter; (4) Pengembangan kemampuan sosial dalam bermasyarakat; (5) Sebagai sarana rekreasi karena kegiatan ekstrakurikuler dilakukan dalam suasana menyenangkan. (6) Pengembangan kemampuan berkomunikasi dan bekerja sama dengan orang lain.

Langkah-langkah kegiatan ekstrakurikuler tertuang dalam bentuk perencanaan program kegiatan ekstrakurikuler. Kegiatan Ekstrakurikuler pilihan di satuan pendidikan dapat dilakukan melalui tahapan: (1) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (2) Analisis sumber daya yang diperlukan dalam penyelenggaraan kegiatan ekstrakurikuler; (3) mengupayakan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (4) menyusun Program Kegiatan Ekstrakurikuler; (5) menetapkan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.

2. Keterkaitan antara Kegiatan Intrakurikuler dan Ekstrakurikuler

Pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler di sekolah juga sebagai wadah dan sarana untuk mencapai dimensi kompetensi sikap dan keterampilan. Dengan demikian, dimensi sikap dan keterampilan merupakan kompetensi yang akan dituju pada kegiatan ekstrakurikuler di sekolah. Sementara itu, kedua kompetensi tersebut berkenaan dan berhubungan dengan konten mata pelajaran pada intrakurikuler. Dengan demikian antara kegiatan ekstrakurikuler dengan kegiatan intrakurikuler berkaitan.

Ada kemungkinan pembelajaran intrakurikuler yang melatih sikap dan keterampilan di luar pengetahuan, memerlukan waktu dan sarana yang lebih luas, misalnya melalui kegiatan aktualisasi pada ekstrakurikuler. Atas dasar inilah, maka kegiatan aktualisasi menjadi bahasan utama dalam mata latihan ini. Hal ini sejalan dengan yang tertuang pada Permendikbud nomor 62 tahun 2014 tentang Kegiatan Ekstrakurikuler pada Pendidikan Dasar dan Menengah bahwa ekstrakurikuler terdiri dari dua kegiatan yakni ekstrakurikuler wajib dan ekstrakurikuler pilihan. Pada ekstrakurikuler wajib antara lain mewadahi aktualisasi, sedangkan ekstrakurikuler pilihan merupakan kegiatan pengembangan diri non aktualisasi.

Kegiatan ekstrakurikuler wajib adalah kegiatan ekstrakurikuler yang wajib diselenggarakan oleh satuan pendidikan dan wajib diikuti oleh seluruh peserta didik, terkecuali bagi peserta didik dengan kondisi tertentu yang tidak memungkinkan untuk mengikuti kegiatan ekstrakurikuler tersebut. Dalam hal ini pendidikan Kepramukaan merupakan ekstrakurikuler wajib yang harus diikuti oleh semua peserta didik.

Pendidikan kepramukaan merupakan kegiatan ekstrakurikuler yang secara sistemik diperankan sebagai wahana penguatan psikologis-sosial-kultural (*reinforcement*) perwujudan sikap dan keterampilan kurikulum 2013 yang secara psikopedagogis koheren dengan pengembangan sikap dan kecakapan dalam pendidikan kepramukaan. Dengan demikian pencapaian Kompetensi Inti Sikap Spiritual (KI-1), Sikap Sosial (KI-2), dan Keterampilan (KI-4) memperoleh penguatan bermakna (*meaningfull learning*) melalui fasilitasi sistemik-adaptif pendidikan kepramukaan di lingkungan satuan pendidikan.

Tujuan tersebut di atas, dicapai melalui kegiatan-kegiatan di lingkungan sekolah (*intramural*) dan di luar sekolah (*ekstramural*) sebagai upaya memperkuat proses pembentukan karakter bangsa yang berbudi pekerti luhur sesuai dengan nilai dan moral Pancasila. Pendidikan Kepramukaan dinilai sangat penting. Melalui pendidikan kepramukaan akan timbul rasa memiliki, saling tolong menolong, mencintai tanah air dan mencintai alam. Karenanya Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan mewajibkan setiap sekolah melaksanakan ekstrakurikuler wajib pendidikan kepramukaan.

Dalam pelaksanaan kegiatan kepramukaan satuan pendidikan dapat bekerjasama dengan organisasi kepramukaan setempat dengan mengacu pada ketentuan yang berlaku. Proses saling interaktif dan saling menguatkan ranah sikap dalam bingkai KI-1, KI-2 dan ranah keterampilan dalam KI-4 sepanjang yang bersifat konsisten dan koheren dengan sikap dan kecakapan Kepramukaan merupakan aktualisasi dan penguatan pencapaian Kurikulum 2013.

Model pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler wajib Kepramukaan dapat dilakukan melalui tiga model yakni 1) Model Blok bersifat wajib, setahun sekali, berlaku bagi seluruh peserta didik, terjadwal, penilaian umum, 2) Model Aktualisasi bersifat wajib,

rutin, terjadwal, berlaku untuk seluruh peserta didik dalam setiap kelas, penjadwalan, dan penilaian formal dan 3) Reguler di Gugus Depan. Bersifat Sukarela, berbasis minat. Selanjutnya, kegiatan ekstrakurikuler pilihan adalah kegiatan ekstrakurikuler yang dapat dikembangkan dan diselenggarakan oleh satuan pendidikan dan dapat diikuti oleh peserta didik sesuai bakat dan minatnya masing-masing. Selain peserta didik diharuskan mengikuti program kegiatan ekstrakurikuler wajib berupa pendidikan kepramukaan, satuan pendidikan juga dapat menawarkan salah satu kegiatan program kegiatan ekstrakurikuler pilihan. Disarankan kepada peserta didik agar dalam penentuan satu kegiatan ekstrakurikuler pilihan tersebut perlu mempertimbangkan dan memperhitungkan waktu yang tersedia. Hal ini perlu diketahui agar peserta didik tidak banyak menghabiskan waktu untuk kegiatan ekstrakurikuler pilihan yang akhirnya dapat menghambat dan mengambil waktu yang seharusnya untuk pendalaman materi mata pelajaran.

Ide pengembangan kegiatan ekstrakurikuler pilihan berpangkal dari kebutuhan, bakat, dan minat peserta didik atau sekelompok peserta didik. Oleh karena itu kegiatan Ekstrakurikuler pada satuan pendidikan perlu dikembangkan dengan prinsip: (1) partisipasi aktif yakni bahwa Kegiatan Ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan peserta didik secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan (2) menyenangkan yakni bahwa Kegiatan Ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik. Selain itu kegiatan ekstrakurikuler pilihan juga dapat dikembangkan yang berkenaan dengan konten dari satu atau beberapa mata pelajaran agar bermanfaat positif bagi peserta didik.

Memperhatikan uraian prinsip kegiatan ekstrakurikuler di atas, sangatlah jelas bahwa keikutsertaan peserta didik dalam kegiatan ekstrakurikuler harus sesuai dengan kebutuhan, potensi, minat, dan bakat pilihan masing-masing agar selama mengikuti kegiatan ekstrakurikuler mereka merasakan senang.

Menurut Permendikbud RI Nomor 62 Tahun 2014 tentang Ekstrakurikuler, bentuk kegiatan ekstrakurikuler yang dapat dilakukan di sekolah berupa:

- a. Krida, misalnya: Kepramukaan, Latihan Kepemimpinan Siswa (LKS), Palang Merah Remaja (PMR), Usaha Kesehatan Sekolah (UKS), Pasukan Pengibar Bendera (Paskibra), dan lainnya;
- b. Karya ilmiah, misalnya: Kegiatan Ilmiah Remaja (KIR), kegiatan penguasaan keilmuan dan kemampuan akademik, penelitian, dan lainnya;
- c. Latihan olah-bakat latihan olah-minat, misalnya: pengembangan bakat olahraga, seni dan budaya, pecinta alam, jurnalistik, teater, teknologi informasi dan komunikasi, rekayasa, dan lainnya;
- d. Keagamaan, misalnya: pesantren kilat, ceramah keagamaan, baca tulis alquran, retreat; atau
- e. Bentuk kegiatan lainnya.

Gambaran keterkaitan antara intrakurikuler dengan ekstrakurikuler ditunjukkan pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Keterkaitan antara Intrakurikuler dengan Ekstrakurikuler

| Mata Pelajaran | Keterampilan Pramuka | | | | | | | |
|--------------------------|---|--|--|-----------------------------|-----------|-------------|-----------|------------|
| | Simpul dan Ikatan (<i>Pioneering</i>) | Mendaki Gunung (<i>Mountenering</i>) | Peta dan Kompas (<i>Orientering</i>) | Berkemah (<i>Camping</i>) | Wirausaha | Bela Negara | Teknologi | Komunikasi |
| SD | | | | | | | | |
| Agama dan Budi Pekerti | | | | | | | | |
| PPKn | | | | | | | | |
| B. Indonesia | | | | | | | | |
| Matematika | | | | | | | | |
| PA | | | | | √ | | | |
| PS | | | | | | | | |
| Seni Budaya dan Prakarya | | | | | | | | |
| Penjasorkes | | | | | | | | |
| SMP | | | | | | | | |
| Agama dan Budi Pekerti | | | | | | | | |
| PPKn | | | | | | | | |
| B. Indonesia | | | | | | | | |
| Matematika | | | | | | | | |
| PA | | | | | | | | |
| PS | | | | | | | | |
| B. Inggris | | | | | | | | |
| Seni Budaya | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Penjasorkes | | | | | | | | |
| Prakarya | | | | | | | | |
| SMA | | | | | | | | |
| Agama dan Budi Pekerti | | | | | | | | |
| PPKn | | | | | | | | |
| B. Indonesia | | | | | | | | |
| Matematika | | | | | | | | |
| Sejarah Indonesia | | | | | | | | |
| Bahasa Inggris | | | | | | | | |
| Seni Budaya | | | | | | | | |
| Penjasorkes | | | | | | | | |
| Prakarya dan Kewirausahaan | | | | | | | | |
| SMK | | | | | | | | |
| Agama dan Budi Pekerti | | | | | | | | |
| PPKn | | | | | | | | |
| B. Indonesia | | | | | | | | |
| Matematika | | | | | | | | |
| Sejarah Indonesia | | | | | | | | |
| Bahasa Inggris | | | | | | | | |
| Seni Budaya | | | | | | | | |
| Penjasorkes | | | | | | | | |
| Prakarya dan Kewirausahaan | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Catatan:

Keterkaitan ditunjukkan dengan memberikan tanda centang (*check*) dengan memperhatikan keterkaitan antara mata plajaran dengan keterampilan kepramukaan.

Selanjutnya, data tentang keterkaitan berdasarkan tabel 1.1 diidentifikasi kompetensi mata pelajaran yang relevan dengan keterampilan kepramukaan seperti ditunjukkan pada tabel 1.2

Tabel 1.2

Identifikasi Kompetensi Dasar Mata Pelajaran yang Relevan dengan Keterampilan Kepramukaan

| Mapel | Keterampilan Kepramukaan | Kompetensi yang Relevan | | | |
|------------------|--------------------------|---|---|---|--|
| | | KD dari KI 1 | KD dari KI 2 | KD dari KI 3 | KD dari KI 3 |
| IPA | Wirausaha | 1.1 Bertambah keimanannya dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam dan jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya, serta mewujudkannya dalam pengamalan ajaran agama yang dianutnya | 2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan inkuiri ilmiah dan berdiskusi | 3.7 Mendeskripsikan hubungan antara sumber daya alam dengan lingkungan, teknologi, dan masyarakat | 4.6 Menyajikan laporan tentang sumber daya alam dan pemanfaatannya oleh masyarakat |
| Bahasa Indonesia | ..... | .... | .... | ... | ...dst. |

3. Pengelolaan dan Pengkoordinasian Ektrakurikuler

Pengelolaan dan pengkoordinasian kegiatan ekstrakurikuler yang dijadikan pendukung pencapaian kompetensi mata pelajaran dirancang melalui tahapan sebagai berikut:

a. Analisis Kompetensi Dasar Mata pelajaran:

Langkah ini dilakukan untuk melinierkan keempat Kompetensi Inti/KI-1, KI-2, KI-3, dan KI-4. Kegiatan ini penting dilakukan agar pembelajaran yang dilaksanakan selaras dengan sikap (spiritual dan sosial), pengetahuan, dan keterampilan. Melalui analisis ini akan terpetakan Kompetensi Dasar/KD-KD tertentu yang memerlukan pengembangan atau aktualisasi lebih lanjut. Aktualisasi pembelajaran tersebut akan diwadahi pada kegiatan ekstrakurikuler. Dengan demikian kegiatan yang berlangsung pada ekstrakurikuler dapat mewadahi kegiatan yang dikembangkan pada intrakurikuler. Kegiatan seperti ini menjadi lebih bermakna karena apa yang dilaksanakan pada kegiatan ekstrakurikuler berhubungan dengan apa yang dilakukan peserta didik pada kegiatan intrakurikuler. Keterpaduan ini penting untuk diperhatikan oleh penyusun program kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler. Contoh hasil analisis kompetensi Mata Pelajaran Biologi kelompok Mata Pelajaran Dasar Bidang Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan dapat dilihat pada tabel 1.3 berikut:

Tabel 1.3 Contoh Analisis Mata Pelajaran Biologi Kelompok Mata Pelajaran Dasar Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan, Kelas X

| No | KD dari KI-1 | KD dari KI-2 | KD dari KI-3 | KD dari KI-4 | Aktualisasi Kegiatan |
|----|---|--|--|--|--|
| 1 | 1.1. Memahami nilai-nilai keimanan dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas | 2.1 Berperilaku ilmiah: teliti, tekun, jujur terhadap data dan fakta, disiplin, tanggung jawab, dan peduli | 3.3 Mengdeskripsikan berbagai tingkat keanekaragaman hayati di Indonesia | 4.3 Melakukan analisis ekologi di lingkungan sekitar | Kegiatan proyek pohon asuh melalui wadah ekstrakurikuler wajib (kepramukaan) |

| No | KD dari KI-1 | KD dari KI-2 | KD dari KI-3 | KD dari KI-4 | Aktualisasi Kegiatan |
|----|--|---|---------------------------|--------------|----------------------|
| | alam terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya. | dalam observasi dan eksperimen, berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi, peduli lingkungan, gotong royong, bekerjasama, cinta damai, berpendapat secara ilmiah dan kritis, responsif dan proaktif dalam dalam setiap tindakan dan dalam melakukan pengamatan dan percobaan di dalam kelas/laboratorium maupun di luar kelas/laboratorium | melalui hasil observasi . | | |

- b. Penyusunan program intrakurikuler dirancang menjadi satu kesatuan dengan kegiatan kokurikuler dan ekstrakurikuler. Kegiatan intrakurikuler yang dilaksanakan melalui pembelajaran di kelas maupun di luar kelas dapat

dioptimalkan dengan memberikan tugas kepada peserta didik melalui kegiatan kokurikuler. Kegiatan ini dilakukan dalam rangka meningkatkan pemahaman terhadap materi yang diberikan pada saat intrakurikuler. Langkah penyusunan program intrakurikuler yang harus dilaksanakan oleh pendidik

Program kegiatan merupakan realisasi hasil analisis kompetensi mata pelajaran. Berdasarkan tabel 3.1 di atas, pembina bersama pelatih ekstrakurikuler dapat menindaklanjuti kegiatan aktualisasi Mata Pelajaran Dasar Bidang Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan Kompetensi Dasar Biologi SMK untuk dijadikan program kegiatan ekstrakurikuler. Kegiatan membuat proyek pohon asuh berdasarkan kesepakatan bersama dengan pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler akan ditetapkan sebagai salah satu program kegiatan ekstrakurikuler wajib model aktualisasi.

Program kegiatan ini tidak menutup kemungkinan dijadikan sebagai proyek bersama dengan mata pelajaran selain Biologi. Kegiatan proyek bersama ini dapat membantu meringankan peserta didik dan pendidik dari aspek waktu atau beban belajar tetapi tanpa meninggalkan tujuan utamanya yaitu menumbuhkan sikap dan keterampilan peserta didik untuk peduli lingkungan (sesuai KD-2.1). Hasil pengembangan kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler ini dapat mewujudkan sekolah yang mampu menghasilkan peserta didik yang mandiri, tangguh, dan berkarakter.

Oleh karena itu pada saat menyusun analisis kompetensi, pengampu mata pelajaran “duduk bersama” dengan para pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler untuk bersama-sama menentukan dan menyepakati kegiatan aktualisasi yang akan diterapkan pada kegiatan ekstrakurikuler. Setelah analisis kompetensi dilakukan oleh pengampu mata pelajaran, maka pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler menindaklanjutinya sebagaimana tercantum pada Permendikbud RI Nomor 62 Tahun 2014 tentang Ekstrakurikuler Pasal 4 Ayat (2), bahwa Pengembangan berbagai bentuk Kegiatan Ekstrakurikuler Pilihan dilakukan melalui tahapan: (a) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (b) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya; (c)

pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (d) penyusunan program Kegiatan Ekstrakurikuler; dan (e) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.

Langkah berikutnya adalah menentukan sumber daya yang diperlukan dalam merealisasikan kegiatan. Atas dasar langkah ini maka disusunlah program kegiatan. Contoh program kegiatan dapat dilihat pada Tabel 1.4 berikut.

Tabel 1.4

Contoh Penyusunan Program

Catatan:

- (1) Proyek Pohon Asuh dapat dilakukan pada kegiatan aktualisasi pada ekstrakurikuler wajib. Apabila sebagai ekstrakurikuler wajib maka kegiatan tersebut tidak digunakan pada ekstrakurikuler pilihan.
- (2) Proyek pohon asuh yang dikembangkan dalam kegiatan ekstrakurikuler dapat digunakan untuk mendukung beberapa mata pelajaran lain seperti mapel Geografi, bahasa Indonesia, dan Bahasa Inggris.
- (3) Kegiatan ini merupakan bagian dari komponen kesiswaan yang dirumuskan pada RKS/RKJM/RKT/RKAS.

c. Pelaksanaan Program

Penjadwalan Kegiatan Ekstrakurikuler dirancang di awal tahun pelajaran oleh guru mata pelajaran dan pembina ekstrakurikuler di bawah bimbingan kepala sekolah/madrasah atau wakil kepala sekolah/madrasah. Jadwal Kegiatan Ekstrakurikuler diatur agar tidak menghambat pelaksanaan kegiatan intra dan kokurikuler.

d. Penilaian dan Evaluasi Program

Pelaksanaan program kegiatan ekstrakurikuler perlu dilakukan penilaian dan evaluasi. Penilaian merupakan salah satu umpan balik untuk mengetahui ketercapaian hasil belajar. Untuk mengetahui pencapaian kompetensi ekstrakurikuler maka diperlukan penilaian. Pada akhir kegiatan ekstrakurikuler perlu diketahui pencapaian kompetensi yang dicapai oleh peserta didik. Penilaian kegiatan ekstrakurikuler menunjukkan kinerja peserta didik dalam bentuk kualitatif dan dilengkapi dengan deskripsi. Kriteria keberhasilan meliputi proses dan pencapaian kompetensi peserta didik dalam kegiatan Ekstrakurikuler.

Peserta didik wajib memperoleh nilai minimal “baik” pada kegiatan ekstrakurikuler pada setiap semesternya. Nilai yang diperoleh pada kegiatan ekstrakurikuler berpengaruh terhadap kenaikan kelas peserta didik. Bagi peserta didik yang belum mencapai nilai minimal perlu mendapat bimbingan terus menerus untuk mencapainya.

Dalam kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan penilaian dengan menggunakan penilaian yang bersifat otentik mencakup penilaian sikap dan keterampilan. Penilaian sikap dengan menggunakan penilaian berdasarkan pengamatan, penilaian diri, penilaian antar teman, dan/atau jurnal. Penilaian keterampilan sebagaimana dimaksud dengan menggunakan penilaian unjuk kerja, proyek, dan portofolio.

Seiring kegiatan ekstrakurikuler sebagai pendukung kegiatan intrakurikuler, maka penilaian pencapaian kompetensi yang diamanatkan dalam KD mata pelajaran dapat diperoleh melalui hasil kerjasama antara guru mata pelajaran dengan pelatih ekstrakurikuler.

Contoh kegiatan ekstrakurikuler berupa proyek Pohon Asuh yang terdapat pada uraian ini, dapat dilaksanakan pada ekstrakurikuler wajib (model aktualisasi) hasil penilaiannya dapat digunakan oleh mata pelajaran Biologi, Geografi, Bahasa Indonesia, dan/atau Bahasa Inggris untuk penilaian keterampilan. Nilai keterampilan tersebut diperoleh dari hasil penggunaan Rubrik Penilaian Proyek. Sedangkan nilai sikap diperoleh dari hasil penggunaan instrumen pengamatan. Nilai yang dituliskan pada rapor berupa sebutan: 1) Sangat Baik/SB, 2) Baik/B, 3) Cukup/C, dan 4) Kurang/K disertai dengan deskripsi yang menggambarkan sikap dan keterampilan kegiatan proyek pohon asuh.

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui keefektifan dan efisiensi pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler termasuk kendala dan masalah serta solusi yang dilakukan dalam pelaksanaan kegiatan tersebut. Dengan evaluasi ini diharapkan akan menjadi bahan pertimbangan dalam memperbaiki pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler agar menjadi lebih baik pada masa mendatang.

Aspek yang dievaluasi terkait dengan pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler meliputi:

- Program kegiatan ekstrakurikuler.
- Silabus kegiatan ekstrakurikuler.
- Rencana pelaksanaan kegiatan.
- Pelaksanaan kegiatan.
- Relevansi materi mata pelajaran dengan kegiatan ekstrakurikuler.

Berdasarkan rentang waktu, evaluasi dapat dilaksanakan dalam rentang per kegiatan, bulanan, atau semester. Dengan evaluasi yang dilakukan secara berkesinambungan akan dapat diambil berbagai langkah tindak lanjut, baik yang terkait dengan perbaikan program, kesinambungan program dan pematapan program.

Penilaian dan evaluasi kegiatan ekstrakurikuler dilakukan untuk mengukur ketercapaian tujuan pada setiap indikator yang telah ditetapkan dalam perencanaan. Satuan pendidikan hendaknya mengevaluasi setiap indikator yang sudah tercapai maupun yang belum tercapai. Berdasarkan hasil evaluasi, satuan pendidikan dapat melakukan perbaikan rencana tindak lanjut untuk siklus kegiatan berikutnya.

Contoh kegiatan ekstrakurikuler pada SMK yang juga memuat tentang panduan pelaksanaan, lembar kerja, sistematika laporan, penilaian adalah sebagai berikut:

Contoh Kegiatan Ekstrakurikuler untuk SMK

Panduan Pelaksanaan Kegiatan Proyek Pohon Asuh

| Tujuan | Indikator |
|--|---|
| 1. Mencapai kompetensi pada aspek keterampilan dalam bentuk proyek | <ul style="list-style-type: none">• Menyusun perencanaan proyek Pohon Asuh• Melaksanakan proyek Pohon Asuh• Menyusun laporan hasil proyek Pohon Asuh |
| 2. Menumbuhkembangkan sikap dan perilaku yang peduli lingkungan | <ul style="list-style-type: none">• Menyirami tanaman• Menyiangi tanaman• Memupuk tanaman• Tidak memetik bagian dari tanaman tanpa alasan tertentu |

Contoh Lembar Kerja Tugas Proyek Pohon Asuh berdasarkan hasil analisis

Tabel 3.1.

| | |
|--|--|
| LEMBAR KERJA | |
| MATA PELAJARAN | : BIOLOGI |
| (Dasar Bidang Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan) | |
| KELAS | : X |
| TUGAS PROYEK | : POHON ASUH |
| TUJUAN | : MENJAGA KEBERLANGSUNGAN HIDUP POHON |
| KOMPETENSI DASAR: | |
| 1.1 Memahami nilai-nilai keimanan dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya.. | |
| 2.1 Berperilaku ilmiah: teliti, tekun, jujur terhadap data dan fakta, disiplin, tanggung jawab, dan peduli dalam observasi dan eksperimen, berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi, peduli lingkungan, gotong royong, bekerjasama, cinta damai, berpendapat secara ilmiah dan kritis, responsif dan proaktif dalam dalam setiap tindakan dan dalam melakukan pengamatan dan percobaan di dalam kelas/laboratorium maupun di luar kelas/laboratorium | |
| 3.3 Mengdeskripsikan berbagai tingkat keanekaragaman hayati di Indonesia melalui hasil obesrvasi. | |
| 4.3 Melakukan analisis ekologi di lingkungan sekitar. | |
| PERENCANAAN PROYEK | |
| Lakukan prosedur kerja untuk persiapan penyelesaian proyek ini: | |
| 1. Mempelajari berbagai literatur yang berhubungan dengan keanekaragaman hayati (gen, jenis, dan ekosistem) | |
| 2. Menentukan lahan/lokasi proyek Pohon Asuh | |
| 3. Menyediakan pohon yang akan digunakan dalam proyek | |
| 4. Menentukan data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. | |
| 5. Menyiapkan peralatan yang digunakan untuk menggali data yang diperlukan (instrument/Lembar Kerja/camera/alat tulis, dll.). | |
| 6. Selesaikan proyek ini selama ....minggu/bulan. | |
| 7. Buatlah jadwal rencana kegiatan untuk pengamatan, penggalian dan pengolahan data, serta pelaporan. | |
| 8. Lakukan bersama kelompok, jika mengalami kesulitan konsultasikan dengan Pembina/Pelatih/Guru | |

PELAKSANAAN PROYEK

1. Lakukan penempatan/penanaman pohon di lahan langsung, pot, polybag, atau pot gantung.
2. Rawat tanaman secara teratur dengan cara menyiram, menyiangi, memberi pupuk, dan menjaga seluruh bagian tanaman dari kerusakan.
3. Gali informasi/data tentang kondisi tanaman secara berkala dengan bantuan peralatan, instrumen/tabel/camera/alat tulis, dll.
4. Informasi/data yang telah diperoleh diolah dan dianalisis.
5. Buat simpulan atas kegiatan dan hasil yang diperoleh.

PELAPORAN HASIL PROYEK

1. Tulis berbagai kegiatan yang kalian telah lakukan mulai dari perencanaan hingga pelaksanaan proyek.
2. Lengkapi laporan hasil proyek dengan gambar-gambar yang kalian peroleh di lapangan untuk memperkuat bukti.
3. Gunakan sistematika berikut untuk memandu kalian dalam menuliskan deskripsi laporan hasil proyek.

Contoh Sistematika Laporan Proyek Pohon Asuh

| | |
|--|--|
| SISTEMATIKA LAPORAN PROYEK | |
| MATA PELAJARAN : | BIOLOGI |
| (Dasar Bidang Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan) | |
| KELAS : | X |
| TUGAS PROYEK : | POHON ASUH |
| TUJUAN : | MENJAGA KEBERLANGSUNGAN HIDUP POHON |
| A. PERENCANAAN PROYEK: | |
| 1. Prosedur kerja | |
| 2. Peralatan yang digunakan | |
| 3. Penjadwalan | |
| B. PELAKSANAAN PROYEK: | |
| 1. Kegiatan perawatan pohon (menyiram, menyiangi, memberi pupuk, melindungi tanaman dari kerusakan). | |
| 2. Kegiatan observasi dan penggalan Data | |
| 3. Pengolahan dan Analisis Data | |
| 4. Masalah dan pemecahannya | |
| 5. Membuat gambar kondisi Pohon Asuh setelah mendapat perawatan | |
| C. HASIL PROYEK: | |
| Produk: Pohon Asuh yang terawat dan gambar kondisi Pohon Asuh | |
| D. SIMPULAN DAN REKOMENDASI | |
| E. DAFTAR PUSTAKA | |

Contoh Rubrik Penilaian Proyek

Nama Siswa/Kelompok :

Judul Proyek : Pohon Asuh

Tujuan : Menjaga keberlangsungan hidup pohon.

| Aspek yang dinilai | Skor | | | |
|--|----------------------------------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Perencanaan | | | | |
| mempersiapkan prosedur kerja: | | | | |
| Menentukan data yang akan digali | | | | |
| Mempersiapkan peralatan (instrumen/Lembar Kerja/kamera/alat tulis) | | | | |
| Penyusunan jadwal kegiatan proyek | | | | |
| 2. Pelaksanaan | | | | |
| Menanam | | | | |
| Menyirami | | | | |
| Menyiangi | | | | |
| Memberi pupuk | | | | |
| Menjaga tanaman dari kerusakan | | | | |
| Penggalian data | | | | |
| Pengolahan data | | | | |
| Analisis data | | | | |
| Pemecahan Masalah | | | | |
| Pembuatan Produk/gambar kondisi Pohon Asuh | | | | |
| 3. pelaporan | | | | |
| Men deskripsikan semua proses kegiatan yang telah dilakukan | | | | |
| Didukung data hasil pengamatan, penggalian data, dan pengolahan. | | | | |
| Penulisan laporan secara sistematis | | | | |
| Menggunakan kaidah penulisan bahasa Indonesia yang baik dan benar. | | | | |
| Komentar: | | | | |

Catatan:

1. Pembina/Pelatih/Guru mengembangkan kriteria skor 4, 3, 2, 1.
2. Kegiatan ini dapat digunakan sebagai model pembelajaran berbasis proyek pada kegiatan intrakurikuler.

Contoh Pengamatan Sikap Peduli Lingkungan dalam Kegiatan Proyek Pohon Asuh

| No | Nama Peserta Didik | Indikator yang dinilai | | | | Skor yang diperoleh | Nilai |
|----|--------------------|------------------------|-----------|---------|---------------|---------------------|-------|
| | | Menyirami | Menyiangi | Memupuk | Mengembangkan | | |
| 1 | IGO | Y | Y | Y | Y | 4 | S |
| 2 | ENGGI | Y | Y | Y | - | 3 | B |
| 3 | DIONI | Y | Y | - | - | 2 | B |
| 4 | AHMATO | Y | - | - | - | 1 | C |
| 5 | JENG SINTA | - | - | - | - | 0 | K |

Keterangan:

- a. Nilai yang diperoleh dari kegiatan ini sebagai nilai kegiatan ekstartrikuler wajib, dan dilaporkan kepada guru mata pelajaran untuk memberikan nilai sikap peduli lingkungan, dan juga dapat dimanfaatkan oleh mata pelajaran lain yang bergabung dalam proyek pohon asuh, selain mata pelajaran biologi.
- b. Kriteria Nilai sebagai berikut: a) Skor <2: Kurang/K, b) Skor 2: Cukup/C, c) Skor 3: Baik/B, d) Skor 5: Sangat Baik/SB

e. Pelaporan

Laporan mempunyai peranan yang penting dalam pelaksanaan program kegiatan ekstrakurikuler karena dalam pelaksanaan kegiatan hubungan antara guru pembina ekstrakurikuler dengan guru mata pelajaran merupakan bagian dari keberhasilan pelaksanaan kegiatan tersebut. Agar laporan itu efektif dan komunikatif maka penyusunan laporan minimal harus mencakupi aspek latar belakang, tujuan, sasaran, hasil yang diharapkan, program kegiatan, pelaksanaan, masalah dan solusi pemecahan masalah, serta simpulan.

f. Tindak Lanjut

Tindak lanjut merupakan komponen penting dalam siklus pelaksanaan suatu program. Pada akhir pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler ini diperlukan tindak lanjut untuk menentukan langkah berikutnya yang akan dilakukan. Tindak lanjut hasil evaluasi program kegiatan ekstrakurikuler dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi hasil laporan kegiatan ekstrakurikuler diantaranya kelengkapan Pembina/pelatih ekstrakurikuler yang berupa:

- Program kegiatan ekstrakurikuler
- Silabus materi kegiatan ekstrakurikuler
- Rencana pelaksanaan kegiatan
- Pelaksanaan kegiatan
- Penilaian hasil kegiatan
- Hasil evaluasi

Berdasarkan hasil evaluasi program kegiatan ekstrakurikuler yang telah dilakukan maka tindak lanjut berikutnya dapat berupa:

- Perbaikan program, jika memang ternyata tujuan yang telah ditentukan belum tercapai. Maka program kegiatan ekstrakurikuler tersebut perlu dirancang ulang untuk memperbaiki program berikutnya.
- Pemantapan program, jika program kegiatan ekstrakurikuler yang diprogramkan itu dapat dilaksanakan sesuai dengan yang telah direncanakan.

- Penyusunan program ekstrakurikuler untuk tahun berikutnya berdasarkan hasil evaluasi.

g. Aktivitas Pembelajaran

Secara umum aktivitas pembelajaran pada materi pengembangan ekstrakurikuler untuk aktualisasi diri peserta didik, diawali dengan **kegiatan persiapan**:

Kegiatan ini dilaksanakan untuk mempersiapkan sarana pendukung kegiatan pembelajaran di kelas sekaligus perkenalan dengan fasilitator di kelas.

Kegiatan pendahuluan:

Kegiatan ini untuk memberikan motivasi dan apersepsi/pengkondisian implementasi kurikulum serta penyampaian tujuan pembelajaran, dll.

Kegiatan inti:

Kegiatan inti dilaksanakan mengikuti urutan pembelajaran saintifik, meliputi aktivitas pembelajaran 1, membahas materi perbedaan dan keterkaitan antara kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler, dan kegiatan pembelajaran 2 membahas pengelolaan dan pengkoordinasian kegiatan ekstarkurikuler.

Kegiatan Penutup:

Kegiatan ini untuk merangkum hasil pembelajaran, refleksi dan umpan balik, dan tindak lanjut.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran 1 adalah sebagai berikut:

1. Pada pembelajaran mata latihan pengembangan ekstrakurikuler untuk aktualisasi diri peserta didik, aktivitas peserta didik mempelajari 2 sub materi latihan yang dikemas pada kegiatan pembelajaran 1 dan 2, yaitu (1) materi perbedaan dan keterkaitan antara kegiatan Ekstrakurikuler dan Intrakurikuler, dan (2) materi pengelolaan dan pengkoordinasian kegiatan ekstrakurikuler.
2. Waktu yang tersedia untuk mempelajari kegiatan pembelajaran pengembangan ekstrakurikuler untuk aktualisasi diri disesuaikan dengan struktur program pendidikan dan pelatihan di PPPPTK BMTI, terdiri dari: kegiatan persiapan pembelajaran, kegiatan pendahuluan, kegiatan inti meliputi kegiatan pembelajaran 1 dan kegiatan pembelajaran 2, dan kegiatan penutup.
3. Selama mengikuti pembelajaran, Anda perlu berkonsentrasi, bekerja secara mandiri dan bekerja kelompok, serta menyiapkan bahan bacaan yang bersumber dari uraian materi pada buku ini, diantaranya:
 - a. Permendikbud Nomor 65 Tahun 2013 tentang Standar Proses.
 - b. Permendikbud Nomor 57 tentang kurikulum 57 Tahun 2014 tentang kurikulum 2013 SD/MI.
 - c. Permendikbud Nomor 58 tentang kurikulum 2013 SMP/Mts.
 - d. Permendikbud Nomor 59 tentang kurikulum 2013 SMA/MA
 - e. Permendikbud Nomor 60 tentang Kurikulum 2013 SMK/MAK.
 - f. Permendikbud Nomor 62 Tahun 2014 tentang Ekstrakurikuler.
 - g. Permendikbud Nomor 63 Tahun 2014 tentang Kepramukaan.
 - h. Permendikbud Nomor 103 Tahun 2014 tentang Pembelajaran.
 - i. Permendikbud Nomor 104 Tahun 2014 tentang Penilaian.
4. Penyusunan program intrakurikuler dirancang menjadi satu kesatuan dengan kegiatan kokurikuler dan ekstrakurikuler. Kegiatan intrakurikuler yang dilaksanakan melalui pembelajaran di kelas maupun di luar kelas dapat dioptimalkan dengan memberikan tugas kepada peserta didik melalui kegiatan kokurikuler. Kegiatan ini dilakukan dalam rangka meningkatkan pemahaman terhadap materi yang diberikan pada saat intrakurikuler.

5. Kegiatan pembelajaran perlu dibantu oleh pengurus kelas. Oleh karena itu Anda pilih satu orang sebagai ketua kelas, satu orang sebagai wakil, dan satu orang sekretaris. Apabila ada kegiatan kelompok, maka setiap kelompok memilih ketua dan sekretaris kelompok. Ketua kelas dan wakil bertugas mengkoordinasikan kegiatan pelatihan dari awal hingga akhir termasuk pengumpulan tugas-tugas, sedangkan sekretaris kelas mengatur notula kegiatan baik kegiatan kelas maupun kegiatan di masing-masing kelompok. Semua tugas dan notula dari awal hingga akhir kegiatan diserahkan kepada fasilitator di kelas pada hari terakhir pelatihan (sebelum kegiatan penutupan).
6. Pada kegiatan pembelajaran satu Anda akan melaksanakan pembelajaran yang urutannya mengikuti alur saintifik sebagai berikut:
 - a. Amati dan simaklah gambar/foto kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler secara individu melalui layar LCD di kelas.
 - b. Carilah informasi tentang perbedaan dan keterkaitan kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler dari bacaan uraian materi kegiatan pembelajaran 1.
 - c. Bekerjalah dalam kelompok, masing-masing kelompok beranggotakan 5 orang.
 - d. Diskusikan dalam kelompok hasil pengamatan yang diperoleh dan tentukan fakta-fakta yang mendukung masalah yang dianalisis, kemudian tuliskan pada kertas plano.
 - e. Komunikasikan data hasil diskusi kelompok yang telah dideskripsikan pada kertas plano (model penyajian di kertas plano diserahkan kepada kreativitas kelompok).
 - f. Tempelkan kertas plano di dinding tembok kelas, kemudian secara bergantian masing-masing kelompok membaca hasil kerja kelompok lain, sekaligus memberikan masukan secara tertulis di kertas yang telah tersedia, jangan lupa setiap masukan harus diberi identitas nama dan asal kelompok.
 - g. Diskusikan dalam kelompok untuk membandingkan fakta-fakta hasil pengamatan pada kelompok lain dengan hasil kerja kelompoknya sendiri.
 - h. Kumpulkan hasil kerja tersebut kepada fasilitator melalui ketua kelas, jangan lupa memberi identitas kelompok dilengkapi dengan nama anggota.

Pertanyaan diskusi:

LK. 01

Bagaimana hasil analisis Anda tentang konsep, prinsip, manfaat dan langkah-langkah kegiatan intrakurikuler dan kegiatan ekstrakurikuler berdasarkan informasi yang telah Anda dapatkan?

LK. 02

Bagaimanakah keterkaitan antara kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler? Berikan contoh konkret berdasarkan pengalaman Anda atau berdasarkan informasi yang telah Anda dapatkan dari sumber bacaan!

- i. Di akhir kegiatan pembelajaran sub materi satu Anda akan mengomunikasikan hasil kerja kelompok pada kertas plano yang di tempel di dinding untuk diketahui dan diperbaiki oleh kelompok lain yang nantinya akan digunakan sebagai kesimpulan bersama.

Aktivitas pembelajaran 2 adalah sebagai berikut:

Pada kegiatan pembelajaran dua Anda akan melaksanakan pembelajaran yang urutannya mengikuti alur saintifik, akan tetapi setelah Anda menggali informasi Anda akan diminta bermain peran, yaitu memerankan komponen sekolah (KS, Wakasis, Pembina/Pelatih Ekstrakurikuler, dan Guru Mapel) dalam mengelola dan mengkoordinasikan kegiatan ekstrakurikuler. Langkah yang harus dilakukan pada aktivitas pembelajaran kedua ini adalah sebagai berikut:

1. Amati dan simaklah tayangan video kegiatan ekstrakurikuler secara individu melalui layar LCD di kelas.
2. Carilah informasi tentang pengelolaan dan pengkoordinasian kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler dari bacaan uraian materi pada bahan ajar ini atau dari sumber lain.
3. Lakukan kegiatan bermain peran untuk mensimulasikan seorang Kepala Sekolah sedang mengelola dan mengkoordinasikan kegiatan ekstrakurikuler mulai dari kegiatan identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik berdasarkan proses analisis kompetensi mata pelajaran, analisis sumber daya yang diperlukan, menyusun program ekstrakurikuler, melaksanakan program, menilai dan mengevaluasi, melaporkan, hingga tindak lanjut kegiatan ekstrakurikuler, dengan langkah sebagai berikut:
 - a. Pilihlah masing-masing satu orang untuk berperan sebagai:
 - Kepala Sekolah/KS.
 - Wakil Kepala Sekolah urusan Kesiswaan/Wakasis
 - Pembina/pelatih ekstrakurikuler/Pembina ekskul
 - Pelatih ekstrakurikuler/pelatih ekskul
 - b. Peserta yang tidak berperan sebagai tersebut di atas, berperanlah sebagai guru, kemudian bagilah menjadi 5 jenis rumpun mata pelajaran yang berbeda.
 - c. Peserta yang berperan sebagai Kepala Sekolah mengatur kegiatan penyusunan program kegiatan ekstrakurikuler dengan langkah sebagai berikut:
 - Guru mapel (ada 5 rumpun mapel) diminta melakukan analisis kompetensi mata pelajaran, kemudian hasilnya dituangkan ke dalam Format 1.

Program Kegiatan

| Program Ekstrakurikuler | Nama Kegiatan | Rasional | Tujuan | Deskripsi kegiatan | Pengelolaan | | | | Evaluasi |
|-------------------------|---------------|----------|--------|--------------------|-------------|------------|---------|-----------|----------|
| | | | | | Waktu | Alat/Bahan | Penjaja | Pendanaan | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

- a. Di akhir kegiatan pembelajaran dua yang berperan sebagai KS, Wakasis, Pembina/Pelatih Eksktrakurikuler, dan Guru Mapel akan mengomunikasikan hasil kerja tim agar dapat diketahui oleh semua peserta.
- b. Tagihan yang harus Anda penuhi pada aktivitas pembelajaran dua adalah: hasil kerja kelompok yang dituliskan pada format LK. 03 dan LK. 04.
- c. Setelah Anda mengikuti seluruh rangkaian kegiatan pembelajaran, diharapkan secara jujur Anda dapat menjawab pertanyaan sebagai berikut:
 - 1) Bagaimana kebermanfaatan kegiatan ekstrakurikuler terhadap pencapaian kompetensi yang diamanatkan dalam program intrakurikuler?
 - 2) Bagaimana pendapat Anda terhadap program intrakurikuler dan ekstrakurikuler?
 - 3) Bagaimana peran pembina, guru, dan pelatih pada kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler?
 - 4) Bagaimana pendapat Anda tentang kesulitan dalam menyusun dan mengkoordinasikan program intrakurikuler dan ekstrakurikuler?

E. Rangkuman

1. Intrakurikuler merupakan kegiatan pengembangan diri yang dilaksanakan melalui kegiatan proses belajar mengajar yang merupakan inti dari proses yang terjadi di sekolah sebagai lembaga formal. Kegiatan ini dapat terjadi secara berkesinambungan antara konsep pembelajaran yang dilaksanakan di dalam kelas dan di luar kelas berdasarkan penerapan kurikulum yang dilaksanakan oleh satuan pendidikan.
2. Kegiatan intrakurikuler wajib diikuti oleh peserta didik, bersifat mengikat, dilaksanakan dengan jadwal dan waktu yang jelas, dilaksanakan terus menerus sesuai kalender akademik. Sasaran dan tujuan intrakurikuler adalah menumbuhkan kemampuan akademik peserta didik, dimana kegiatannya berada di bawah tanggungjawab guru mapel atau guru kelas.

3. Intrakurikuler dilakukan sekolah secara teratur, jelas, dan terjadwal. Kegiatan ini dikelola secara sistematis yang merupakan program utama dalam proses mendidik peserta didik. Intrakurikuler, kokurikuler, dan kegiatan ekstrakurikuler merupakan kegiatan kurikulum pada satuan pendidikan yang saling terkait satu dengan yang lain, dalam rangka mencapai mutu satuan pendidikan. Kegiatan kokurikuler adalah kegiatan kurikuler yang mendukung kegiatan intrakurikuler berupa tugas-tugas pendukung pembelajaran.
4. Kegiatan Ekstrakurikuler dapat memfasilitasi bakat, minat, dan kreativitas peserta didik yang berbeda-beda, dimana kegiatannya berada dibawah tanggungjawab pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler.
5. Kegiatan ekstrakurikuler meliputi ekstrakurikuler wajib dan ekstrakurikuler pilihan. Kegiatan ekstrakurikuler wajib berupa kepramukaan. Ada tiga macam model pelaksanaan kepramukaan, yaitu sistem blok, aktualisasi, dan reguler.
6. Ekstrakurikuler wajib adalah program ekstrakurikuler yang harus diikuti oleh seluruh peserta didik, terkecuali bagi Peserta Didik dengan kondisi tertentu yang tidak memungkinkan untuk mengikuti kegiatan Ekstrakurikuler tersebut.
7. Penyusunan program intrakurikuler dirancangan menjadi satu kesatuan dengan kegiatan kokurikuler dan ekstrakurikuler. Kegiatan ini dilakukan dalam rangka meningkatkan penguasaan terhadap kompetensi yang diamanatkan dalam intrakurikuler.
8. Langkah penyusunan program intrakurikuler yang harus dilalui oleh pendidik adalah dengan melakukan analisis kompetensi mata pelajaran. Melalui analisis ini akan terpetakan Kompetensi Dasar tertentu yang memerlukan pengembangan atau aktualisasi lebih lanjut. Aktualisasi dari pembelajaran tersebut akan diwadahi pada kegiatan ekstrakurikuler.
9. Pelaksanaan Program Kegiatan Ekstrakurikuler yang telah disusun perlu dilakukan penilaian, evaluasi, laporan, dan rencana tindak lanjut.

F. Tes Formatif

Petunjuk:

- Kerjakan soal berikut ini dengan cermat
- Pilih salah satu jawaban yang paling tepat

Soal:

1. Peserta didik merupakan anggota masyarakat yang dipandang perlu mendapatkan layanan pendidikan agar dapat tumbuh menjadi individu berkualitas dalam dimensi sikap, pengetahuan, maupun keterampilan. Pada pernyataan manakah kegiatan yang mendukung bahwa satuan pendidikan perlu mengoptimalkan pembentukan sikap dan keterampilan?
 - A. Pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa.
 - B. Pendidikan bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab.
 - C. Setiap pendidikan harus dapat memerankan fungsinya membentuk individu berkualitas dalam dimensi sikap, pengetahuan, maupun keterampilan seiring dengan tuntutan jaman.
 - D. Setiap satuan pendidikan wajib mengembangkan kegiatan untuk mewadahi potensi peserta didik sebagaimana tercantum pada Permendikbud Nomor 62 Tahun 2014 tentang Kegiatan Ekstrakurikuler pada Pendidikan Dasar dan Menengah dan Permendikbud Nomor 63 Tahun 2014 tentang Pendidikan Kepramukaan.
2. Berikut adalah pernyataan yang kurang tepat berkaitan dengan intrakurikuler, kokurikuler, dan ekstrakurikuler.

- A. Intrakurikuler merupakan kegiatan pengembangan diri yang dilaksanakan melalui kegiatan proses belajar mengajar yang merupakan inti dari proses yang terjadi di sekolah sebagai lembaga formal.
 - B. Antara intrakurikuler, kokurikuler, dan ekstrakurikuler belum tentu ada keterkaitan atau belum tentu dapat dikaitkan satu dengan lainnya.
 - C. Agar supaya peserta didik memahami dan mendalami materi yang dipelajari pada kegiatan intrakurikuler maka diperlukan kegiatan kokurikuler, kegiatan kokurikuler ini dapat berupa tugas-tugas yang mendukung pembelajarannya.
 - D. Ekstrakurikuler dilaksanakan diluar intrakurikuler, kegiatan ekstrakurikuler terdiri atas kegiatan ekstrakurikuler wajib dan pilihan, waktu pelaksanaan, sasaran dan program, teknis pelaksanaan, evaluasi dan kriteria keberhasilan berbeda dengan kegiatan intrakurikuler.
3. Pernyataan berikut berkaitan dengan karakteristik untuk mengetahui perbedaan intrakurikuler dengan ekstrakurikuler, kecuali:
- A. Kegiatan intrakurikuler wajib diikuti oleh peserta didik, bersifat mengikat, dilaksanakan dengan jadwal dan waktu yang jelas, dilaksanakan terus menerus sesuai kalender akademik.
 - B. Sasaran dan tujuan intrakurikuler adalah menumbuhkan kemampuan akademik peserta didik, dimana kegiatannya berada dibawah tanggungjawab guru mata pelajaran atau guru kelas, keberhasilan peserta didik dalam menguasai kompetensi disesuaikan dengan kurikulum yang diberlakukan oleh sekolah, dan dinilai dengan menggunakan tes dan non tes.
 - C. Kegiatan ekstrakurikuler wajib tidak harus diikuti oleh peserta didik, bersifat mengikat, dilaksanakan dengan jadwal dan waktu yang jelas, dilaksanakan terus menerus.
 - D. Ekstrakurikuler pilihan disesuaikan dengan bakat dan minat peserta didik. Sasaran dan tujuan ekstrakurikuler adalah menemukan dan mengembangkan potensi peserta didik, serta memberikan manfaat sosial yang besar dalam mengembangkan kemampuan berkomunikasi, bekerja sama dengan orang lain.

4. Pengembangan berbagai bentuk kegiatan ekstrakurikuler pilihan dapat dilakukan melalui tahapan sebagai berikut. Manakah langkah yang tepat?
- A. (a) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya (b); identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (c) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (d) penyusunan program kegiatan ekstrakurikuler; dan (e) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.
 - B. (a) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (b) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya; (c) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (d) penyusunan program kegiatan ekstrakurikuler; dan (e) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.
 - C. (a) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya; (b) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (c) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (d) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan, dan (e) penyusunan program Kegiatan ekstrakurikuler.
 - D. (a) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (b) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (c) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya; (d) penyusunan program kegiatan ekstrakurikuler; dan (e) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.
5. Kegiatan ekstrakurikuler pada satuan pendidikan dikembangkan dengan menggunakan prinsip berikut:
- A. Partisipasi aktif yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan peserta didik dan orang tua peserta didik secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan menyenangkan yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik.

- B. Partisipasi aktif yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan peserta didik secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan menyenangkan yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik dan segenap warga sekolah.
- C. Partisipasi aktif yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan seluruh *stakeholder* secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan menyenangkan yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik.
- D. Partisipasi aktif yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan peserta didik secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan menyenangkan yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik.

G. Kunci Jawaban

1. D

2. B

3. C

4. B

5. D

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : KESELAMATAN KERJA DALAM PENGELASAN GAS METAL ARC WELDING/GMAW DAN/ATAU FLUX CORE ARC WELDING/FCAW)

A. Tujuan

Setelah anda menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, diharapkan anda memiliki kemampuan dalam menerapkan prinsip-prinsip serta prosedur Kesehatan dan Keselamatan kerja (K3) dalam proses pengelasan dengan menggunakan Las *Busur Gas Metal* (Gas Metal Arc Welding/GMAW) dengan tepat.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Spesifikasi kompetensi atau kinerja yang harus anda kuasai setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini adalah:

1. Menjelaskan tentang tujuan diterapkannya prinsip-prinsip kesehatan dan keselamatan kerja di tempat kerja.
2. Menjelaskan jenis-jenis kecelakaan yang dapat dialami seorang pekerja pada saat bekerja.
3. Menyebutkan jenis-jenis gangguan kesehatan yang dapat terjadi pada proses pengelasan dengan menggunakan las GMAW.
4. Mendeskripsikan jenis-jenis faktor penyebab kecelakaan kerja pada saat melakukan proses pengelasan dengan las GMAW.
5. Menyebutkan jenis-jenis alat perlindungan diri (APD) yang harus digunakan pada saat melakukan proses pengelasan dengan las GMAW.
6. Menjelaskan fungsi dari setiap jenis APD yang harus digunakan pada saat melakukan proses pengelasan dengan las GMAW.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1: Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di Tempat Kerja

Keselamatan kerja adalah keselamatan yang berkaitan dengan orang, mesin, pesawat, alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan. Keselamatan kerja adalah tugas semua orang yang bekerja, sehingga keselamatan kerja adalah dari, oleh dan untuk setiap tenaga kerja serta orang lain, dan juga masyarakat serta lingkungan sekitarnya.

Keselamatan kerja di lingkungan kerja dimaksudkan untuk:

1. Melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi serta produktivitas nasional;
2. Menjamin keselamatan setiap orang yang ada di tempat kerja;
3. Menjamin keselamatan kerja setiap apa yang ada di tempat kerja;
4. Menggunakan dan memelihara sumber produksi secara aman dan efisien.

Keselamatan kerja dimaksudkan untuk mencegah terjadinya kecelakaan di tempat kerja. Kecelakaan adalah kejadian yang tak terduga dan tidak diharapkan yang dapat menimbulkan cedera fisik seseorang bahkan fatal sampai menyebabkan kematian atau cacat seumur hidup serta menyebabkan kerusakan pada harta benda, kehilangan rasa percaya diri, dan kehilangan kegiatan lain seperti olah raga dan lain-lain. Kecelakaan terjadi akibat kontak dengan sumber energi yang melebihi nilai ambang batas dari badan. Ada dua hal yang terkait dengan kecelakaan, yaitu: (a) kecelakaan adalah akibat langsung dari pekerjaan, atau (b) kecelakaan terjadi pada saat pekerjaan sedang dilaksanakan. Kecelakaan ditempat kerja dapat terjadi akibat adanya kegiatan atau tindakan yang tidak aman (berbahaya) dan kondisi yang tidak aman (berbahaya). Kegiatan atau tindakan yang tidak aman dimaksudkan bahwa segala aktivitas atau tindakan yang dilakukan seseorang yang bekerja merupakan aktivitas yang dapat menyebabkan bahaya atau kecelakaan. Kegiatan atau tindakan tersebut dapat berupa: (a) tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) yang standar seperti helm las, sarung tangan, sepatu keamanan, dan pakaian kerja; (b) melakukan tindakan ceroboh/tidak sesuai dengan prosedur kerja yang berlaku pada bidang pengelasan, dan (c) kesiapan mental dan fisik yang belum

optimal untuk melaksanakan pekerjaan. Adapun kondisi yang tidak aman (berbahaya), adalah kondisi dimana pada saat melaksanakan pekerjaan, kondisi disekitarnya tidak dalam keadaan aman. Kondisi tersebut diantaranya berupa: (a) lokasi kerja yang kotor dan kumuh, (b) penempatan pekerja yang tidak terencana dengan baik sehingga terjadi penumpukan pekerja pada suatu tempat yang sangat berpotensi untuk terjadinya bahaya, (c) fasilitas atau sarana kerja yang tidak memenuhi standar minimal, dan (d) terjadinya polusi atau pencemaran di tempat kerja.

Kecelakaan yang terjadi akibat kerja, akan membawa kerugian, baik pada orang yang bekerja itu sendiri maupun kepada perusahaan dimana yang bersangkutan bekerja. Kerugian yang akan dialami akibat kecelakaan kerja, diantaranya adalah: 1) kerusakan, 2) kekacauan organisasi, 3) keluhan dan kesedihan, 4) kelainan dan cacat, dan 5) kematian. Kecelakaan akibat kerja dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis kecelakaan, penyebab terjadinya kecelakaan, sifat luka atau kelainan, dan letak luka atau kelainan dalam tubuh. Agar kerugian akibat kecelakaan tidak terjadi, maka perlu dilakukan upaya-upaya pencegahan melalui beberapa aktivitas yang diantaranya berupa: (1) peraturan perundang-undangan; (2) standarisasi; (3) pengawasan; (4) penelitian bersifat teknik; (5) Riset Medis; (6) riset psikologis; (7) pendidikan dan latihan; (8) asuransi; dan (9) usaha keselamatan pada tingkat perusahaan.

Bahan Bacaan 2 : Bahaya-bahaya dalam Pengelasan dan Pencegahannya

Proses pengelasan dengan menggunakan proses las GMAW, merupakan salah satu jenis pekerjaan yang berpotensi menyebabkan terjadinya gangguan terhadap kesehatan. Beberapa faktor yang dipandang dapat menyebabkan gangguan kesehatan atau kecelakaan pada saat melaksanakan proses pengelasan dengan menggunakan las GMAW adalah dapat berasal dari manusia yang dalam hal ini adalah operator atau teknisi las itu sendiri, mesin dan peralatan las, maupun lingkungan tempat kerja. Kesehatan dan keselamatan kerja pada proses pengelasan, khususnya pengelasan GMAW, diarahkan dalam upaya untuk mencegah kecelakaan yang diakibatkan oleh berbagai sumber, seperti cahaya dan sinar, gas dalam asap las, percikan api dan terak las terhadap juru las atau operator las, serta kejutan listrik.

1. Kecelakaan Akibat Cahaya dan Upaya Pencegahannya

Selama proses pengelasan dengan las GMAW, akan timbul cahaya dan sinar yang dapat membahayakan operator las dan pekerja lain yang ada disekitar area pengelasan. Sinar dan cahaya tersebut dapat berupa sinar dan cahaya yang dapat dilihat (sinar tampak), dan yang tidak dapat dilihat (sinar ultraviolet dan sinar infra merah). Ketiga jenis sinar tersebut menimbulkan efek bagi kesehatan seperti dalam tabel berikut

Tabel 2.1 | **Efek Sinar Terhadap Kesehatan**

| No. | Jenis Sinar | Efek Bagi Kesehatan |
|-----|--|--|
| 1. | Cahaya yang dapat dilihat/sinar tampak | Menyebabkan mata cepat lelah dan apabila terlalu lama matka akan terasa sakit meskipun hanya bersifat sementara, karena setelah diistirahatkan beberapa waktu akan kembali seperti biasa.. |
| 2. | Sinar Ultraviolet | Menyebabkan rasa sakit pada mata selama 6 samai 24 jam dan baru akan hilang setelah 24 jam, apabila sinar yang diserap oleh lensa dan kornea mata melebihi batas ambang yang dizinkan |
| 3. | Sinar Inframerah | Menyebabkan terjadinya pembengkakan pada kelopak mata, terjadinya penyakit kornea, prespobia yang terlalu dini dan yang paling bahaya adalah terjadinya kerabunan |

Upaya untuk mencegah terjadinya kecelakaan akibat sinar dan cahaya dapat dilakukan dengan cara:

- a. Memakai pelindung mata dan muka ketika mengelas, yaitu kedok atau helm las yang dilengkapi dengan kaca penyaring (filter) dengan ukuran atau tingkat kegelapan yang sesuai. Filter ini digunakan untuk menghilangkan dan menyaring

sinar infra merah dan ultra violet. Selain itu, dapat juga digunakan kedok jenis *Auto-Darkening Helmet*.

Dasar pertimbangan yang digunakan dalam memilih kaca penyangar adalah ukuran diameter elektroda dan besarnya arus yang digunakan serta tebal material yang akan di las. Berikut ini adalah tabel tentang panduan dalam pemilihan kaca penyangar.

Tabel 2.2 Panduan Penggunaan Kaca Penyangar Berdasarkan CSA W117.2

| Arus yang Digunakan (Ampere) | Tingkat kegelapan Kaca Penyangar (Minimal) | Tingkat kegelapan Kaca Penyangar (yang dianjurkan) |
|------------------------------|--|--|
| < 60 | 7 | - |
| 60 < I < 160 | 10 | 11 |
| 160 < I < 250 | 10 | 12 |
| 250 < I < 500 | 10 | 14 |

Sumber: <http://www.ccohs.ca>

Filter ini dilapisi oleh kaca bening atau kaca plastik yang ditempatkan di sebelah luar dan dalam yang tujuannya untuk melindungi filter dari percikan-percikan las. Berikut ini adalah contoh jenis helm las untuk melakukan pengelasan dengan las GMAW yang dilengkapi dengan kaca penyangar (filter)

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

2. Kecelakaan Akibat Debu dan Asap Las

Debu dan asap las dapat terdiri atas jenis debu eternit dan hidrogen rendah yang besarnya berkisar antara 0,2 μm sampai dengan 3 μm . Mengingat ukurannya yang kecil, tidak mengherankan apabila debu tersebut dapat dengan mudah terhisap oleh kita melalui saluran pernapasan dan masuk ke dalam paru-paru, sehinggadapat menyebabkan penyakit pernapasan seperti sesak napas, dan sebagainya. Oleh karena itu, masalah debu dan asap ini harus ditangani dengan seksama.

Asap pada pengelasan terjadi akibat proses penguapan logam yang mancair baik logam dasar maupun elektroda. Asap yang timbul dari proses pengelasan adalah asap yang berisi partikel-partikel murni. Jenis partikel yang terkandung pada asap las tersebut tergantung pada material yang terkandung di dalam logam material pembungkus elektroda dan jenis material dasarnya (material yang dilas). Apabila jenis material elektroda yang digunakan dalam pengelasan dengan menggunakan gas CO_2 , mengandung logam oksida besi, maka unsur utama yang ada dalam asap las adalah oksida besi.

Tabel berikut merupakan sumber asap las dan pengaruhnya terhadap tubuh manusia.

Tabel 2.3 Tipe dan Sumber Asap Las Serta Pengaruhnya Terhadap Kesehatan

| Tipe Asap | Sumber | Efek bagi Kesehatan |
|-----------|---|--------------------------------|
| Alumunium | Komponen alumunium pada bebarapa paduan seperti Inconels, Tembaga, Zinc, Baja, Magnesium, Kuningan and Bahan tambah las (filler). | Menyebabkan iritasi pernapasan |

| | | |
|----------------|--|---|
| Beryllium | Ditemukan pada tembaga, magnesium, paduan aluminium dan kontaktor listrik. | "Demam Asap Logam" dan Efek kronis lainnya termasuk kerusakan pada saluran pernapasan. |
| Kadmium Oksida | Stainless steel yang mengandung cadmium atau bahan yang dilapis paduan seng. | Iritasi system pernapasan, sakit dan kering tenggorokan, nyeri dada dan kesulitan bernapas. Efek kronis termasuk kerusakan ginjal dan emfisema. Diduga karsinogen. |
| Kromium | Kebanyakan pada stainless steel dan bahan-bahan paduan tinggi, batang las (<i>welding rods</i>). Juga digunakan sebagai bahan plating. | Peningkatan risiko kanker paru-paru. Beberapa individu dapat mengembangkan iritasi kulit. Beberapa bentuk karsinogen (hexavalent chromium). |
| Tembaga | Logam paduan seperti Monel, kuningan, perunggu. Juga beberapa batang las. | Efek akut termasuk iritasi mata, hidung dan tenggorokan, mual dan "Demam Asap Logam." |
| Fluorid | Lapisan elektroda umum dan bahan fluks untuk baja rendah dan tinggi paduan. | Efek akut adalah iritasi mata, hidung dan tenggorokan. Eksposur jangka panjang dapat mengakibatkan tulang dan masalah bersama. Efek kronis juga mencakup kelebihan cairan di paru-paru. |
| Oksida Besi | Kontaminan utama di semua besi atau baja proses pengelasan. | Siderosis-bentuk jinak penyakit paru-paru yang disebabkan oleh partikel disimpan di paru-paru. |

| | | |
|----------|---|--|
| | | Gejala akut termasuk iritasi hidung dan paru-paru. Cenderung untuk membersihkan ketika paparan berhenti. |
| Lead | Solder, kuningan dan perunggu paduan, primer/lapisan pada baja. | Efek kronis sistem saraf, ginjal, sistem pencernaan dan kapasitas mental. Dapat menyebabkan keracunan timah. |
| Mangan | Kebanyakan proses pengelasan, terutama baja kekuatan tarik tinggi. | "Demam asap logam" Efek kronis mungkin termasuk masalah system saraf pusat. |
| Molybden | Baja paduan, besi, baja stainless, dan paduan nikel | Efek akut pada mata, hidung dan tenggorokan serta sesak nafas |
| Nikel | Baja Stenlis (Stainless steel), Inconel, Monel, <i>Hastelloy</i> dan bahan paduan tinggi lainnya (<i>Other high-alloy materials</i>), batang las dan baja berlapis. | Efek akut adalah iritasi mata, hidung dan tenggorokan. Peningkatan risiko kanker telah dicatat dalam pekerjaan selain pengelasan. Juga terkait dengan dermatitis dan masalah paru-paru. |
| Vanadium | Beberapa baja paduan, baja stainless, dan paduan nikel | Efek akut pada iritasi mata, kulit dan saluran pernafasan. Efek kronis termasuk bronhitis, cairan di paru-paru dan pneumonia. |
| Zinc | Logam galvanis dan yang dicat | Demam asap logam |

(Sumber: <https://work.alberta.ca>)

Untuk mencegah bahaya yang ditimbulkan oleh debu dan gas dalam asap las, ada beberapa upaya yang harus dilakukan, yaitu: (a) membuat ventilasi; (b) menggunakan alat perlindungan pernapasan;

a. Membuat Ventilasi

Ada dua jenis ventilasi yang dapat dikembangkan, yaitu ventilasi seluruh gedung dan ventilasi setempat. Ventilasi seluruh gedung adalah ventilasi yang dirancang dan dikembangkan untuk seluruh gedung dimana proses pengelasan dilakukan. Pengembangan ventilasi ini akan mudah dilakukan untuk gedung dengan ketinggian yang rendah, sedangkan untuk gedung dengan ketinggian yang relatif tinggi diperlukan sistem ventilasi tersendiri. Terkait dengan itu, akan lebih mudah apabila dikembangkan sistem ventilasi setempat, karena akan lebih cepat dalam menghisap dan membuang debu asap dan gas yang baru terbentuk ke luar. Salah satu cara adalah dengan menggunakan alat penyedot debu dan gas.

Gambar 2.1

Penggunaan Ventilasi lokal untuk Menghilangkan Asap Las

(Sumber: <https://www.osha.gov>)



b. Menggunakan Pelindung Pernapasan

Selain menggunakan sistem ventilasi, upaya yang dapat dilakukan untuk melindungi diri dari bahaya gas dan debu asap las yang terbentuk pada saat proses pengelasan adalah dengan menggunakan pelindung pernapasan. Alat pelindung pernapasan yang digunakan haruslah alat perlindungan pernapasan yang memenuhi persyaratan standar, dan dalam penggunaannya harus memperhatikan hal-hal berikut: (1) memiliki daya tampung yang tinggi, (2) sesuai dengan bentuk muka, (3) tidak mengganggu pernapasan, (4) tidak mengganggu pekerjaan, dan (5) kuat, ringan, dan mudah dirawat.

3. Kecelakaan Akibat Percikan Api dan Terak Las

Selama proses pengelasan terjadinya percikan api dan terbentuknya terak las tidak dapat dihindari. Kedua hal tersebut apabila mengenai tubuh kita secara langsung sudah tentu akan menimbulkan bahaya yang berupa luka bakar pada kulit. Kulit menjadi melepuh, terkelupas, bahkan lebih jauh lagi dapat menyebabkan kanker kulit. Selain terjadi pada kulit, luka bakar juga dapat terjadi pada bagian anggota tubuh yang lain, seperti mata, dan kepala. Bahaya tersebut dapat terjadi pada kulit, dan seluruh anggota tubuh yang lain seperti kepala, kaki, tangan, dan lain-lain. Luka bakar pada mata dapat mengakibatkan iritasi (kepedihan, silau), dan yang sangat fatal dapat menyebabkan katarak pada mata. Luka bakar yang diakibatkan oleh loncatan bunga api terjadi akibat adanya loncatan butiran logam cair yang ditimbulkan dari cairan logam.

Untuk mencegah terjadinya kecelakaan akibat percikan api, maka operator harus menggunakan alat pelindung diri untuk melindungi seluruh tubuh mulai dari kaki sampai kepala, yaitu alat pelindung kulit khususnya kulit tangan, pelindung badan, pelindung kaki, pelindung kepala, dan pelindung mata dan muka (Gambar 1 sampai Gambar 8).

4. Kecelakaan akibat Kejut Listrik

Mengingat proses pengelasan GMAW menggunakan sumber energi listrik, maka bahaya yang ditimbulkan bukan hanya berasal dari sinar, cahaya, asap dan debu, melainkan dapat berasal dari listrik. Bahaya yang ditimbulkan adalah bahaya kejut listrik. Kecelakaan akibat kejut listrik dapat terjadi setiap saat, baik itu pada saat pemasangan peralatan, penyetulan atau pada saat pengelasan. Resiko yang akan terjadi dapat berupa luka bakar, terjatuh, pingsan serta dapat meninggal dunia. Jika terjadi kecelakaan akibat kejut listrik, maka dapat dilakukan langkah-langkah berikut:

- a. Tarik penderita dengan benda kering (karet, plastik, kayu, dan sejenisnya) pada bagian-bagian pakaian yang kering.

- b. Penolong berdiri pada bahan yang tidak bersifat konduktor (misalnya papan, sepatu karet, dan sebagainya).
- c. Doronglah penderita dengan alat yang sudah disediakan.
- d. Bawalah kerumah sakit dengan segera.

Untuk menghindarkan diri dari bahaya kejutan listrik akibat adanya arus listrik yang mengalir ke seluruh tubuh manusia, maka upaya yang dapat dilakukan diantaranya adalah dengan cara:

- a. Menggunakan pakaian kerja yang kering dan tidak boleh basah oleh keringat atau air.
- b. Menggunakan sarung tangan yang terbuat dari kulit, kering dan tidak ada lubang di ujung jari.
- c. Menggunakan sepatu keamanan yang sesuai dengan jenis pekerjaan.
- d. Menggunakan mesin las AC yang dilengkapi dengan alat penurun tegangan otomatis, dan mesin DC yang tegangannya relatif rendah (60 Volt).
- e. Mencegah terjadinya kebocoran arus listrik dengan cara:
 - 1) Mesin las, meja kerja, dan benda kerja yang akan dilas harus dipastikan memiliki saluran arus langsung ke bumi (*Grounding*) dengan baik.
 - 2) Menggunakan kabel primer/input dan sekunder/output yang terisolasi dengan baik.
 - 3) Apabila ada kabel yang rusak harus segera diperbaiki, misalnya kabel yang isolasinya terkelupas harus segera diisolasi dengan pita isolasi atau jika perlu diganti seluruhnya.
 - 4) Menghindarkan kabel-kabel las dari goresan, loncatan bunga api dan kejatuhan benda panas.
 - 5) Menghubungkan atau menyambung kabel dengan sempurna (tersambung dengan ketat), sambungan yang longgar dapat menimbulkan panas yang tinggi serta dapat mengganggu kestabilan arus las.
 - 6) Menghubungkan kabel sekunder pada meja kerja las dan benda kerja dengan menggunakan penjepit-penjepit khusus.

Bahan Bacaan 3 : Alat Pelindung Diri (APD)

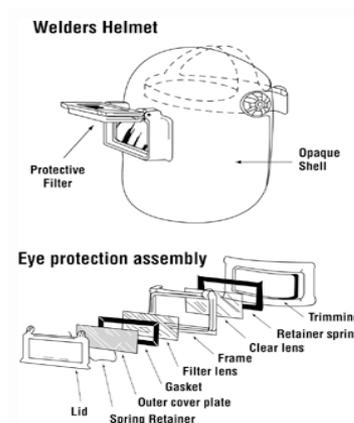
Perbuatan tidak aman (berbahaya), merupakan suatu pelanggaran terhadap prosedur keselamatan kerja yang memberikan peluang terhadap terjadinya kecelakaan. Beberapa perbuatan yang termasuk perbuatan tidak aman diantaranya:

1. Tidak memakai APD (Alat Pelindung Diri) standard, yaitu: Helm Las yang dilengkapi dengan filter, *Auto Darkening Helmet*, sabuk pengaman, *stiwel* dan *Safety shoes*, sarung tangan kerja yang berbahan kulit, *leather apron* dan APD sesuai kondisi bahaya kerja yang dihadapi saat bekerja pengelasan.
2. Melakukan tindakan ceroboh / tidak mengikuti prosedur kerja yang berlaku bidang pengelasan.
3. Pengetahuan dan ketrampilan pelaksana yang tidak sesuai dengan pekerjaan yang dibebankan padanya.
4. Mental dan fisik yang belum siap untuk tugas-tugas yang diembannya

Beberapa jenis APD yang harus digunakan oleh seorang operator las diantaranya adalah Helm pengaman (yang dilengkapi filter atau jenis *auto dark helmet*), ketekplak kerja, sabuk pengaman untuk ketinggian > 2 meter, *stiwel*, *safety shoes*, sarung kulit panjang, apron kulit, jaket atau celana las, *welding respirator* (alat perlindungan pernapasan), selubung tangan, dan toxid respirator.

Gambar 2.2

Helm Las dan Rangkaian Pelindung Mata
(<http://www.ccohs.ca>)



Gambar 2.3

Helm Las jenis Auto Dark Helmet (<http://www.esab.co.uk>)



Gambar 2.4

Contoh Baju kerja Las
(a) terbuat dari bahan katun, (b) terbuat dari bahan Kulit (<http://www.esab.co.uk>)



(a)

(b)

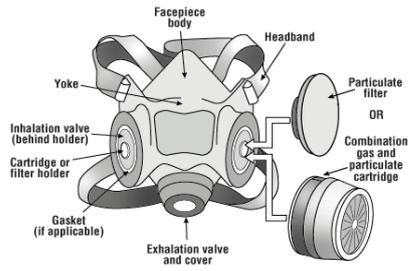
Gambar 2.5

Contoh Sarung Tangan Las (<http://www.esab.co.uk>)



Gambar 2.6

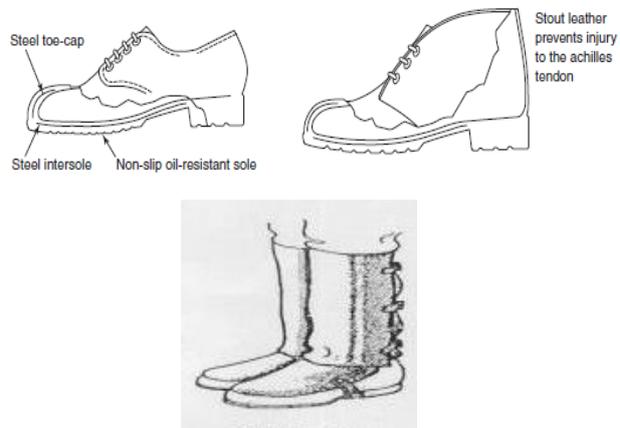
Alat Pelindung Pernapasan (<http://www.ccohs.ca>)



The basic parts of a typical half-facepiece respirator are shown.
 Two common options are illustrated on the right.
 Both sides of the respirator would take the same type of filter or cartridge.

Gambar 2.7

Sepatu Pengaman (Timings, 2008:18)



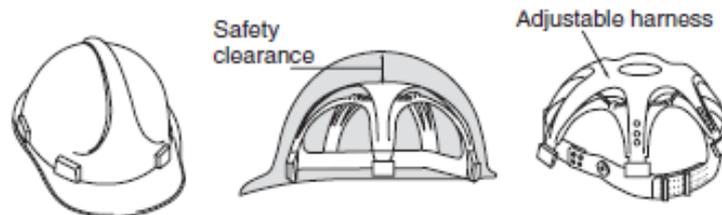
Gambar 2.8

Pelindung Badan/Apron (<http://www.esab.co.uk>)



Gambar 2.9

Alat Pelindung Kepala (Timings, 2008:17)



D. Aktivitas Pembelajaran

- Kegiatan Pengantar : Mengidentifikasi Isi Materi
- Aktivitas 1 : Mengamati Lingkungan Kerja dan Alat Keselamatan Kerja(1Jp)
- Aktivitas 2 : Mengamati Potensi Bahaya Proses Pengelasan GMAW (1 JP)
- Aktivitas 3 : Mengidentifikasi Alat Pelindung Diri (1 JP)
- Aktivitas 4 : Menganalisis ketersediaan dan kondisi Alat Pelindung Diri/APD (1 JP)

Aktivitas Pengantar

Sebelum anda melanjutkan untuk mempelajari materi selanjutnya, silahkan anda jawab dulu oleh masing-masing pertanyaan berikut. Jawaban anda ditulis pada lembar kerja 1 (**LK 00**).

1. Menurut pemahaman anda, apa sebenarnya yang dimaksud dengan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) ?
2. Mengapa perlu mempelajari tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)?
3. Apa pentingnya melaksanakan prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan benar di tempat kerja?
4. Apa yang akan terjadi apabila setiap pekerja tidak memahami akan pentingnya mengikuti prosedur Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di tempat kerja?

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 1**.

1. Menurut pemahaman anda, apa sebenarnya yang dimaksud dengan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) ?

.....
.....
.....
.....
.....

2. Mengapa perlu mempelajari tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)?

.....
.....
.....
.....
.....

3. Apa pentingnya melaksanakan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di tempat kerja?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Apa yang akan terjadi apabila setiap pekerja tidak memahami akan pentingnya Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di tempat kerja?

.....
.....
.....
.....
.....

Aktivitas Pembelajaran 1 (1 Jp) : Mengamati Lingkungan Kerja dan Alat Keselamatan Kerja

Saudara diminta melakukan pengamatan di bengkel las tempat akan dilaksanakan praktikum pengelasan GMAW mengenai lingkungan kerja dan alat keselamatan kerja misalkan Alat Pemadam Api Ringan (APAR), *exhaust fan* dan lain-lain Hasil pengamatan dideskripsikan dan dituangkan dalam laporan tertulis (**LK-01**) disertai denah sederhana bengkel las lengkap posisi alat keselamatan kerja yang ada di bengkel las GMAW. Untuk membantu saudara mengisi LK-01, dapat dipandu oleh pertanyaan berikut ini:

1. Alat keselamatan kerja apa saja yang tersedia di bengkel las saudara?
2. Sebutkan spesifikasi masing-masing alat keselamatan kerja tersebut!
3. Berapa jumlah masing-masing alat keselamatan kerja tersebut?
4. Bagaimana kondisi masing-masing alat keselamatan kerja tersebut, apakah masih berfungsi dengan baik atau keadaannya sudah rusak?

Setelah LK-01 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca **Bahan Bacaan 2** tentang Bahaya-bahaya dalam pengelasan dan pencegahannya.

Lembar Kerja 1 (LK 01)

| No. | Nama Alat | Spesifikasi | Jumlah | Kondisi |
|-----|-----------|-------------|--------|---------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |

| | | | | |
|-----|--|--|--|--|
| dst | | | | |
|-----|--|--|--|--|

Aktivitas Pembelajaran 2 (1 JP) : Mengamati Potensi Bahaya Proses

Pengelasan GMAW

Saudara diminta melakukan pengamatan mengenai potensi bahaya yang dapat timbul dari proses pengelasan GMAW di bengkel las GMAW terutama bahaya listrik, bahaya gas, bahaya sinar las dan bahaya asap las. Hasil pengamatan di diskusikan dengan sesama peserta diklat untuk kemudian diambil kesimpulan bersama mengenai potensi bahaya yang ditimbulkan proses pengelasan las GMAW dan dituangkan dala **LK-02**. Untuk membantu saudara mengisi LK-02, dapat dipandu oleh pertanyaan berikut ini:

1. Sebutkan jenis-jenis potensi bahaya yang ada di bengkel las?
2. Jelaskan secara rinci masing-masing potensi bahaya tersebut!

Setelah LK-02 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca **Bahan Bacaan 3** tentang Alat Pelindung Diri.

Lembar Kerja 2 (LK 02)

| No. | Jenis Potensi Bahaya | Uraian |
|------------|-----------------------------|---------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

| | | |
|-----|--|--|
| | | |
| 5 | | |
| dst | | |

Aktivitas Pembelajaran 3. Mengidentifikasi Alat Pelindung Diri (1 JP)

Saudara diminta mengidentifikasi Alat Pelindung Diri (APD) yang diperlukan pada proses pengelasan GMAW dari sumber-sumber teori yang ada. Hasil identifikasi kemudian dituangkan dalam daftar tertulis (**LK-03**). Kemudian didiskusikan dengan teman satu kelompok mengenai fungsi penggunaannya. Untuk membantu saudara mengisi LK-03, dapat dipandu pertanyaan berikut ini:

1. Sebutkan alat-alat pelindung diri yang diperlukan pada proses pengelasan GMAW!
2. Jelaskan fungsi penggunaan dari alat-alat pelindung diri yang diperlukan pada proses pengelasan GMAW!

Setelah LK-03 terisi, saudara dapat melanjutkan ke **Aktivitas Pembelajaran 4**.

Lembar Kerja 3 (LK 03)

| No. | Nama APD | Fungsi |
|-----|----------|--------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

| | | |
|-----|--|--|
| | | |
| 5 | | |
| dst | | |

Aktivitas Pembelajaran 4 (1 JP) : Menganalisis Ketersediaan dan Kondisi

Alat Pelindung Diri

Saudara diminta melakukan pengamatan di bengkel las GMAW mengenai ketersediaan dan kondisi APD yang ada. Hasil pengamatan dibandingkan dengan (LK-03). Kemudian didiskusikan beserta peserta diklat yang lain mengenai keamanan proses pengelasan berdasarkan hasil pengamatan APD yang ada. Hasil analisis kemudian dituangkan dalam daftar tertulis **LK-04**. Untuk mengisi LK-04 saudara akan dipandu dengan beberapa pertanyaan berikut:

1. Sebutkan alat pelindung diri yang harus ada di bengkel las GTAW!
2. Sebutkan alat pelindung diri di bengkel las tempat saudara praktikum!
3. Seperti apa spesifikasi alat pelindung diri yang ada di bengkel las tempat anda praktikum?
4. Sebutkan berapa jumlah alat pelindung diri yang tersedia!
5. Bagaimana kondisi masing-masing alat pelindung diri tersebut, apakah masih baik atau sudah rusak?

Setelah LK-04 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan.

Lembar Kerja 3 (LK 03)

1. Sebutkan alat pelindung diri yang harus ada di bengkel las GMAW!

.....

.....

.....

.....

.....

Untuk menjawab pertanyaan nomor 2, 3 dan 4, anda dapat menggunakan form berikut.

| No. | Nama APD | Spesifikasi | Jumlah | Kondisi |
|-----|----------|-------------|--------|---------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |

| | | | | |
|-----|--|--|--|--|
| | | | | |
| 6 | | | | |
| dst | | | | |

Dari data yang tertuang dalam tabel di atas, lakukan analisis jenis alat K3 mana yang sesuai dan memenuhi standar minimal untuk melaksanakan proses pengelasan GMAW. Jelaskan argumen yang anda gunakan!

E. Rangkuman

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di tempat kerja merupakan hal penting yang harus dilaksanakan oleh semua pihak (pekerja dan pengusaha).K3 di tempat kerja berkaitan dengan orang, mesin/alat, bahan, maupun lingkungan tempat kerja. Tujuan utama dari K3 adalah untuk melindungi setiap apa yang ada di tempat kerja (orang, alat/mesin, bahan, dan sebagainya) dari bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan.

K3 pada proses pengelasan dengan las GMAW/FCAW, diarahkan untuk mencegah kecelakaan yang disebabkan oleh berbagai sumber seperti cahaya dan sinar, gas dalam asap las, percikan api dan terak las terhadap juru las atau operator las, serta kejutan listrik. Cahaya dan sinar yang dapat menyebabkan bahaya bagi operator las atau orang yang ada di sekitarnya dapat berupa sinar yang terlihat dan sinar yang tidak terlihat (ultraviolet dan inframerah). Kecelakaan yang diakibatkan oleh cahaya dan sinar akan menyebabkan bahaya pada anggota tubuh khususnya mata. Untuk mencegah hal tersebut, operator las harus menggunakan alat K3 yang berguna untuk melindungi mata, yaitu dengan menggunakan kedok atau helm las yang dilengkapi dengan kaca penyaring yang tingkat

kegelapannya sesuai dengan nilai arus listrik yang digunakan. Selain itu, operator juga harus menggunakan alat pelindung diri (APD) untuk melindungi anggota tubuh yang lain dengan cara menggunakan sarung tangan yang terbuat dari kulit, baju kerja dan pelindung dada (apron), dan sepatu keselamatan (*safety shoes*). Sementara, untuk melindungi orang lain yang ada disekitar area kerja las, hendaknya pengelasan dilakukan ditempat yang terlindung/menggunakan tabir penghalang.

Selain timbul cahaya dan sinar, selama proses pengelasan juga akan terjadi debu dan asap las yang banyak mengandung partikel logam dan berbahaya bagi kesehatan. Untuk melindungi operator las dari bahaya akibat debu dan asap las, maka dalam ruang las harus dibuat ventilasi udara yang memadai baik untuk seluruh gedung/area kerja las maupun setempat. Selain melengkapi area kerja atau tempat las dengan ventilasi udara, operator las juga harus menggunakan alat pelindung pernapasan. APD untuk melindungi saluran pernapasan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut: (1) memiliki daya tampung yang tinggi, (2) sesuai dengan bentuk muka, (3) tidak mengganggu pernapasan, (4) tidak mengganggu pekerjaan, dan (5) kuat, ringan, dan mudah dirawat.

Semua proses pengelasan termasuk pengelasan menggunakan proses las GMAW/FCAW, selama proses pengelasan tidak dapat dihindari terjadinya percikan api dan terbentuknya terak las. Kedua hal tersebut apabila mengenai tubuh kita, akan menimbulkan bahaya berupa luka bakar yang dapat menyebabkan kulit menjadi melepuh, terkelupas, bahkan lebih jauh lagi dapat terjadi kanker kulit. Sekaitan dengan itu, seorang juru las (*welder*) pada saat bekerja harus menggunakan alat pelindung diri (APD) yang dapat melindungi seluruh permukaan tubuh agar dapat terhindar dari bahaya luka bakar akibat percikan api dan terak las. Artinya, juru las tersebut harus menggunakan APD yang ditujukan untuk melindungi kulit, kaki, muka, kepala dan badan yang memenuhi standar minimal keselamatan.

Satu hal lain, yang harus diperhatikan pada saat melaksanakan pengelasan dengan las GMAW adalah bahaya yang diakibatkan oleh aliran listrik yang mengalir ke dalam tubuh. Aliran listrik tersebut akan menyebabkan kecelakaan berupa kejutan listrik. Untuk menghindarinya setiap pekerja/juru las harus melindungi diri dengan APD sehingga anggota tubuh tidak bersentuhan langsung dengan aliran listrik. Upayakan tempat kerja

dalam keadaan bersih dan kering, jaga agar tidak ada kabel jaringan listrik (input maupun out put) yang terkelupas dan harus tersambung dengan benar.

F. Tes Formatif

1. Tujuan utama dari penerapan prinsip-prinsip kesehatan dan keselamatan kerja di tempat kerja adalah:
 - a. Mencatat jumlah kecelakaan yang terjadi.
 - b. Mengatasi bahaya ditempat kerja.
 - c. Menjamin proses produksi berjalan lancar
 - d. Melakukan perolongan pertama apabila terjadi kecelakaan.
 - e. Meningkatkan kapasitas produksi dan produktivitas dari pekerja.

2. Seorang pekerja mengalami kecelakaan sehingga kulit dari pekerja tersebut melepuh. Kecelakaan yang dialami pekerja tersebut merupakan kecelakaan yang tergolong pada kecelakaan yang dikelompokkan berdasarkan:
 - a. Penyebab kecelakaan.
 - b. Jenis kecelakaan.
 - c. Sifat kecelakaan.
 - d. Letak luka
 - e. Lingkungan kerja

3. Salah satu jenis aktivitas yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kecelakaan di tempat kerja adalah melalui penerapan peraturan perundangan-undangan. Salah satu peraturan perundang-undangan yang mengatur tentang K3 adalah:
 - a. Undang-undang nomor 5 Tahun 2001
 - b. Undang-undang nomor1 Tahun 1970
 - c. Peraturan pemerintah nomor 20 Tahun 2005
 - d. Peraturan pemerintah pengganti undang-undang nomor 8 tahun 2003
 - e. Keputusan menteri tenaga kerja nomor 31 Tahun 2006

4. Pada saat proses pengelasan termasuk proses las GMAW, akan terbentuk asap las yang mengandung partikel logam murni seperti aluminium, oksida besi, mangan, nikel dan lain-lain. Apabila asap yang terbentuk tersebut mengandung partikel oksida besi dan terhirup oleh manusia, maka akan menimbulkan efek kesehatan berupa:
 - a. Iritasi pernafasan.
 - b. Demam asap logam.
 - c. Sakit dan kering tenggorokan.
 - d. Iritasi saluran pernafasan
 - e. Iritasi hidung dan paru-paru

5. Kebakaran merupakan salah satu jenis bahaya yang dapat terjadi di tempat kerja. Unsur utama yang menyebabkan terjadinya kebakaran adalah:
 - a. Bahan bakar, sumber panas, dan api.
 - b. Bahan bakar, sumber panas, dan udara.
 - c. Bahan bakar, api, dan udara.
 - d. Api, bahan bakar, dan oksigen.
 - e. Api, bahan bakar, dan gas.

6. Seorang juru las GMAW pada saat melaksanakan proses pengelasan seharusnya menggunakan alat pelindung kulit berupa sarung tangan yang sesuai, yaitu:
 - a. Sarung tangan yang terbuat dari kulit
 - b. Sarung tangan pendek yang terbuat dari kulit
 - c. Sarung tangan panjang yang terbuat dari kulit
 - d. Sarung tangan yang terbuat dari karet
 - e. Sarung tangan yang terbuat dari kain

7. Pada saat melaksanakan proses pengelasan GMAW, seorang welder/juru las diwajibkan menggunakan alat pelindung muka dan mata, yaitu helm las yang dilengkapi dengan kaca penyaring. Apabila juru las tersebut melakukan pengelasan dengan arus listrik yang

digunakan berkisar antara 160-250 Ampere, maka welder tersebut harus menggunakan kaca penyaring yang memiliki tingkat kegelapan minimal:

- a. 7
- b. 8
- c. 9
- d. 10
- e. 11

G. Kunci Jawaban

1. C
2. B
3. B
4. E
5. D
6. B
7. D

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : PRINSIP DAN PERALATAN KERJA LAS GMAW

A. Tujuan

Setelah anda menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, melalui diskusi serta penugasan diharapkan anda memiliki kemampuan dalam:

1. Menganalisis prinsip-prinsip Las Busur Gas Metal (*Gas Metal Arc Welding/GMAW*) dengan tepat.
2. Mengidentifikasi peralatan kerja las Busur Gas Metal (*Gas Metal Arc Welding/GMAW*) dengan tepat.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Spesifikasi kompetensi atau kinerja yang harus anda kuasai setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini adalah:

1. Menjelaskan prinsip pengelasan dengan Las GMAW.
2. Menjelaskan karakteristik dari jenis-jenis sumber tenaga (*power source*) yang dapat digunakan dalam proses pengelasan dengan las GMAW.
3. Menjelaskan perbedaan karakteristik antara *Constan Voltage (CV) Arc System* dan *Constant Current (CC) Arc system*.
4. Menjelaskan mode-mode pengoperasian proses las GMAW.
5. Menjelaskan kelebihan dan kekurangan Proses Las GMAW dengan Proses las yang lain.
6. Menjelaskan karakteristik dari jenis-jenis mode pemindahan logam (*metal transfer*) yang terjadi pada proses las GMAW.
7. Menjelaskan fungsi dari setiap jenis peralatan las GMAW.

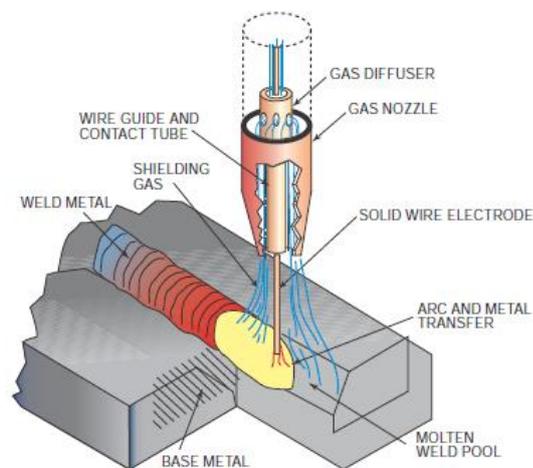
C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1 : Prinsip Las GMAW

Gas Metal Arc Welding (GMAW) merupakan proses las busur yang digunakan untuk menyambungkan material logam melalui proses pemanasan logam sampai titik lelehnya dengan menggunakan busur listrik (gambar 2.1). Busur las yang terbentuk diakibatkan oleh adanya panas dari arus listrik yang mengalir antara ujung kawat las dengan permukaan benda. Kuat arus yang digunakan pada proses las GTAW berkisar antara 60 – 500 Ampere. Pengelasan dengan las GMAW menggunakan kawat las yang mengalir secara terus menerus dengan kecepatan yang konstan karena di atur melalui suatu mekanisme yang dinamakan “*wire feeder*”. Selain itu, dalam proses las GMAW digunakan gas pelindung untuk mencegah kontaminasi udara luar terhadap busur las. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa GMAW adalah proses pengelasan busur listrik dengan menggunakan elektroda (kawat las) yang mengalir terus menerus dengan kecepatan yang konstan dan gas pelindung untuk mencegah terjadinya kontaminasi antara busur las dengan udara luar.

Gambar 3.1

Prinsip Gas Metal Arc Welding (Jeffus, 2011, halm. 230).



GMAW dikenal juga dengan istilah las MIG (*Metal Inert Gas*), dan las MAG (*Metal Active Gas*). Pengistilahan tersebut tidak terlepas dari karakteristik gas pelindung yang bersifat

“inert” dan yang secara kimiawi aktif bereaksi atau gas aktif. Dengan demikian GMAW disebut las MIG apabila menggunakan gas pelindung yang bersifat “inert”, dan disebut MAG apabila menggunakan gas pelindung yang secara kimiawi aktif bereaksi.

a. Kelebihan dan Kekurangan GMAW

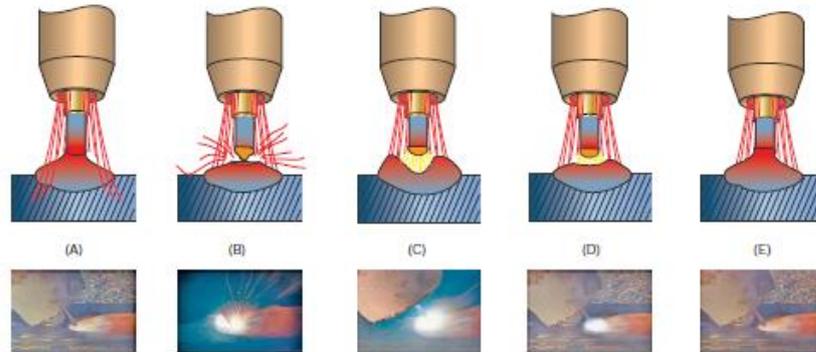
GMAW memiliki beberapa keuntungan disbanding jenis pengelasan yang lain. Keuntungan-keuntungan tersebut diantaranya meliputi kemudahan untuk dipelajari, kecepatan dan kualitas, fleksibilitas, sedikit kegagalan, mudah pengendalian kubangan, dan efisien (Jeffus,2011, halm. 231). Selain keuntungan, GMAW juga memiliki beberapa kelemahan. Kelemahan tersebut dapat berkaitan dengan peralatan yang kompleks, biaya yang mahal, portabilitas, penggunaan gas pelindung dan tingkat radiasi yang tinggi (www.navybmr.com). Peralatan yang digunakan dalam GMAW lebih kompleks sehingga biaya investasi yang diperlukan cukup mahal dan kurang simpel sehingga kurang portabel jika dibandingkan dengan peralatan las SMAW. Setiap busur yang terbentuk pada proses pengelasan perlu dilindungi dari pengaruh udara luar agar tidak terjadi kontaminasi. Terkait dengan perlindungan ini, pada proses las GMAW perlindungan busur menggunakan gas yang mudah tertiup oleh angin, sehingga aliran gas pelindung akan tertiup menjauh dari busur. Ukuran dari ujung *welding gun* yang relatif lebih besar akan sulit untuk digunakan pada saat melakukan pengelasan pada area yang sempit. Keadaan ini berbeda jika pengelasan dilakukan menggunakan SMAW. Pada proses las GMAW, radiasi yang terjadi relatif tinggi sehingga akan menyebabkan operator resisten terhadap proses las ini.

b. Proses Pemindahan Logam (*Metal Transfer*)

Proses GMAW merupakan proses yang unik, karena memiliki beberapamode pemindahan logam (*metal transfers*) dari kawat elektroda ke benda las. Proses perpindahan logam (*metal transfer*) pada proses las GMAW, dapat terjadi dalam 3 (tiga) mode, yaitu: *short circuiting*, *globular transfer*, *spraytransfer*, dan *pulced-arc spray transfer*(Jeffus, 2011, halm. 246). Ketigamode *metal transfer*tersebut diilustrasikan dalam gambar berikut.

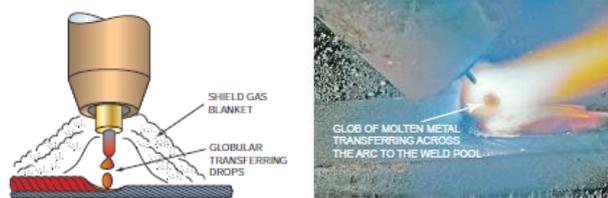
Gambar 3.2

Sekematik Short-Circuiting Metal Transfer (Jeffus, 2011, halm. 247)



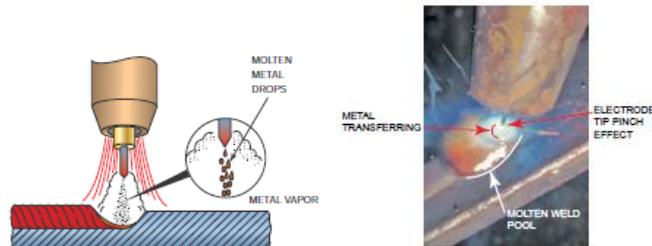
Gambar 3.3

Sekematik Globular Metal Transfer (Jeffus, 2011, halm. 248)



Gambar 3.4

Sekematik Spray Metal Transfer (Jeffus, 2011, halm. 248)



Jenis-jenis mode *metal transfer* ini dipengaruhi oleh besarnya kuat arus, besarnya tegangan, dan jenis gas pelindung yang digunakan. Selain itu, dalam melakukan pemilihan mode *metal transfer* ini, juga perlu dipertimbangkan ukuran dari elektroda (kawat las) yang digunakan, tebal benda kerja yang akan di las, dan posisi pengelasan yang akan di lakukan.

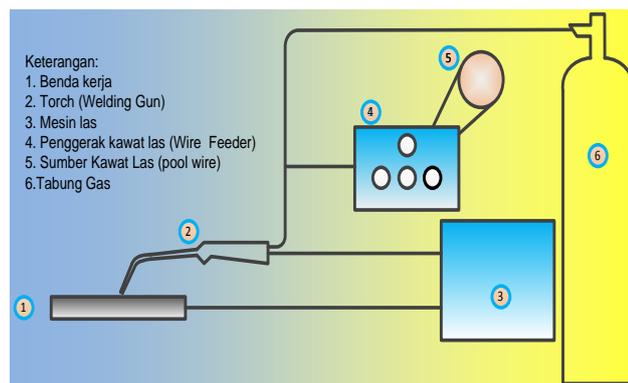
Bahan Bacaan 2 : Peralatan Las GMAW

Peralatan yang digunakan pada proses pengelasan GMAW terdiri dari dua kelompok, yaitu peralatan utama dan peralatan bantu.

a. Peralatan Utama Las GMAW

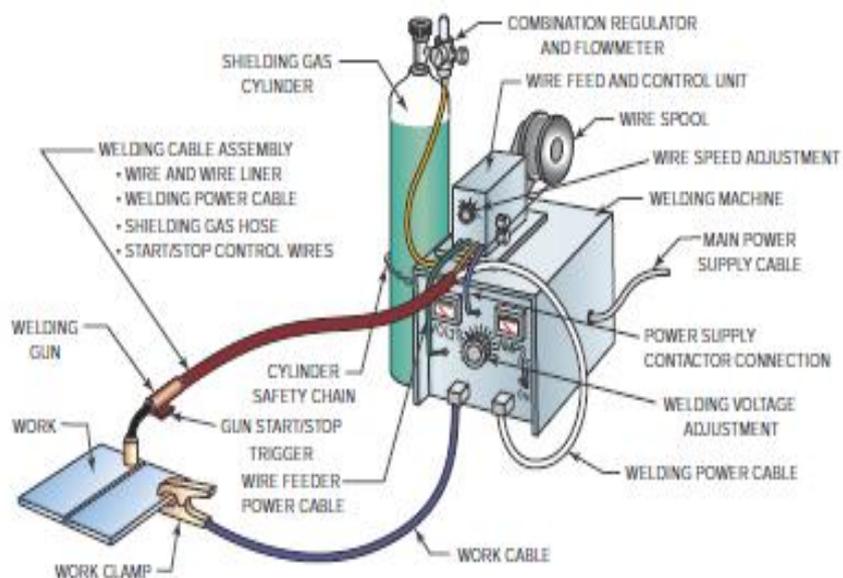
Secara sekematik, rangkaian peralatan utama dari GMAW, dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 3.5 Skematik Peralatan GMAW



Adapun gambaran lengkap tentang peralatan dari suatu instalasi las GMAW dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 3.6 Peralatan GMAW (Jeffus, 2011:231)



Berdasarkan ilustrasi dari gambar di atas, pada dasarnya peralatan utama dari GMAW terdiri atas 4 (empat) bagian utama, yaitu: (a) unit sumber tenaga (*power source*), (b) unit *wire feeder*, (c) unit *torch/welding gun*, dan (d) sumber gas pelindung.

1. Unit Sumber Tenaga (*Power Source*)

Power source atau unit tenaga adalah suatu unit mesin yang dirancang khusus agar dapat menghasilkan arus listrik untuk digunakan pada proses pencairan logam las. Sumber tenaga atau mesin las yang digunakan dalam proses las GMAW ada yang tergolong karakteristik *constant voltage* (CV) dan *constant current* (CC). Masing-masing jenis sumber tenaga tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Beberapa mesin las beroperasi pada satu fasa atau tiga fasa dengan tegangan listrik input 200 V, 230 Volt, 460 Volt, dan 575 Volt dan frekuensi 50 atau 60 Hz. Sumber tenaga tersebut, ada yang didisain hanya untuk GMAW tetapi ada juga yang dikombinasikan untuk GMAW dan SMAW seperti gambar berikut.

Gambar 3.7

Power Source GMAW: (a) Tipe Constant-Voltage
(a) Kombinasi GMAW dan SMAW
(Jeffus, 2011, halm. 232-233)



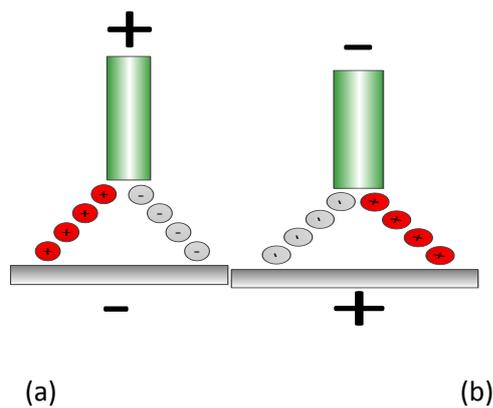
Proses GMAW dapat dioperasikan dengan menggunakan sumber tenaga/mesin las jenis *constant voltage* maupun mesin las jenis *constant current*. Sumber tenaga/mesin las untuk GMAW diklasifikasikan berdasarkan karakteristik tegangan dan arus, sehingga dikenal dua jenis mesin las yakni mesin las voltase konstan/konstan potensial (*Power Source Constant Voltage*) dan mesin las arus konstan/variable voltase (*Power Source Constant Current*). Meskipun demikian,

ada juga mesin yang didisain untuk mampu beroperasi dengan kedua karakteristik tersebut sekaligus. Dari kedua jenis mesin las tersebut, mesin las kategori voltase konstan (konstan potensial) lebih banyak digunakan.

Kebanyakan proses pengelasan GMAW menggunakan arus searah konstan (*steady direct current*) yang dapat dihubungkan dengan dua cara pengkutuban, yaitu pengkutuban terbalik (*reverse polarity*), yaitu pengkutuban dengan elektroda yang dipasangkan pada kutub positif (*Direct Current Electrode Positive/DCEP*) dan pengkutuban langsung (*straight polarity*), yaitu pengkutuban dengan cara menghubungkan elektroda dengan kutub negative (*Direct Current Electrode Negative/DCEN*). Dari kedua cara pengkutuban ini, yang banyak digunakan pada proses pengelasan GMAW adalah cara pengkutuban terbalik, sedangkan pengkutuban langsung hanya kadang-kadang digunakan. Kedua jenis pengkutuban tersebut dilustrasikan pada gambar berikut.

Gambar 3.8

Cara Pengkutuban: (a) Terbalik, (b) Langsung



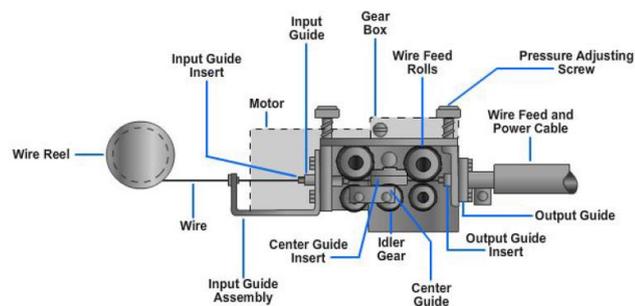
2. Unit Pengumpan Kawat Las (*Wire Feeder Unit*)

Wire feeders (pengumpan kawat) merupakan seperangkat sistem peralatan GMAW yang digunakan untuk menggerakkan kawat las/elektroda las, sehingga dapat terus mengalir menuju *welding gun*. *Wire feeder* ini terdiri atas *Constant Speed Feeder* dan *Voltage-Sensing Feeder* (<https://www.millerwelds.com>). *Constant Speed Feeder* adalah *wire feeder* yang hanya mampu beroperasi dengan

menggunakan sumber tenaga yang voltasenya konstan (*Constan Volatge/CV power source*). Adapun *Voltage-Sensing Feeder* adalah *wire feeder* yang mampu digunakan pada sumber tenaga DC yang voltasenya konstan (CV) maupun arusnya konstan (CC). Feeder jenis ini dimatikan melalui tegangan busur dan tidak memiliki pengendali kabel. Pada saat diseting CV, *feeder* identik dengan *constant speed feeder*, sedangkan pada saat diseting CC, kecepatan kawat las tergantung pada voltase yang ada. *Feeder* akan mengubah kecepatan aliran kawat sesuai dengan perubahan voltase.

Gambar berikut merupakan salah satu jenis unit *wire feeder* berikut bagiannya.

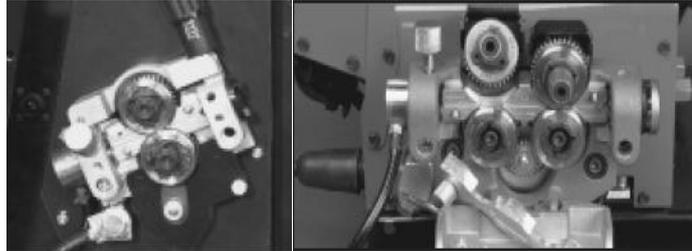
Gambar 3.9 Rangkaian Penggerak Kawat Las (Wire Feeder) (www.navybmr.com)



Dalam sebuah unit *wire feeder* terdiri atas motor listrik yang dihubungkan pada sebuah *gearbox* yang dilengkapi dengan rol penggerak yang jumlah 2 atau empat tergantung pada jenis *wire feeder*-nya. *Wire feeder* yang memiliki 4 buah rol, 2 ditempatkan di atas dan 2 lagi di bawah, seperti pada gambar berikut.

Gambar 3.10

Wire Feeder: (a) dua rol, (b) 4 Rol (www.lincolnelectric.com)



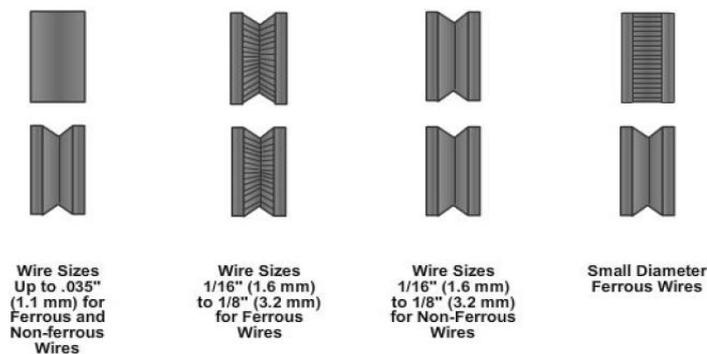
(a)

(b)

Adapun bentuk dan penggunaannya dari setiap jenis roll dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 3.11

Jenis-jenis rol dan penggunaannya (www.navybmr.com)

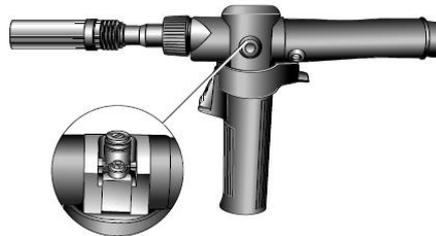


Jenis dan bentuk rol yang digunakan harus sesuai dengan jenis dan ukuran kawat las yang digunakan agar diperoleh pergerakan kawat las yang bagus.

Ada tiga jenis *wire feeder system* yang biasa digunakan yaitu: (a) *Pull-Type wire Feed system*, (b) *Push-Pull-Type wire Feed system*, dan (c) *Spool Gun Type* (Jeffus, 2011, halm. 235).

Gambar 3.12

Push-Full Type Wire Feeder (www.lincolnelectric.com)



Binzel™ Push-Pull System for Aluminum Feeding

Gambar 3.13

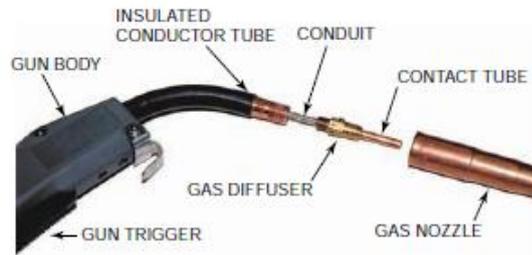
Spool Gun Type Wire Feeder (Jeffus, 2011, halm. 236)



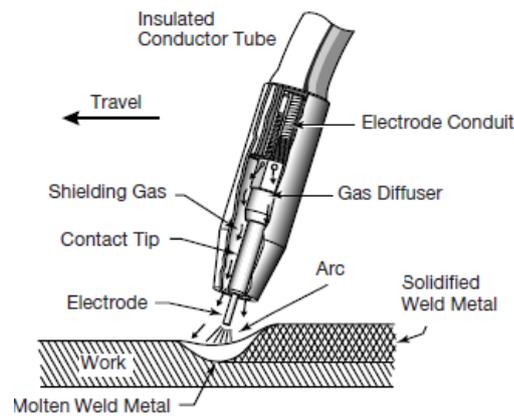
Torch atau *Welding Gun* merupakan peralatan dari GMAW yang berfungsi sebagai pemindah arus pengelasan kepada elektroda. Pada saat kawat las diumpungkan secara terus menerus, maka pada saat itu akan terjadi suatu kontak geseran listrik yang digunakan. *Torch/welding gun* juga memiliki koneksi untuk mensuplay gas melalui sebuah nosel yang berguna untuk mengarahkan gas pelindung pada sekitar busur dan kubangan las. Untuk mencegah kelebihan panas yang terjadi pada *torch/welding gun*, pendinginan diperlukan untuk menghilangkan panas yang terjadi. Media pendingin yang digunakan dapat bersumber dari udara maupun dari air yang disirkulasikan. Pada *torch/welding gun* disiapkan saklar listrik untuk menghidupkan dan mematikan aliran kawat las, arus pengelasan, dan aliran gas pelindung. Penempatan saklar yang seperti ini biasanya ada pada *torch/welding gun* yang digunakan pada pengelasan semiotomatis dan terpisah dari mesin las.

Sebuah *Torch/welding* gun seperti ditunjukkan pada gambar 2.19, terdiri atas beberapa bagian yaitu bodi, pemicu, tabung konduktor, saluran, diffuser gas, tabung kontak, dan nosel gas.

Gambar 3.14 Bagian-bagian dari Torch/welding gun (Jeffus, 2011, halm. 238)



Gambar 3.15 Gambar Potongan dari Torch/Welding Gun (www.lincolnelectirc.com)



3. Unit Penyedia Gas Pelindung

Unit penyedia gas pelindung terdiri atas *Gas Cylinders*, *Cylinder Valve*, *Pressure Regulator*.

Gambar 3.16 Silinder Gas dan Perlengkapannya: (A) Cylinder Gas; (B) Cylinder Valve (C);Flow Meter (D) Pressure Regulator



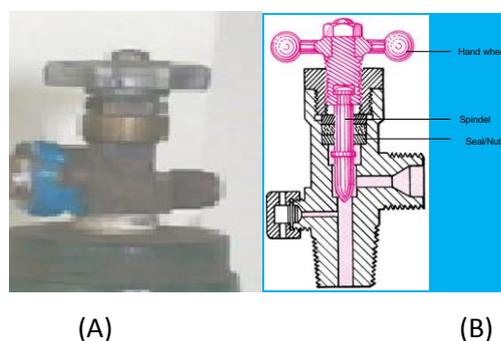
a) Tabung Gas (*Cylinder Gas*)

Tabung gas (*cylinder gas*) adalah tabung yang disiapkan untuk menampung gas pelindung dalam kondisi bertekanan yang akan diperlukan pada saat proses pengelasan dilaksanakan. Umumnya tabung gas dibuat dari Baja, tetapi sekarang ini sudah banyak tabung-tabung gas yang terbuat dari paduan Aluminium. Tabung gas tersedia dalam bentuk beragam mulai berukuran kecil hingga besar. Ukuran tabung ini dibuat berbeda karena disesuaikan dengan kapasitas daya tampung gas dan juga jenis gas yang ditampung.

b) Katup Tabung (*Cylinder Valve*)

Cylinder Valve (Katup Tabung) adalah alat yang digunakan untuk pengatur keluarnya gas dari dalam tabung. Katup ini ditempatkan tepat dibagian atas dari tabung. Setiap katup memiliki batang yang dapat bergerak naik dan turun dengan cara memutar roda pemutarnya ke arah kiri atau kanan, sehingga plat katup penutup clinder yang ada di bawah batang tersebut bergerak naik atau turun. Berikut ini adalah gambar tentang *Cylinder Valve* dan Mekanismenya.

Gambar 3.17 Katup Tabung (A)*Cylinder Valve*; (B) Mekanisme *Cylinder Valve*



c) *Pressure Regulator* dan *Flow Meter*

Pressure Regulator atau lebih tepat dikatakan katup penurun tekanan adalah katup yang dipasang pada bagian saluran keluar gas dalam silinder gas dan

bertujuan untuk mengatur tekanan gas yang keluar sehingga sesuai dengan tekanan yang dibutuhkan (tekanan kerja). Tekanan kerja adalah tekanan gas yang sesuai dengan tekanan yang dibutuhkan pada saat proses pengelasan. *Pressure regulator* yang digunakan dalam unit penyuplay gas pelindung pada las GMAW dirancang khusus, yaitu digabungkan dengan alat pengukur kecepatan aliran gas yang dinamakan flow meter, dan dibuat hanya untuk satu jenis gas pelindung yang digunakan. Misalnya Gas pelindung yang digunakan CO₂, maka regulator dan flow meter yang digunakan adalah regulator dan flow meter CO₂.

Gambar 3.18

Pressure Regulator dan Flow Meter (<http://www.euthanex.com>)



b. Alat Bantu

Alat bantu adalah alat penunjang yang keberadaannya sangat diperlukan pada saat melaksanakan proses pengelasan. Alat bantu yang digunakan pada proses las GMAW, diantaranya terdiri atas: (a) Palu Las; (b) Tang Penjepit, dan (c) Sikat Baja, dan (d) Tang pemotong kawat.

1. Palu Las

Palu las merupakan alat bantu las yang digunakan untuk melepaskan dan mengeluarkan terak las pada jalur las dengan jalan memukulkan atau menggosokkan pada daerah las.

Gambar 3.19

Palu Las



2. Penjepit Las (*Weld Pliers*)

Penjepit las merupakan alat bantu pengelasan yang digunakan untuk menjepit benda pekerjaan yang panas akibat pengelasan. Oleh karena bentuk benda yang dilas bermacam-macam, maka diperlukan bentuk mulut penjepit yang berbeda.

Gambar 3.20

Penjepit Las



3. Sikat Baja

Sikat baja merupakan alat bantu las yang digunakan untuk membersihkan kotoran yang ada pada permukaan benda kerja. Kotoran yang berada di permukaan benda kerja adalah karat, lapisan oksida dan terak yang dihasilkan dari pengelasan.

Gambar 3.21

Sikat Baja



4. Tang Pemotong Kawat

Tang pemotong kawat merupakan perlengkapan atau alat bantu dalam pengelasan GMAW yang digunakan untuk memotong ujung kawat las yang ada dimulut pembakar.

Gambar 3.22

Tang Pemotong Kawat



D. Aktivitas Pembelajaran

Beberapa aktivitas pembelajaran yang harus dilakukan oleh peserta diklat, yaitu:

- Aktivitas Pengantar : Mengidentifikasi Materi
- Aktivitas pembelajaran 1 : Mengamatikondisi pengelasan GMAW.
- Aktivitas pembelajaran 2 : Mengamati proses pemindahan logam (metal Transfer) pada las GMAW
- Aktivitas pembelajaran 3 : Mengamati jenis-jenis mesin las GMAW
- Aktivitas pembelajaran 4 : Mengamati grafik perbandingan antara Constant Voltage (CV) Power Source dengan Constant Current (CC) power source
- Aktivitas pembelajaran5 : Mengidentifikasi cara pengkutuban elektroda

Aktivitas Pengantar (30 Menit) : Mengidentifikasi Isi Materi

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Anda untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa yang harus disiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang pengaturan (seting) peralatan las? Sebutkan!
2. Mengapa anda perlu mempelajari materi ini? Jelaskan!
3. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
4. Apa topik yang akan anda pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Bukti apa yang harus diunjukkerjakan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**. Jika anda bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka anda dapat melanjutkan pembelajaran dengan aktivitas belajar berikutnya.

LEMBAR KERJA 0 (LK – 00)

1. Apa yang harus disiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang pengaturan (seting) peralatan las? Sebutkan!

.....
.....
.....
.....
.....

2. Mengapa anda perlu mempelajari materi ini? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

3. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

4. Apa topik yang akan anda pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....
.....
.....
.....
.....

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

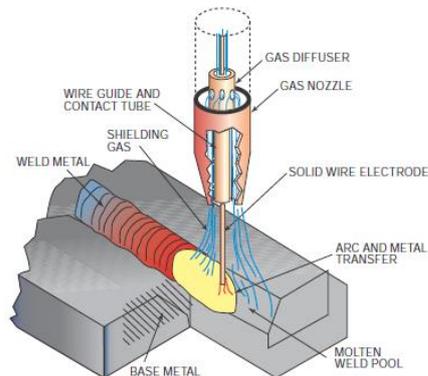
.....
.....
.....
.....
.....

6. Bukti apa yang harus diunjukkan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

Aktivitas pembelajaran1 (1 Jp) : Mengamati kondisi Pengelasan GMAW

Anda diminta mengamati kondisi pengelasan GMAW berikut ini.



Anda mungkin mempunyai pandangan yang berbeda dari teman-teman lain tentang kondisi pengelasan GMAW. Apa yang Anda temukan setelah mengamati kondisi pengelasan tersebut? Apakah ada hal-hal yang baik atau sebaliknya yang Anda temukan? Diskusikan hasil pengamatan Anda dengan anggota kelompok Anda. Selanjutnya selesaikan **LK-01** dengan dipandu pertanyaan berikut.

- Mengapa perlu mempelajari las GMAW?
- Apa yang membedakan las GMAW dibanding dengan las busur listrik yang lain?
- Mengapa las GMAW banyak digunakan orang dalam proses pengelasan?
- Bagaimana proses penyambungan logam melalui proses las busur listrik seperti GMAW dapat terjadi?

Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Anda dapat membaca Bahan Bacaan prinsip dasar pengelasan GMAW

1. Mengapa perlu mempelajari las GMAW?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Apa yang membedakan las GMAW dibanding dengan las busur listrik yang lain?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Mengapa las GMAW banyak digunakan orang dalam proses pengelasan?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Bagaimana proses penyambungan logam melalui proses las busur listrik seperti GMAW dapat terjadi?

.....

.....

.....

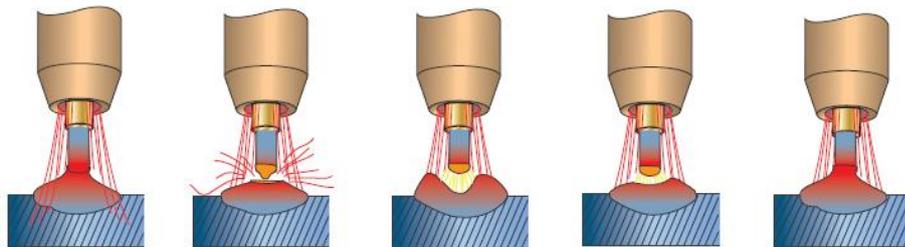
.....

.....

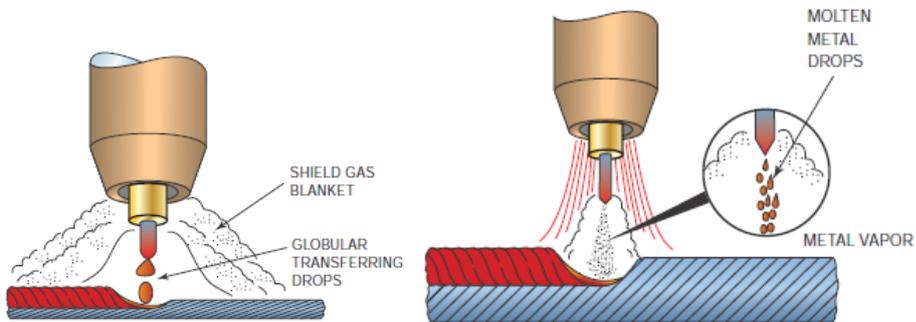
.....

Aktivitas pembelajaran 2 (1 Jp) : Mengamati proses pemindahan logam (metal Transfer) pada las GMAW

Anda diminta mengamati gambar berikut tentang jenis-jenis metal transfer pada proses las GMAW.



Gambar 1. Short Circuit Metal Transfer



Gambar 2 Globular Transfer Metal

Gambar 3 Spray Metal Transfer

Dari hasil pengamatan anda tentu anda memiliki penafsiran yang berbeda dengan teman-teman anda dalam kelompok tentang proses metal transfer tersebut. Apa yang anda temukan setelah mengamati proses transfer metal pada proses las GMAW? Apakah ada hal baik atau sebaliknya apa yang anda temukan dari gambar tersebut terkait dengan proses pengelasan GMAW? Diskusikan hasil pengamatan Anda dengan anggota kelompok Anda. Selanjutnya selesaikan **LK-02** dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Faktor apa yang harus diperhatikan pada saat memilih salah satu jenis metal transfer? Jelaskan!
2. Berdasarkan tampilan gambar tersebut, pada saat kapan masing-masing jenis metal transfer tersebut digunakan? Jelaskan!
3. Mengapa pemilihan jenis metal transfer harus sesuai dengan jenis dan ukuran elektroda, serta tebal benda kerja? Jelaskan!
4. Apa kelebihan dan kekurangan dari setiap jenis jenis metal transfer? Jelaskan!

1. Faktor apa yang harus diperhatikan pada saat memilih salah satu jenis metal transfer? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Berdasarkan tampilan gambar tersebut, pada saat kapan masing-masing jenis metal transfer tersebut digunakan? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Mengapa pemilihan jenis metal transfer harus sesuai dengan jenis dan ukuran elektroda, serta tebal benda kerja? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Apa kelebihan dan kekurangan dari setiap jenis jenis metal transfer? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Aktivitas pembelajaran 3 : Mengamati jenis-jenis Mesin Las GMAW (2 Jp)

Anda diminta untuk mengamati gambar tentang jenis-jenis mesin las berikut.



Berdasarkan hasil pengamatan masing-masing, sudah tentu anda memiliki pandangan yang berbeda dengan teman anda terhadap gambar tersebut. Apa yang anda temukan dari hasil pengamatan tersebut? Apakah ada hal-hal yang baik atau sebaliknya yang Saudara temukan? Diskusikan hasil pengamatan Saudara dengan anggota kelompok Saudara dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Bagaimana mesin las dikategorikan? Jelaskan
2. Mengapa perlu memahami karakteristik dari setiap jenis mesin las? Jelaskan!
3. Apa kelebihan dan kekurangan dari setiap jenis mesin las? Jelaskan!

Hasil diskusi yang anda lakukan, kemudian datanya dimasukkan ke dalam format yang ada dalam lembar kerja 2 (LK-02). Apabila anda telah menyelesaikan pekerjaan yang ada

dalam LK-02, selanjutnya untuk menambah pemahaman anda tentang mesin las ini, silahkan anda lakukan kunjungan ke workshop pengelasan yang ada di lingkungan tempat anda mengikuti pelatihan, kemudian anda identifikasi jenis-jenis mesin las GMAW yang ada dengan memasukkan ke dalam format seperti yang tercantum pada Lembar Kerja praktek 2(LK –P.02).

LEMBAR KERJA 02 (LK – 02)

| No. | Kategori Mesin Las | Karakteristik | Kelebihan | Kekurangan |
|-----|--------------------|---------------|-----------|------------|
| 1. | Konstan Voltase | | | |
| 2. | Variabel Voltase | | | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
|--|--|--|--|--|

Hasil Kunjungan Lapangan

| No | Spesifikasi Mesin Las | Jumlah | Jenis | Keterangan |
|----|-----------------------|--------|----------|-----------------------------------|
| 1 | | | CV/CC *) | Baik, rusak ringan, ruak berat *) |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

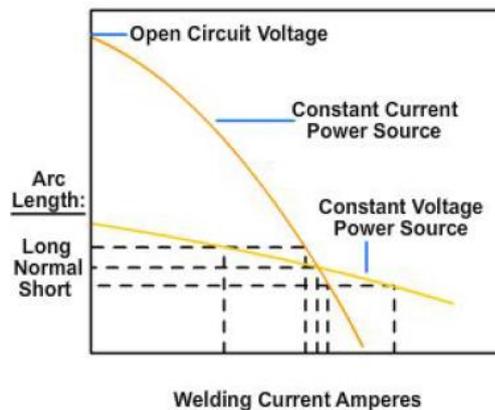
| | | | | |
|------|--|--|--|--|
| | | | | |
| Dst. | | | | |

Catatan:

*) pilih salah satu sesuai dengan kondisi yang anda temukan di lapangan

Aktivitas pembelajaran 4 (1 Jp) : Mengamati grafik perbandingan antara Constant Voltage (CV) Power Source dengan Constant Current (CC) power source

Pada aktivitas pembelajaran ini, anda diminta mengamati grafik perbandingan antara Constant Voltage Arc System dan Constant Current Arc System pada setiap panjang busur seperti gambar berikut.



Berdasarkan hasil pengamatan masing-masing, sudah tentu anda memiliki pandangan yang berbeda dengan teman anda terhadap gambar tersebut. Berdasarkan hasil pengamatan masing-masing, apa yang anda dapatkan dari grafik tersebut? Adakah hal lain yang penting dari gambar tersebut dalam kaitan dengan proses pengelasan? Coba anda diskusikan hasil pengamatan anda dengan teman anda dalam kelompok dengan dipandu oleh pertanyaan berikut.

1. Bagaimana penggunaan arus listrik untuk CV Power Source pada ketiga panjang busur? Jelaskan mengapa hal tersebut bisa terjadi!
2. Bagaimana penggunaan arus listrik untuk CC Power Source pada ketiga panjang busur? Jelaskan mengapa hal tersebut bisa terjadi!
3. Tipe power source mana yang dipandang lebih efisien untuk digunakan pada proses pengelasan GMAW?
4. Pada saat mana penggunaan kedua jenis power source tersebut menempati posisi yang paling efisien? Mengapa?

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada LK-03 dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca Bahan Bacaan tentang peralatan las GMAW.

LEMBAR KERJA 03 (LK -03)

1. Bagaimana penggunaan arus listrik untuk CV Power Source pada ketiga panjang busur? Jelaskan mengapa hal tersebut bisa terjadi!

.....
.....
.....
.....
.....

2. Bagaimana penggunaan arus listrik untuk CC Power Source pada ketiga panjang busur? Jelaskan mengapa hal tersebut bisa terjadi!

.....
.....
.....
.....
.....

3. Tipe power source mana yang dipandang lebih efisien untuk digunakan pada proses pengelasan GMAW?

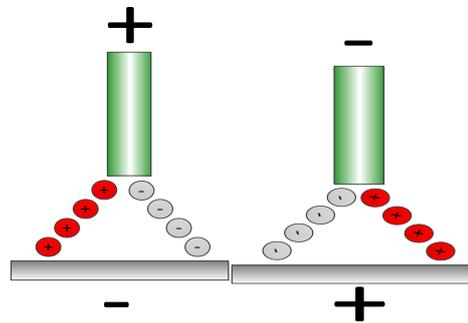
.....
.....
.....
.....
.....

4. Pada saat mana penggunaan kedua jenis power source tersebut menempati posisi yang paling efisien? Mengapa?

.....
.....
.....
.....
.....

Aktivitas pembelajaran 5 (1 Jp) : Mengamati Cara Pengkutuban Elektroda

Anda diminta untuk mengamati cara pengkutuban elektroda seperti gambar berikut.



(a) Terbalik

(b) Langsung

Hasil pengamatan anda tentu akan berbeda dengan hasil pengamatan teman-teman anda. Berdasarkan hasil pengamatan anda, apa yang anda peroleh dari gambar tersebut? Hal penting apa yang anda dapatkan dari gambar tersebut? Coba anda diskusikan hasil pengamatan anda dengan teman anda dalam kelompok dengan dipandu oleh pertanyaan berikut.

1. Bagaimana prinsip terjadinya panas pada proses kedua jenis pengkutuban tersebut? Jelaskan!
2. Dari kedua jenis pengkutuban tersebut, cara pengkutuban mana yang menurut anda lebih baik? Jelaskan!
3. Meskipun kedua jenis pengkutuban tersebut dapat digunakan, tetapi kebanyakan orang lebih banyak memilih cara pengkutuban terbalik . Jelaskan Mengapa!
4. Pada saat proses pengelasan material seperti apa masing-masing pengkutuban tersebut cocok digunakan? Jelaskan!

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada LK-04 dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca Bahan Bacaan tentang peralatan las GMAW.

1. Bagaimana prinsip terjadinya panas pada proses kedua jenis pengkutuban tersebut ?
Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

2. Dari kedua jenis pengkutuban tersebut, cara pengkutuban mana yang menurut anda lebih baik? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

3. Meskipun kedua jenis pengkutuban tersebut dapat digunakan, tetapi kebanyakan orang lebih banyak memilih cara pengkutuban terbalik . Jelaskan Mengapa!

.....
.....
.....
.....
.....

4. Pada saat proses pengelasan material seperti apa masing-masing pengkutuban tersebut cocok digunakan? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

E. Rangkuman

GMAW merupakan salah satu jenis proses las busur listrik dengan kuat arus yang digunakan berkisar antara 60 – 500 Ampere. Kuat arus tersebut mengalir diantara ujung kawat las dan permukaan benda kerja yang akan di las, sehingga menimbulkan panas yang mampu melelehkan logam. GMAW merupakan proses pengelasan dengan menggunakan kawat las yang mampu mengalir secara terus-menerus dengan kecepatan yang konstan. Selain itu, GMAW juga menggunakan gas pelindung yang digunakan untuk melindungi busur dari pengaruh kontaminasi udara luar. Gas pelindung yang digunakan ada yang bersifat “inert”, dan ada yang bersifat aktif, sehingga GMAW dikenal dengan nama MAG (*metal active gas*) dan MIG (*metal inert gas*). Proses las GMAW menggunakan sumber tenaga atau mesin las jenis *constan voltage* dan *constan current*. Atas dasar itu, maka dikenal dua sistem busur (*Arc System*), yaitu *Constan Voltage Arc System (CVAC)* dan *Constant Current Arc system(CCAC)*.

Dalam operasionalnya, proses las GMAW dapat dioperasikan secara otomatis, semi otomatis, dan dengan menggunakan engine. Dari ketiga mode tersebut, mode pengoperasian semi otomatis merupakan mode pengoperasian las GMAW yang paling banyak digunakan. Banyaknya penggunaan las GMAW dalam proses pengelasan tidak terlepas dari beberapa kelebihan yang dimiliki, yaitu terkait dengan masalah kemudahan untuk dipelajari, kecepatan dan kualitas, fleksibilitas, sedikit kegagalan, mudah pengendalian kubangan, dan efisien. Meskipun demikian, proses las GMAW juga tidak terlepas dari kekurangan yang dimiliki, seperti biaya investasi yang mahal dan kurang simple jika dibandingkan dengan SMAW.

Pada proses las GMAW, ada tiga macam proses pemindahan logam (*metal transfer*), yaitu *short circuiting*, *globular transfer*, *spraytransfer*, dan *pulced-arc spray transfer*. Pemilihan mode metal transfer tersebut tidak terlepas dari beberapa hal yang harus di pertimbangan, seperti besarnya kuat arus, besarnya tegangan, dan jenis gas pelindung yang digunakan. Selain itu, ada juga hal lain yang harus diperhatikan, yaitu jenis ukuran dari elektroda (kawat las) yang digunakan, tebal benda kerja yang akan di las, jenis gas pelindung yang digunakan, dan posisi pengelasan yang akan di lakukan.

Peralatan utama yang digunakan untuk mengoperasikan proses las GMAW, terdiri dari empat bagian atau unit utama, yaitu: (a) unit sumber tenaga (power source), (b) unit *wire feeder*, (c) unit *torch/welding gun*, dan (d) sumber gas pelindung. Sumber tenaga yang digunakan diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu sumber tenaga dengan karakteristik *constant voltage* (CV) dan *constant current*(CC) dengan berbagai kelebihan dan kekurangan diantara keduanya. *Wire Feeder* merupakan unit lain dari peralatan las GMAW yang digunakan untuk mengumpan kawat elektroda ke pembakar, sehingga kawat las tersebut dapat mengalir secara terus menerus dengan kecepatan yang konstan. Secara umum, *wire feeder* dioperasikan dengan menggunakan sumber tenaga yang tergolong kedalam kelompok *Constant Speed Feeder* dan *Voltage-Sensing Feeder*. Pemilihan *wire feeder* tersebut harus disesuaikan dengan jenis sumber tenaga yang digunakan. Dalam unit *wire feeder* ada komponen yang bertugas untuk menggerakkan kawat las yaitu rol penggerak. Ukuran rol yang digunakan harus disesuaikan dengan ukuran diameter kawat las dan jenis material dari kawat las tersebut. Berdasarkan cara kerjanya, ada tiga jenis *wire feeder system* yang biasa digunakan yaitu: (a) *Pull-Type wire Feed system*, (b) *Push-Pull-Type wire Feed system*, dan (c) *Spool Gun Type*.

Unit pembakar (*Torch/Welding Gun*) merupakan peralatan dari GMAW yang paling dekat dengan permukaan benda kerja. Unit ini memiliki peran yang tidak kalah penting seperti unit yang lain. Melalui selongsong tabung kontak yang ada diujung pembakar, arus dialirkan. Sebuah unit pembakar terdiri dari atas bodi, pemicu, tabung konduktor, saluran, diffuser gas, tabung kontak, dan nosel gas. Ada dua jenis unit pembakar yang dapat digunakan, yaitu unit pembakar jenis *semiotomatis welding gun* dan *machine welding gun*.

Mengingat GMAW merupakan proses pengelasan busur dengan menggunakan gas, maka unit pensuplay gas merupakan unit yang tidak dapat dihilangkan. Unit ini berupa tabung gas yang akan mengalirkan gas ke pembakar pada saat proses pengelasan berlangsung. Gas yang dialirkan ini digunakan untuk melindungi busur dari terjadinya kontaminasi dengan udara luar.

F. Tes Formatif

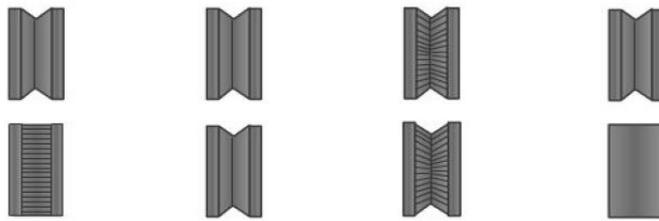
1. Pada dasarnya, prinsip pengelasan dengan proses las GMAW tidak jauh berbeda dengan prinsip las SMAW. Keduanya sama-sama merupakan las busur (*Arc Weld*), yaitu proses las yang menggunakan aliran listrik untuk memanaskan logam. Hal prinsip yang membedakan GMAW dan SMAW adalah:
 - a. Digunakannya elektroda berbentuk batangan.
 - b. Digunakannya elektroda yang terbungkus.
 - c. Digunakan elektroda yang mengalir.
 - d. Digunakannya pelindung logam las dalam bentuk gas.
 - e. Hasil pengelasannya tidak menghasilkan terak

2. Salah satu mesin las sebagai sumber tenaga dalam proses las GMAW yang banyak digunakan adalah mesin las jenis konstan potensial. Hal ini didasarkan pada pertimbangan bahwa operator las menginginkan:
 - a. Elektroda dapat mengalir secara terus menerus.
 - b. Elektroda dapat mengalir secara konstan.
 - c. Dapat mengontrol panjang busur.
 - d. Dapat mengontrol aliran arus pengelasan.
 - e. Agar tidak terjadi penurunan tegangan selama proses pengelasan.

3. Salah satu perbedaan antara *Constant Current (CC) Arc system*, dari *Constant Voltage (CV) Arc system* adalah dijaganya arus pengelasan agar tetap konstan terhadap busur. Meskipun demikian, ada hal lain yang akan terjadi akibat dari upaya tersebut, yaitu:
 - a. Terjadinya penurunan tegangan.
 - b. Terjadinya kemiringan yang curam pada kurva arus akibat adanya perubahan arus seiring dengan perubahan panjang busur.
 - c. Terjadinya kemiringan yang moderat pada kurva arus dari busur pendek ke busur panjang meskipun arus tidak berubah.
 - d. Terjadinya kemiringan yang datar pada kurva arus seiring dengan perubahan panjang busur.

- e. Tidak ada yang benar
4. Dalam pengoperasian las GMAW, mode pengoperasian semi otomatis lebih banyak digunakan dibanding dua mode yang lain. Hal ini didasarkan pada pertimbangan bahwa:
- a. Mode semiotomatis mudah untuk digunakan.
 - b. Mode semiotomatis tidak menyulitkan operator.
 - c. Dalam mode semiotomatis, operator tidak mengendalikan parameter pengelasan.
 - d. Dalam mode semiotomatis, operator hanya melakukan pengaturan parameter pengelasan.
 - e. Dalam mode semiotomatis, pergerakan kawat las dikontrol secara otomatis.
5. Salah satu kelebihan dari GMAW adalah mudah digunakan untuk berbagai posisi pengelasan. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa:
- a. GMAW dapat beroperasi pada arus yang kecil.
 - b. GMAW dapat menghindari terjadinya terputusnya busur.
 - c. GMAW dapat menghasilkan busur yang panjang dengan tanpa putus.
 - d. Kecepatan aliran kawat las pada GMAW dapat diatur.
 - e. GMAW dapat menghasilkan kubangan las yang kecil.
6. Salah mode metal transfer yang terjadi pada proses las GMAW adalah *Spray Metal Transfer*. Salah satu karakteristik dari mode ini adalah:
- a. Cocok untuk digunakan pada arus yang besar.
 - b. Cairan logam yang terjadi dapat lebih besar dibanding diameter kawat las
 - c. Cocok untuk digunakan pada pengelasan material tebal.
 - d. Cocok untuk digunakan pada pengelasan material tebal untuk seluruh posisi pengelasan.
 - e. Pada saat pengelasan percikan yang terjadi sedikit.

7. Perhatikan gambar rol penggerak kawat las di bawah ini.



(A) (B) (C) (D)

Dari gambar di atas, yang digunakan untuk menggerakkan kawat elektroda dari bahan logam ferro dengan ukuran diameter kawat yang kecil adalah:

- a. Rol gambar A
- b. Rol Gambar B
- c. Rol Gambar C
- d. Rol Gambar D
- e. Semua Rol dapat digunakan

G. Kunci Jawaban

1. D
2. B
3. A
4. E
5. E
6. E
7. A

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : MENYIAPKAN BAHAN LAS SESUAI GAMBAR

KERJA

A. Tujuan

Setelah anda menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, diharapkan anda memiliki kemampuan dalam menyiapkan bahan las yang sesuai dengan karakteristik pekerjaan serta gambar kerja yang telah disusun.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Spesifikasi kompetensi atau kinerja yang harus anda kuasai setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini adalah:

1. Dapat menjelaskan karakteristik logam las (base material) untuk setiap grade.
2. Menjelaskan pengaruh logam paduan terhadap sifat mekanik bahan.
3. Menjelaskan lima tipe dasar rancangan sambungan las.
4. Menjelaskan jenis-jenis sambungan pengelasan berdasarkan klasifikasinya.
5. Menjelaskan simbol-simbol dasar pengelasan.
6. Menjelaskan supplementary symbol.
7. Menjelaskan cara penempatan delapan elemen pengelasan dalam penulisan simbol pengelasan.
8. Menjelaskan simbol pengelasan pada gambar konstruksi.

C. Bahan Bacaan

Bahan Bacaan 1 : Mengenal Berbagai Macam Grade Jenis Pelat untuk

Bahan Las

Proses Las GMAW dapat digunakan untuk mengelas logam baja karbon, baja karbon paduan, baja nikel, baja tahan karat (Stainless Steel) dan lain-lain. Bahan las yang ada dipasaran dibagi ke dalam 3 (tiga) grade, yaitu baja roll untuk struktur umum (baja SS), baja roll untuk struktur la (SM Steel), dan baja berkekuatan tarik tinggi.

1. **Baja roll untuk struktur umum (baja SS)**

Baja SS merupakan kelompok material yang tergolong pada baja karbon rendah (baja lunak). Dikatakan baja lunak, karena kelompok baja ini hanya mengandung karbon sekitar 0.1% - 0.3%. Kelompok baja ini merupakan baja yang sering digunakan untuk struktur umum. Dalam standar JIS, untuk jenis-jenis baja tertentu dari baja karbon tingkat kekerasannya tidak menggunakan kandungan karbon melainkan menggunakan standar kandungan posfor, dan belerang. JIS, menggunakan standar "SS" agar dapat membedakan jenis baja roll struktur umum. Standar "SS" yang digunakan diantaranya adalah: a) SS 330 dan SS 400 yang merupakan baja khusus dan digunakan secara luas dalam berbagai struktur; dan b) SS 490 dan SS 540 yang tergolong ke dalam baja dengan kandungan karbon yang tinggi, sehingga memiliki tegangan tarik yang tinggi. Kelompok baja ini digunakan apabila kekuatan dipersyaratkan. Dikarenakan kandungan karbon tinggi, SS 490 dan SS 540 memberikan tegangan tarik tinggi, tetapi perpanjangannya rendah dan menjadi sangat rentan terhadap retak las.

Tabel 4.1

Baja SS (JIS G 3101)

| Simbol | Kandungan unsur kimia | | | | Kekuatan tarik (N/mm) | Perpanjangan |
|--------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|-----------------------|-------------------------|
| | C | Mn | P | S | | |
| SS330 | | | Maks. 0.050 | Maks. 0.050 | 330 – 430 | 21 s/d 30 atau lebih |
| SS400 | | | | | 400 – 510 | 17 s/d 24 atau lebih |
| SS490 | | | | | 490 – 610 | 15 s/d 21 atau lebih |
| SS540 | Maks. 0.30 | Maks. 1.60 | Maks. 0.040 | Maks. 0.040 | 540 atau lebih | 13 s/d 17 atau lebih |

(Sunaryo, 2009)

2. Baja roll untuk struktur las (SM steel)

JIS menggunakan simbol "SM" untuk membedakan baja roll yang digunakan pada struktur las dengan rentang kekuatan tarik dari 400 sampai dengan 570 N/mm². Tabel 4.2 berikut adalah beberapa jenis baja roll untuk struktur las dengan berbagai kandungan unsur kimia dan sifat mekaniknya.

Jumlah kandungan karbon yang ada dalam sebuah logam (baja), dapat mempertinggi tegangan tarik dari baja, tetapi akan mengurangi sifat mampu lasnya. Untuk menjamin mampu las yang baik dari baja roll untuk struktur las, maka kandungan karbon harus serendah mungkin yaitu sekitar 0.18% - 0.25%. Sementara, apabila menginginkan kekuatan yang cukup, maka kedalam bajakarbon tersebut harus ditambahkan unsur mangan (0.6% - 1.6%,) dan silikon (0.35% - 0.55%). Sebagai contoh, SS 490 dan SM 490 mempunyai kekuatan tarik yang sama, padahal kedua logam tersebut berasal dari kelompok yang berbeda dengan komposisi kimia yang berbeda pula. Kesamaan sifat tersebut tidak lepas dari adanya unsur kimia C, Mn, P dan S dalam logam kelompok SS, dan unsur C, Mn, dan Si yang terkandung dalam logam kelompok "SM". Dengan unsur kimia yang ada dalam kelompok baja SM, menyebabkan baja SM dapat dipakai untuk struktur las yang besar, yang membutuhkan sifat mampu las dan kekuatan tarik yang tinggi.

Tabel 4.2 Baja roll untuk struktur las (JIS G 3106)

| Simbol | Kandungan unsur kimia (maks)(%) | | | | Kekuatan tarik (ketebalan plat maks 100 mm) (N/mm ²) | Titik mulur atau kekuatan(N/mm ²) | | | Penyerapan energi Charpy | |
|--------|---------------------------------|-------|------|-----------|--|---|---------|-------|--------------------------|------------------------------|
| | C | | Si | Mn | | <16mm | 16~40mm | >40mm | Suhu (°C) | Batas rata-rata terendah (J) |
| | <50mm | >50mm | | | | | | | | |
| SM400A | 0.23 | 0.25 | -- | 2.5xC | 400~510 | >245 | >236 | >215 | -- | -- |
| SM400B | 0.20 | 0.22 | 0.35 | 0.60~1.40 | 400~510 | >245 | >235 | >215 | 0 | 27 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|------|----------|------|---------|------|------|------|----|----|
| SM400C | 0.18 | -- | 0.3 5 | 1.40 | | | | | 0 | 47 |
| SM490A | 0.20 | 0.22 | 0.5 5 | 1.6 | 490~610 | >325 | >315 | >295 | -- | -- |
| SM490B | 0.18 | 0.20 | | | | | | | 0 | 27 |
| SM490C | 0.18 | -- | | | | | | | 0 | 47 |
| SM490YA | 0.20 | -- | 0.5 | 1.6 | 490~610 | >365 | >355 | >355 | -- | -- |
| SM490YB | | | 5 | | | | | | 0 | 27 |
| SM520B | 0.20 | -- | 0.5 | 1.6 | 520~610 | >365 | >355 | >355 | 0 | 27 |
| SM520C | | | 5 | | | | | | 0 | 47 |
| SM570 | 0.18 | -- | 0.5 5 | 1.6 | 570~720 | >460 | >450 | >430 | -5 | 47 |
| Note : (l) P and S < 0.040% | | | | | | | | | | |

(Sunaryo, 2009)

3. Baja berkekuatan tarik tinggi

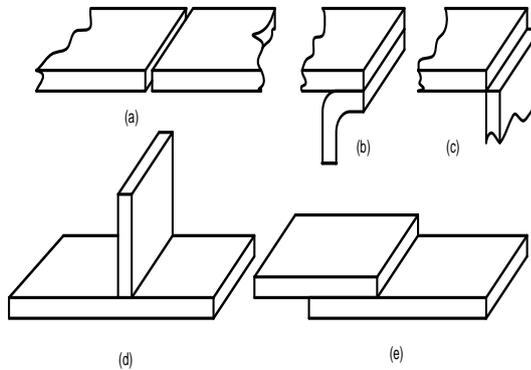
Baja berkekuatan tarik tinggi merupakan baja yang mempunyai sifat mampu las yang baik, mempunyai kekuatan tarik 490 N/mm² atau lebih dan ringan. Sifat itulah yang mendasari baja ini sering digunakan untuk baja struktur, karena dapat mengurangi berat struktur las dan biaya tetapi mampu meningkatkan kinerja dari struktur. Ada dua kelas dalam kelompok baja jenis ini, yaitu kelas HT 50 (tegangan tarik = 490 N/mm² atau lebih) dan Kelas HT 60 (tegangan tarik = 570 N/mm² atau lebih). Berdasarkan tabel 4.2 di atas, dapat dikatakan bahwa Baja SM 490 dari JIS dapat disamakan dengan baja berkekuatan tarik tinggi kelas HT 50, sedangkan Baja SM 520 dapat disamakan dengan baja berkekuatan tarik tinggi kelas HT 60.

Bahan Bacaan 2 : Klasifikasi Sambungan Las

Dalam menyambung dua buah logam dengan menggunakan teknik las, perlu diperhatikan jenis sambungan yang akan digunakan. Pemilihan jenis sambungan yang akan digunakan didasarkan pada: (a) intensitas dan karakteristik beban yang akan diterima oleh konstruksi, (b) efek tekukan (warping effect), dan (c) biaya penyiapan sambungan. Ada 5 (lima) tipe dasar rancangan sambungan las, yaitu: (1) Sambungan Tumpul (*Butt joint*), (2)

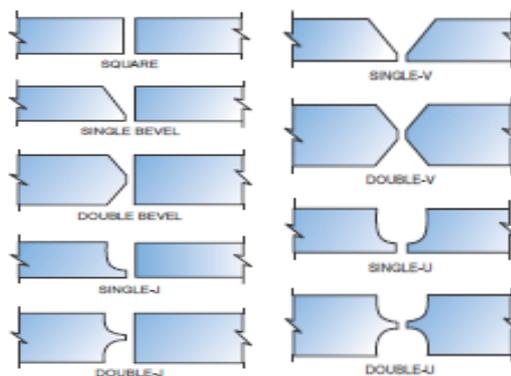
Sambungan Tumpang (*Lap Joint*), (3) Sambungan T (*Tee Joint*), (4) Sambungan Sudut (*Corner Joint*), and (5) Sambungan Tepi (*Edge Joint*). Kelima jenis rancangan sambungan las tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 4.1 Lima Tipe Dasar Rancangan Sambungan Las
 (a) Sambungan Tumpul (Butt Joint), (b) Sambungan Tepi (Edge Joint),
 (c) Sambungan Sudut luar (Out Side Corner), (d) Sambungan T, dan (e) Sambungan Tumpang (Lap Joint)



Selain lima bentuk dasar rancangan sambungan las, dalam proses penyambungan logam dengan menggunakan teknik las, juga harus diperhatikan bentuk dari alur (kampuh las). Ada beberapa jenis kampuh (alur) las yang umum digunakan, yaitu: (a) persegi/l, (b) V tunggal, (c) tirus tunggal, (d) U tunggal, (e) V Ganda/X, (f) Tirus ganda/K, (g) U ganda/H, (h) J tunggal, dan (i) J ganda/K. Ke sembilan bentuk alur tersebut dapat digunakan dalam sambungan tumpul, dalam sambungan T, atau juga dalam sambungan sudut. Bentuk-bentuk kampuh atau alur las tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

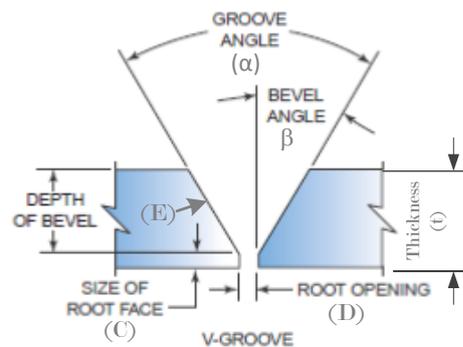
Gambar 4.2 Macam-macam Bentuk Kampuh Las (Jeffus, 2012, halm.91)



Setiap jenis sambungan las baik fillet maupun kampuh, memiliki parameter atau nama-nama bagian sesuai dengan jenisnya. Nama-nama bagian tersebut adalah sebagai berikut.

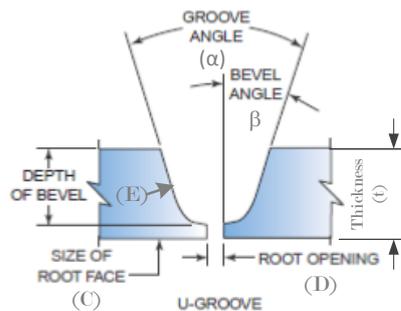
Pada sebuah kampuh las yang di buat ada beberapa nama dari setiap bagiannya, yaitu seperti pada gambar berikut.

Gambar 4.3 Nama-nama Bagian Las Pada Kampuh V ((Jeffus, 2012, halm.92)



Adapun nama-nama bagian las pada kampuh U dapat dilihat pada gambar berikut.

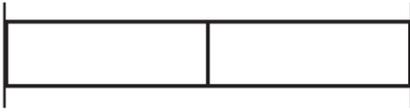
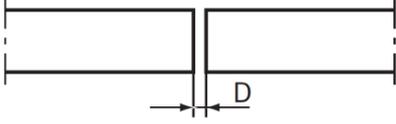
Gambar 4.4 Nama-nama Bagian Las Pada Kampuh U ((Jeffus, 2012, halm.92)



Pada bentuk Fillet, nama-nama bagian-bagian tersebut dapat dilihat pada gambar berikut. Setiap jenis sambungan yang dirancang/dipilih, harus diselaraskan dengan metode pengelasan yang digunakan dan tebal bahan yang harus dibutuhkan. Oleh karena itu, tabel berikut merupakan salah satu panduan dalam memilih parameter pada jenis sambungan las berdasarkan metode pengelasan dan tebal bahan yang harus disiapkan.

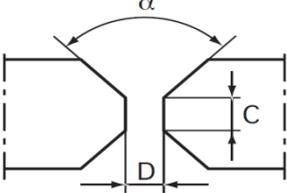
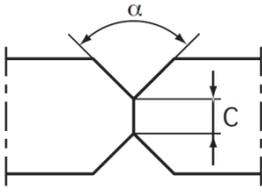
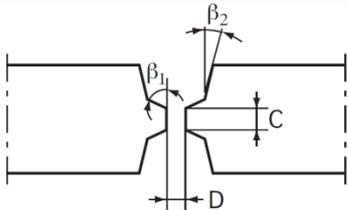
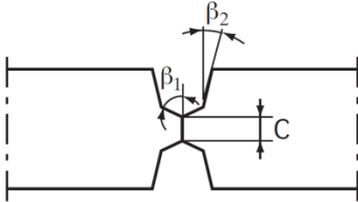
Tabel 4.3

Penggunaan metode pengelasan, pada setiap sambungan dan ketebalan yang disarankan

| No | Jenis sambungan | Gambar sambungan | Metode | Ketebalan |
|----|---|--|-----------------------------|--------------------|
| 1. | Sambungan I Tanpa root gap ¹⁾ Satu sisi |  | TIG | $t < 2,5$ mm |
| 2. | Sambungan I Tanpa root gap ²⁾ Dua sisi | | SAW | $t = 6 - 9$ mm |
| 3. | Sambungan I Satu sisi | | PAW | $t = 1 - 8$ mm |
| 4. | Sambungan I $D = 2 - 2.5$ mm Dua sisi |  | MMA, MIG, TIG, FCW | $t < 4$ mm |
| 5. | Sambungan I $D = 1 - 2$ mm Satu sisi | | MMA, MIG, TIG | $t < 2,5$ mm |
| 6. | Sambungan V $\alpha = 60^{\circ 3)}$ $C = 0,5 - 1,5$ mm $D = 2,0 - 4,0$ mm Satu sisi | | MMA, MIG, TIG, FCW | $t = 4 - 16$ mm |

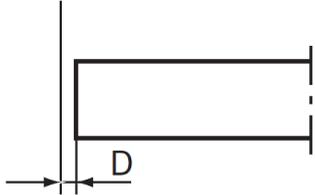
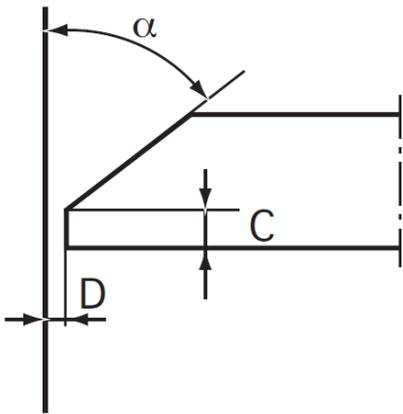
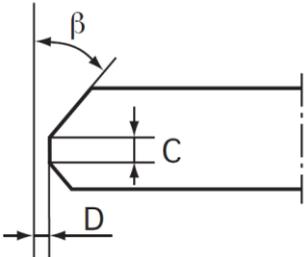
| No | Jenis sambungan | Gambar sambungan | Metode | Ketebalan |
|-----|---|------------------|-----------------------------|------------------|
| 7. | Sambungan V $\alpha = 60^{\circ}$ ³⁾ C = 2,0 – 2,5 mm D = 2,5 – 3,5 mm Dua sisi | | MMA, MIG, TIG, FCW | t = 4 – 16 mm |
| 8. | Sambungan V $\alpha = 60^{\circ}$ ³⁾ C = 1,5 – 2,5 mm D = 4,0 – 6,0 mm Satu sisi dengan backing | | FCW | t = 4 – 20 mm |
| 9. | Sambungan V $\alpha = 80 - 90^{\circ}$ C = 1,5 mm Tanpa root gap ¹⁾ Dua sisi | | TIG+, SAW | t = 3 – 16 mm |
| 10. | Sambungan V $\alpha = 80 - 90^{\circ}$ C = 3,0 – 6,0 mm ⁴⁾ Tanpa root gap Dua sisi | | SAW | t = 8 – 16 mm |
| 11. | Sambungan V $\alpha = 80 - 90^{\circ}$ | | PAW+, SAW | t = 6 – 16 mm |

| No | Jenis sambungan | Gambar sambungan | Metode | Ketebalan |
|-----|--|------------------|-------------|------------------|
| | C = 3,0 – 4,0 mm Tanpa root gap Dua sisi | | | |
| 12. | Sambungan V $\beta_1 = 45^\circ$ $\beta_2 = 15^\circ$ C = 1,0 – 2,0 mm D = 2,0 – 3,0 mm Satu sisi | | MMA, FCW | t = 4 – 16 mm |
| 13. | Sambungan V $\beta_1 = 45^\circ$ $\beta_2 = 15^\circ$ C = 2,0 – 2,5 mm D = 2,0 – 2,5 mm Dua sisi | | MMA, FCW | t = 4 – 16 mm |
| 14. | Sambungan V $\beta_1 = 45^\circ$ $\beta_2 = 15^\circ$ C = 1,5 – 2,5 mm D = 4,0 – 6,0 mm Satu sisi dengan backing | | FCW | t = 4 – 20 mm |

| No | Jenis sambungan | Gambar sambungan | Metode | Ketebalan |
|-----|--|--|--|--|
| 15. | Sambungan X $\alpha = 60^{\circ}$ ³⁾ $C = 2,0 - 3,0 \text{ mm}$ $D = 2,0 - 2,5 \text{ mm}$ Dua sisi |  | MMA, MIG, TIG ⁶⁾ , FCW | $t = 14 - 30 \text{ mm}$ ⁸⁾ |
| 16. | Sambungan X $\alpha = 80^{\circ}$ $C = 3,0 - 8,0 \text{ mm}$ ⁴⁾ Tanpa root gap Dua sisi |  | SAW | $t = 14 - 30 \text{ mm}$ |
| 17. | Sambungan X $\beta_1 = 45^{\circ}$ $\beta_2 = 15^{\circ}$ $C = 1,5 - 2,5 \text{ mm}$ $D = 2,5 - 3,0 \text{ mm}$ Dua sisi |  | MMA, MIG, TIG ⁶⁾ , FCW | $t = 14 - 30 \text{ mm}$ ⁸⁾ |
| 18. | Sambungan X $\beta_1 = 45^{\circ}$ $\beta_2 = 15^{\circ}$ $C = 3,0 - 8,0 \text{ mm}$ ⁴⁾ Dua sisi |  | SAW ⁹⁾ | $t = 14 - 30 \text{ mm}$ |

| No | Jenis sambungan | Gambar sambungan | Metode | Ketebalan |
|-----|--|------------------|---|-------------------------|
| 19. | Sambungan U $\beta = 10^\circ$ $R = 8,0 \text{ mm}$ $C = 2,0 - 2,5 \text{ mm}$ $D = 2,0 - 2,5 \text{ mm}$ Dua sisi | | MMA, MIG, TIG ⁶⁾ , FCW, SAW ¹⁰⁾ | $t < 50 \text{ mm}$ |
| 20. | Sambungan U Ganda $\beta = 15^\circ$ $R = 8,0 \text{ mm}$ $C = 4,0 - 8,0 \text{ mm}^4)$ Dua sisi | | SAW ⁹⁾ | $t > 20 \text{ mm}$ |
| 21. | Sambungan Fillet Tanpa root gap $A = 0,7 \times t$ Satu atau dua sisi | | MMA, MIG, TIG, FCW | $t > 2 \text{ mm}$ |
| 22. | Sambungan setengah V $\alpha = 50^\circ$ $C = 1,0 - 2,0 \text{ mm}$ $D = 2,0 - 4,0 \text{ mm}$ Satu sisi | | MMA, MIG, TIG ⁶⁾ , FCW | $t = 4 - 16 \text{ mm}$ |

| No | Jenis sambungan | Gambar sambungan | Metode | Ketebalan |
|-----|---|------------------|--|--------------------|
| 23. | Sambungan setengah V $\alpha = 50^\circ$ $C = 1,5 - 2,5 \text{ mm}$ $D = 2,0 - 4,0 \text{ mm}$ Satu sisi | | MMA, MIG, TIG ⁶⁾ , FCW | $t = 4 - 16$ mm |
| 24. | Sambungan setengah X $\alpha = 50^\circ$ $C = 1,0 - 1,5 \text{ mm}$ $D = 2,0 - 4,0 \text{ mm}$ Satu sisi | | MMA, MIG, TIG ⁶⁾ , FCW ⁵⁾ | $t = 4 - 30$ mm |
| 25. | Sambungan setengah X $\alpha = 50^\circ$ $C = 1,5 - 2,5 \text{ mm}$ $D = 2,0 - 3,0 \text{ mm}$ Dua sisi | | MMA, MIG, TIG ⁶⁾ , FCW | $t = 4 - 30$ mm |
| 26. | Sambungan Fillet Tanpa root gap Dua sisi | | MMA, MIG, TIG, FCW | $t < 2 \text{ mm}$ |

| No | Jenis sambungan | Gambar sambungan | Metode | Ketebalan |
|-----|---|--|--|-----------------------------|
| 27. | Sambungan Fillet D = 2,0 – 2,5 mm Dua sisi |  | MMA, MIG, TIG, FCW | t = 2 - 4 mm |
| 28. | Sambungan setengah V $\alpha = 50^\circ$ C = 1,5 – 2,5 mm D = 2,0 – 4,0 mm Satu sisi |  | MMA, MIG, TIG ⁶⁾ , FCW ⁵⁾ | t = 4 – 12 mm |
| 29. | Sambungan setengah V $\alpha = 50^\circ$ C = 1,5 – 2,5 mm D = 1,5 – 2,5 mm Dua sisi | | MMA, MIG, TIG ⁶⁾ , FCW | t = 4 – 16 mm |
| 30. | Sambungan K $\beta = 50^\circ$ C = 2,0 – 2,5 mm D = 2,0 – 4,0 mm Dua sisi |  | MMA, MIG, TIG ⁶⁾ , FCW | t = 4 – 30 mm ⁸⁾ |

| No | Jenis sambungan | Gambar sambungan | Metode | Ketebalan |
|-----|---|------------------|--|--------------------|
| 31. | Sambungan setengah V⁷⁾ $\alpha = 50^\circ$ $C = 1,0 - 2,0 \text{ mm}$ $D = 2,0 - 3,0 \text{ mm}$ Dua sisi | | MMA, MIG, TIG ⁶⁾ , FCW | $t = 4 - 16$ mm |
| 32. | Setengah Pipa $\alpha = 45^\circ$ $C = 1,5 - 2,0 \text{ mm}$ $D = 1,0 - 2,0 \text{ mm}$ Satu sisi | | MMA, MIG, TIG, FCW | $t = 4 - 16$ mm |

(sumber:Laren, 2004: 83)

Keterangan:

- 1) harus memakai root gap ketika mengelas tingkatan khusus.
- 2) alur dasar, 1 – 2 mm dalam dan lebar.
- 3) sudut sambungan untuk tingkatan khusus adalah 60 - 70°.
- 4) root land di atas 5 mm harus mencondongkan torch ke arah depan pengelasan.
- 5) pengelasan menggunakan ceramic backing.
- 6) normalnya hanya pada 1 – 3 langkah, mengikuti MIG, FCW, MMA atau SAW.
- 7) untuk manways, viewports dan nozzles.
- 8) ketebalan di atas 20 mm dapat dibuat sambungan X tidak simetris.
- 9) TIG atau MMA dapat digunakan pada root runs. Gerinda dari balik. $C = 30 \text{ mm}$.
- 10) SAW dapat digunakan untuk jalur pengisian dan caping.

Bahan Bacaan 3 : Simbol-simbol Las

Syarat-syarat dalam pengelasan harus diperhatikan dengan seksama, karena memiliki keterkaitan yang penting dengan kualitas sambungan las. Sekaitan dengan itu, syarat-syarat dalam pengelasan tersebut harus disampaikan dengan jelas kepada juru las. Cara menyampaikan pesan tersebut dengan mudah dan tepat adalah melalui penempatan tanda-tanda pengelasan pada gambar kerja, yang dalam hal ini adalah gambar konstruksi yang akan dibuat. Tanda-tanda atau simbol-simbol pengelasan tersebut telah terstandar dengan mengacu pada beberapa standar internasional seperti AWS, JIS, BS, DIN dan standar yang lainnya. Mengingat gambar simbol-simbol pengelasan tersebut harus dimengerti dan difahami oleh banyak Negara di dunia, maka tanda gambar-gambar tersebut telah distandarisasi oleh ISO.

1. Simbol-simbol Dasar

Simbol pengelasan adalah metode untuk menunjukkan simbol-simbol las dalam gambar yang terdiri atas delapan elemen, yaitu: (a) Garis referensi (*reference line*), (b) anak panah (*arrow*), (c) simbol dasar las (*basic symbol weld*), (d) ukuran dan data lain (*dimension and other data*), (e) simbol tambahan (*supplementary symbol*), (f) simbol penyelesaian (*finish symbol*), (g) ekor (*tail*), dan (h) spesifikasi, proses, atau referensi lain (*specification, process, or other reference*).

Ada dua jenis simbol las yang harus dicantumkan pada gambar konstruksi las, yaitu simbol dasar las, dan simbol tambahan.

Gambar 4.5

Simbol-simbol Dasar Las (www.navybmr.com)

| Location Significance | Fillet | Plug or Slot | Spot or Projection | Stud | Seam | Back or Backing | Surfacing | Edge |
|--|----------|--------------|--------------------|----------|----------|------------------------|---------------|------------------------|
| Arrow Side | | | | | | Groove Weld Symbol | | |
| Other Side | | | | Not Used | | Groove Weld Symbol | Not Used | |
| Both Sides | | Not Used | Not Used | Not Used | Not Used | Not Used | Not Used | |
| No arrow side or other side significance | Not Used | Not Used | | Not Used | | Not Used | Not Used | Not Used |
| Location Significance | Groove | | | | | | | Scarf for Brazed Joint |
| | Square | V | Bevel | U | J | Flare - V | Flare - Bevel | |
| Arrow Side | | | | | | | | |
| Other Side | | | | | | | | |
| Both Sides | | | | | | | | |
| No arrow side or other side significance | | Not Used | Not Used | Not Used | Not Used | Not Used | Not Used | Not Used |

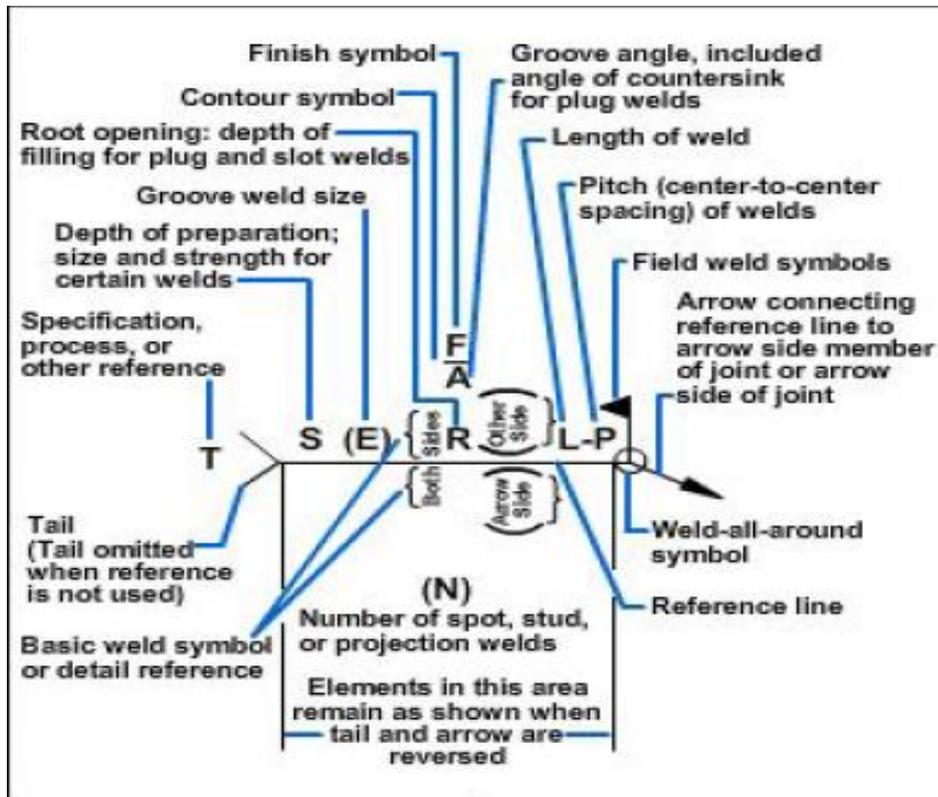
Gambar 4.6

Simbol-simbol Tambahan (www.navybmr.com)

| Supplementary Symbols | | | | | | | |
|-----------------------|------------|-----------|-------------------|------------------------|---------|--------|---------|
| Weld all around | Field Weld | Melt Thru | Consumable Insert | Backing Spacer | Contour | | |
| | | | | | Flush | Convex | Concave |
| | | | | Back Spacer | | | |

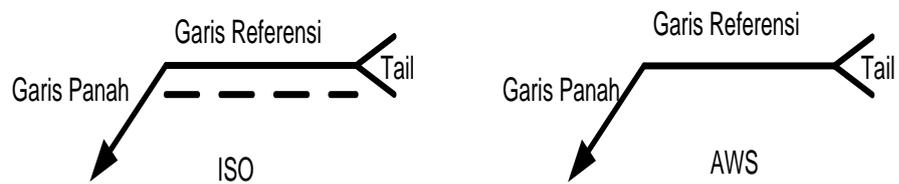
Ke delapan elemen simbol pengelasan tersebut harus ditempatkan secara terstandar sesuai dengan aturan yang berlaku. Cara penempatan ke delapan elemen simbol pengelasan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 4.7 Standar Penempatan Simbol-simbol Las (www.navybmr.com)

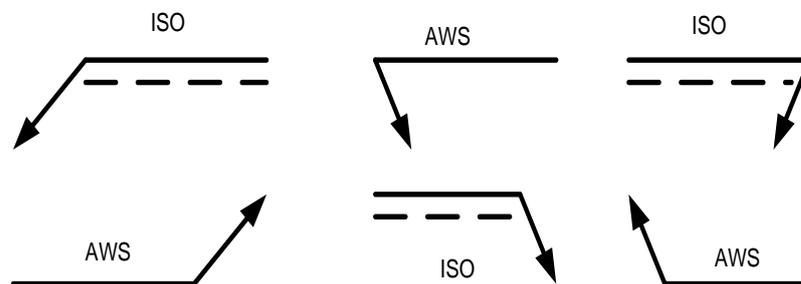


2. Penulisan Simbol Las Pada Gambar Konstruksi

Cara penulisan simbol las pada gambar konstruksi, harus disesuaikan dengan standar yang berlaku, misalnya standar JIS, AWS, DIN, ISO dan lainnya. Masing-masing standar memiliki kekhasan masing-masing, misalnya antara Standar ISO dan Standar AWS ada perbedaan dalam menentukan garis referensi. Dimana, untuk standar ISO garis referensi tersebut ada dua jenis, yaitu garis lurus penuh dan garis putus-putus, sedangkan untuk standar AWS hanya satu jenis garis referensi, yaitu garis lurus penuh. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.

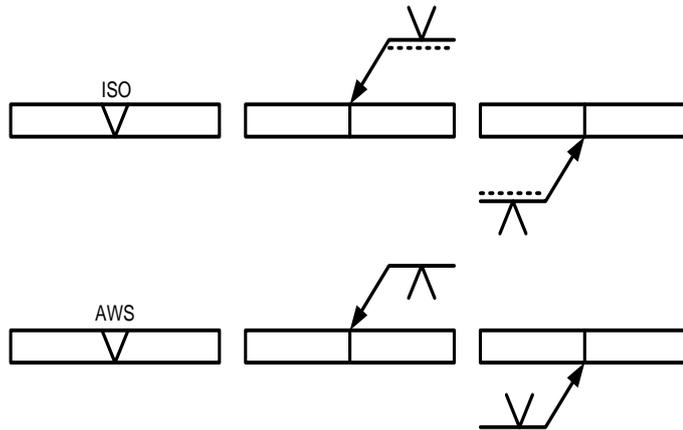
Gambar 4.8**Perbedaan Garis Referensi dan Garis Panah Antara Standar ISO dan Standar AWS**

Selain dalam bentuk kedua garis tersebut, ada juga perbedaan dalam penulisan arah dari garis panah tersebut, seperti terlihat pada gambar berikut.

Gambar 4.9**Kemungkinan Arah dari Garis Panah**

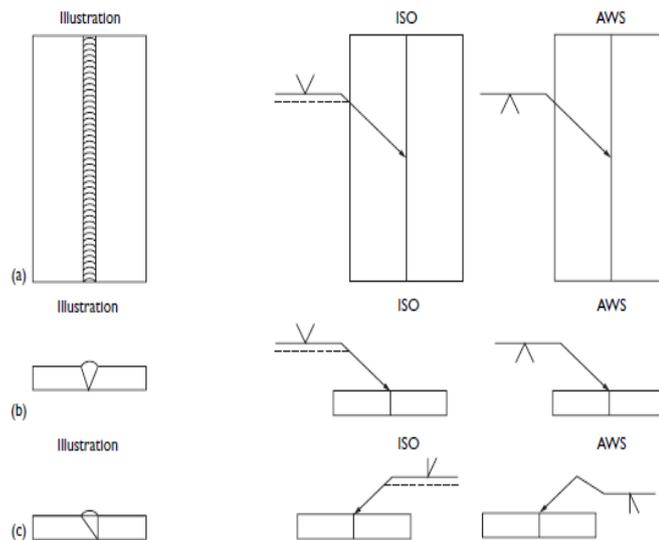
Dalam penerapannya pada gambar kerja (gambar konstruksi), penunjukkan simbol pengelasan untuk satu sisi dan sisi lain berdasarkan standar ISO dan standar AWS, dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 4.10**Penempatan Simbol Pengelasan Pada Gambar Kerja untuk Satu Sisi dan Sisi Lainnya Berdasarkan ISO dan AWS.**



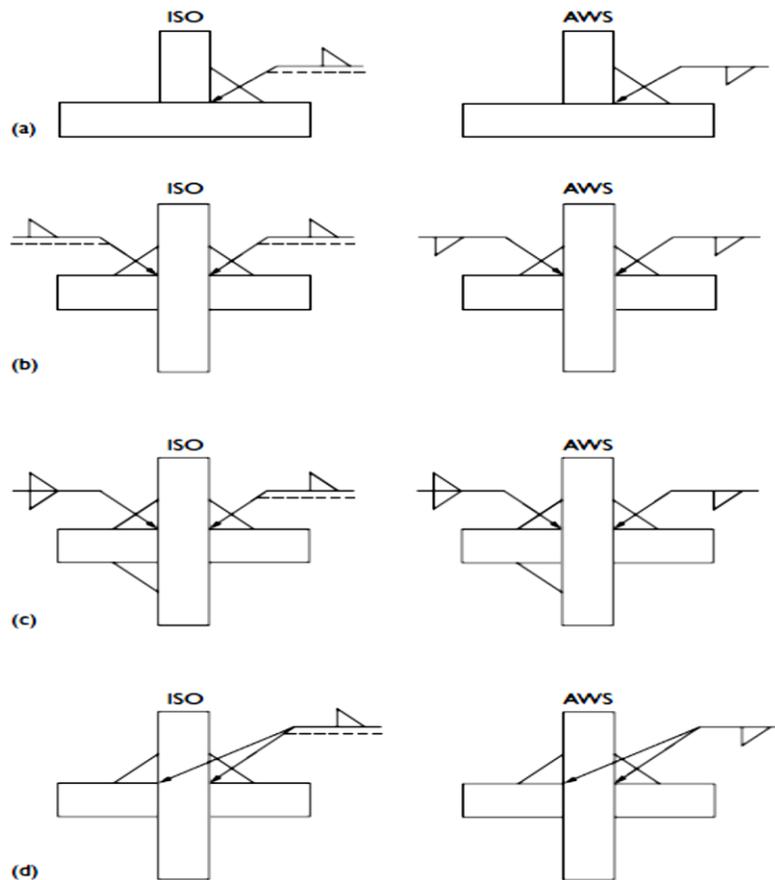
Untuk lebih memberikan gambaran yang jelas lagi, gambar berikut mengilustrasikan bentuk kampuh pengelasan dan posisi penempatan simbol pengelasan pada gambar kerja.

Gambar 4.11 Ilustrasi Bentuk Kampuh Las dan Posisi Penempatan Simbol Las Pada Gambar Kerja untuk Jenis Sambungan Tumpul (Gregory and Armstrong, 2005)



Adapun untuk bentuk Fillet Welds, dapat dilihat pada gambar berikut.

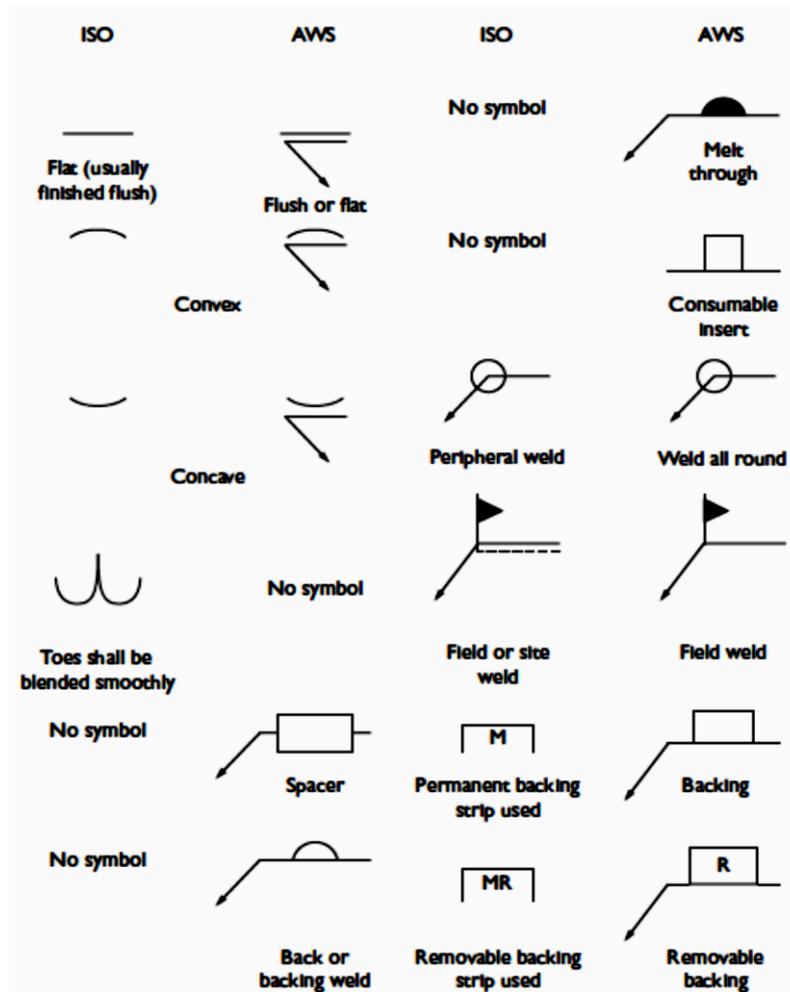
Gambar 4.12 Ilustrasi Bentuk Kampuh Las dan Posisi Penempatan Simbol Las Pada Gambar Kerja untuk Jenis Fillet welds (Gregory and Armstrong, 2005)



Selain simbol-simbol dasar, masih ada simbol tambahan (*supplementary symbols*) yang perlu ditempatkan dan ditunjukkan pada gambar konstruksi atau gambar kerja. Menurut Gregory and Armstrong (2005:16) cara penggambaran dan penunjukkan simbol-simbol tambahan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 4.13

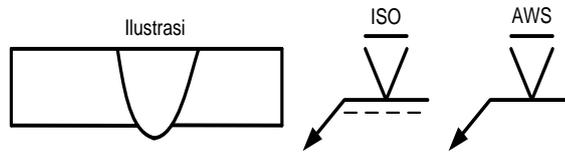
Cara Penggambaran Simbol-simbol Pengelasan Tambahan Berdasarkan Standar ISO dan AWS



Simbol-simbol tambahan digunakan untuk menunjukkan kontur dari suatu jenis pengelasan, misalnya kontur rata, cembung (*convex*), dan cekung (*concave*). Dalam AWS, biasanya juga dilengkapi dengan proses finishing yang dilambangkan dengan huruf kapital M untuk finishing dengan mesin, G untuk finishing dengan gerinda, dan C untuk finishing pahat. Contoh bentuk penerapannya dapat dilihat pada gambar berikut.

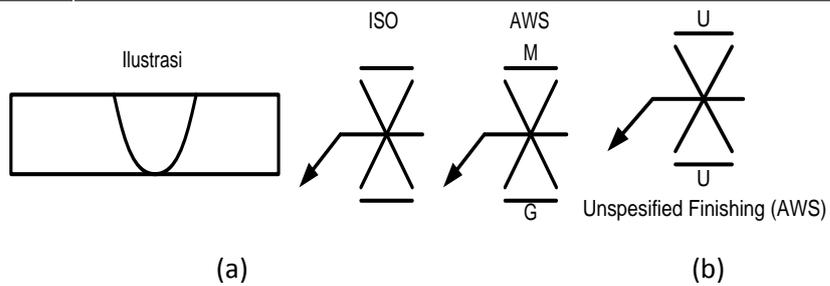
Gambar 4.14

Penerapan Simbol Kontur rata Berdasarkan Standar ISO dan AWS



Gambar 4.15

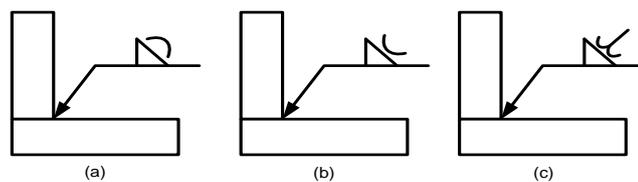
Penerapan Simbol Kontur Rata berdasarkan Standar ISO dan AWS, dengan jenis Finishing (a) dengan Mesin dan Gerinda, (b) tidak specific



Untuk penunjukkan simbol cekung, cembung dan *toes blended smoothly* pada gambar kerja, dapat dilihat pada gambar berikut.

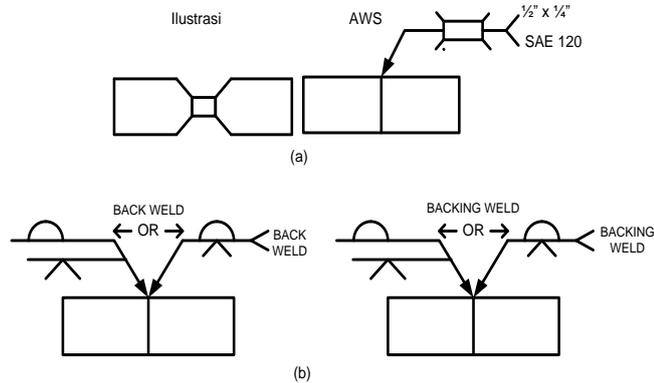
Gambar 4.16

Penunjukkan Simbol (a) Cembung, (b) Cekung, dan (c) Toes Blended Smoothly



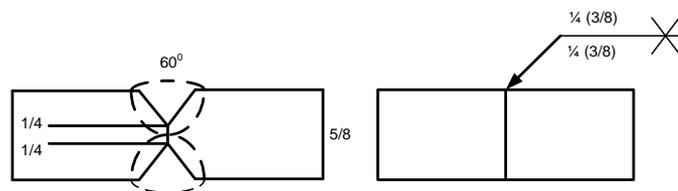
Masih ada, simbol tambahan lain yang dapat digunakan dalam penunjukkan pada gambar kerja, yaitu *Spacer*, *Back Weld* and *Backing weld*, seperti terlihat pada gambar berikut.

Gambar 4.17 Penunjukkan Simbol (a) Spacer, (b) Back Weld and Backing weld.



Selain simbol tentang bentuk alur pengelasan, dalam gambar kerja juga harus ditunjukkan informasi tentang ukuran/dimensi dari lasan yang harus dibuat. Untuk menunjukkan dimensi pada gambar lasan, dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 4.18 Penempatan Ukuran Lasan Pada Gambar Kerja



Dari gambar 4.18 tersebut, dapat dijelaskan bahwa untuk pengelasan dengan alur V ganda memiliki ukuran kedalaman alur (sisi panah) dan sisi sebelah sebesar $\frac{1}{4}$ " , dengan sudut alur untuk keduanya sebesar 60° , dan lebar bahan dasar sebesar $\frac{5}{8}$ " .

D. Aktivitas Belajar

Aktivitas belajar yang harus dilakukan oleh peserta diklat pada kegiatan pembelajaran ini, mencakup:

1. Aktivitas pengantar, yaitu aktivitas pendahuluan yang harus dilakukan peserta diklat dalam rangka mengidentifikasi materi pembelajaran. Aktivitas ini dilakukan dalam bentuk diskusi kelompok selama 30 menit.
2. Aktivitas mengidentifikasi grade jenis-jenis material las.
3. Aktivitas mengidentifikasi bentuk-bentuk sambungan las.

Aktivitas Pengantar : Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok anda untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran menyiapkan bahan las sesuai dengan gambar kerja? Jelaskan!
2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Berapa banyak dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
5. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**. Jika anda telah mampu menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka anda bisa melanjutkan pembelajaran dengan melakukan kegiatan mengidentifikasi grade jenis-jenis material las.

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran menyiapkan bahan las sesuai dengan gambar kerja? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

3. Berapa banyak dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....
.....
.....
.....
.....

4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

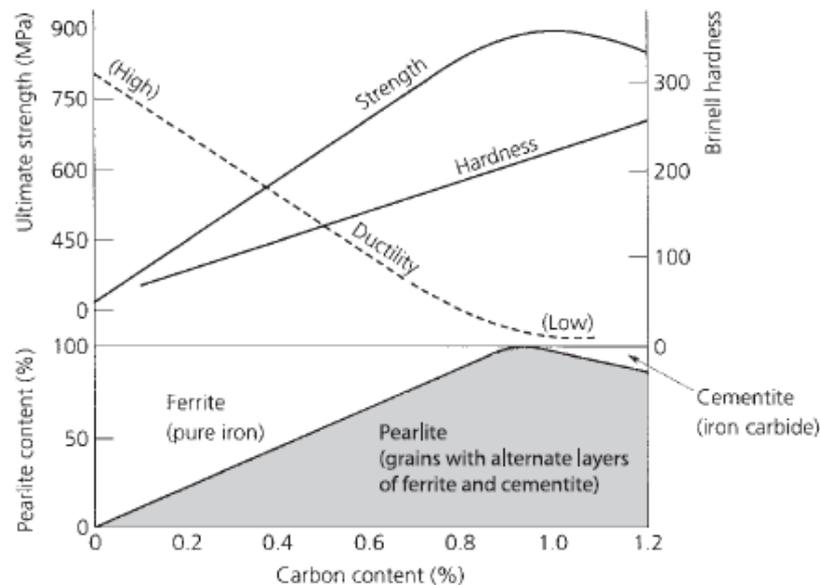
.....
.....
.....
.....
.....

5. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

Aktivitas mengidentifikasi grade jenis-jenis material.

Silahkan anda amatigambar di abwah ini, yaitu gambar tentang pengaruh kandungan karbon terhadap sifat mekanikpada baja dalam kaitan dengan grade jenis-jenis material.



Setelah anda mengamati gambar di atas, sudah tentu anda memiliki persepsi yang berbeda tentang gambar tersebut. Apa yang anda dapat temukan setelah mengamati gambar tersebut? Hal positif dan negatif apa yang dapat anda temukan dari gambar tersebut terkait dengan sifat mekanik logam? Silahkan anda diskusikan hasil pengamatan tersebut dengan anggota kelompok anda. Selanjutnya selesaikan **LK-01** dengan dipandu pertanyaan berikut.

- Mengapa pada saat kandungan *carbon* 0%, logam sudah memiliki sifat ductility yang tinggi sedangkan kekuatan tariknya rendah? Jelaskan!
- Bagaimana sifat mekanik dari baja yang termasuk ke dalam klasifikasi baja lunak? Jelaskan!
- Berapa persen kandungan karbon yang terdapat pada kelompok baja struktur las? Jelaskan pula sifat mekanik yang dimilikinya!
- Dapatkan sifat mekanik yang paling ideal dari suatu logam dapat dicapai? Jelaskan!
- Bagaimana kesimpulan anda tentang pengaruh kandungan karbon terhadap sifat mekanik logam? Jelaskan!

LEMBAR KERJA 1 (LK – 1)

1. Mengapa pada saat kandungan carbon 0%, logam sudah memiliki sifat ductility yang tinggi sedangkan kekuatan tariknya rendah? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....

2. Bagaimana sifat mekanik dari baja yang termasuk ke dalam klasifikasi baja lunak? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....

3. Berapa persen kandungan karbon yang terdapat pada kelompok baja struktur las? Jelaskan pula sifat mekanik yang dimilikinya!

.....
.....
.....
.....

4. Dapatkan sifat mekanik yang paling ideal dari suatu logam dapat dicapai? Jelaskan!

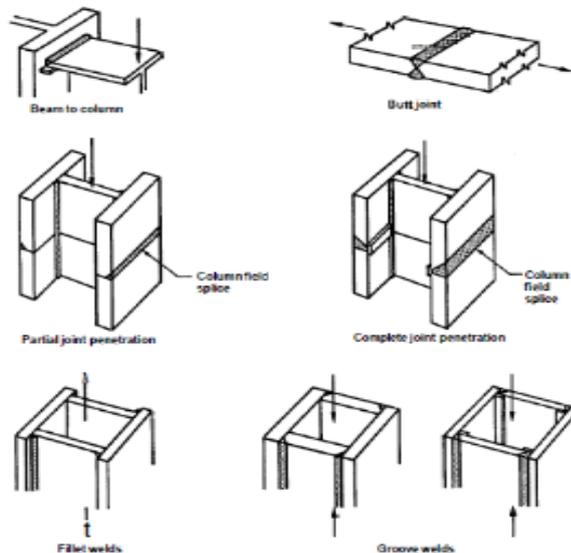
.....
.....
.....
.....

5. Bagaimana kesimpulan anda tentang pengaruh kandungan karbon terhadap sifat mekanik logam? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....

Mengidentifikasi jenis-jenis sambungan las

Anda diminta untuk mengamati gambar yang ada di bawah ini, yaitu gambar tentang jenis-jenis sambungan las yang kemungkinan bias digunakan atau dipilih.



Setelah anda mengamati gambar di atas, sudah tentu anda memiliki persepsi yang berbeda tentang gambar tersebut. Apa yang anda dapat temukan setelah mengamati gambar tersebut? Hal positif dan negatif apa yang dapat anda temukan dari gambar tersebut terkait dengan sifat mekanik logam? Silahkan anda diskusikan hasil pengamatan tersebut dengan anggota kelompok anda. Selanjutnya selesaikan **LK-03** dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Mengapa seorang perencana konstruksi memutuskan untuk memilih salah satu jenis sambungan las dari sekian banyak jenis sambungan las yang ada? Jelaskan!
2. Hal-hal apa yang harus diperhatikan pada saat memutuskan untuk memilih salah satu jenis sambungan las? Jelaskan!
3. Dari hal-hal seperti yang anda jelaskan pada nomor 2, hal mana yang dianggap paling penting dalam memilih jenis sambungan las? Jelaskan

Hasil diskusi anda dapat ditulis pada kertas steno, dan dipresentasikan dengan anggota kelompok yang lain, sehingga mereka mendapat kesempatan untuk bertanya atau memberi masukan untuk penguatan.

LEMBAR KERJA 4 (LK – 4)

1. Mengapa seorang perencana konstruksi memutuskan untuk memilih salah satu jenis sambungan las dari sekian banyak jenis sambungan las yang ada? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

2. Hal-hal apa yang harus diperhatikan pada saat memutuskan untuk memilih salah satu jenis sambungan las? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

3. Dari hal-hal seperti yang anda jelaskan pada nomor 2, hal mana yang dianggap paling penting dalam memilih jenis sambungan las? Jelaskan

.....
.....
.....
.....
.....

E. Rangkuman

- * Untuk membuat konstruksi las yang baik, harus dirancang bentuk atau jenis sambungan yang akan digunakan. Penggunaan jenis dan bentuk sambungan tersebut sangat tergantung pada jenis dan karakteristik beban yang akan diterima oleh sambungan dimaksud, efek tekukan (*warping effect*), dan biaya yang dibutuhkan untuk keperluan penyiapan sambungan, serta ukuran ketebalan dari bahan yang akan di sambung.
- * Ada lima jenis bentuk dasar sambungan yang dapat digunakan, yaitu: (1) Sambungan Tumpul (*Butt joint*), (2) Sambungan Tumpang (*Lap Joint*), (3) Sambungan T (*Tee Joint*), (4) Sambungan Sudut (*Corner Joint*), and (5) Sambungan Tepi (*Edge Joint*).
- * Dalam melakukan penyambungan logam dengan menggunakan teknik las, selain memperhatikan lima bentuk dasar sambungan, perlu juga diperhatikan bentuk alur (kampuh) las yang akan digunakan. Ada sembilan bentuk alur las yaitu: (a) persegi/l, (b) V tunggal, (c) tirus tunggal, (d) U tunggal, (e) V Ganda/X, (f) Tirus ganda/K, (g) U ganda/H, (h) J tunggal, dan (i) J ganda/K.
- * Untuk membantu memudahkan juru las dalam melaksanakan pekerjaan, maka dalam gambar kerja atau gambar konstruksi las harus diberi sejumlah informasi yang jelas. Informasi tersebut dituangkan dalam bentuk simbol-simbol pengelasan yang terdiri dari delapan elemen, yaitu: (a) Garis referensi (*reference line*), (b) anak panah (*arrow*), (c) simbol dasar patri (*basic symbol weld*), (d) ukuran dan data lain (*dimension and other data*), (e) simbol tambahan (*supplementary symbol*), (f) simbol penyelesaian (*finish symbol*), (g) ekor (*tail*), dan (h) spesifikasi, proses, atau referensi lain (*specification, process, or other reference*).
- * Cara penempatan ke delapan elemen tersebut dalam gambar konstruksi , harus disesuaikan dengan standar yang digunakan, misalnya standar JIS, DIN, AWS, atau ISO. Oleh karena, untuk setiap jenis standar tersebut memiliki kekhasan masing-masing.

F. Tes Formatif

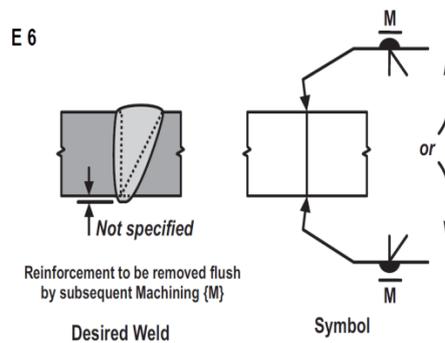
- a. Salah satu jenis logam untuk pengelasan yang tergolong pada grade baja roll untuk struktur umum (baja SS), adalah baja dengan simbol SS540. Baja tersebut memiliki

kekuatan Tarik yang tinggi tetapi perpanjangannya (elongation) rendah. Hal ini diakibatkan oleh kandungan unsur kimia berupa:

- i. Karbon
 - ii. Mangan
 - iii. Fosfor
 - iv. Silikon
 - v. Fosfor dan silikon.
- b. Kandungan unsur karbon dalam logam dapat meningkatkan sifat mekanik dari logam tersebut, khususnya kekuatan tarik. Tetapi disisi lain dapat menurunkan sifat mampu lasnya. Agar sifat mampu las tetap baik dan kekuatan tariknya pun bagus, maka yang harus dilakukan adalah:
- i. Menurunkan kadar karbon dan menambahkan unsur nikel dan silikon.
 - ii. Menurunkan kadar karbon dan menambahkan unsur mangan dan silikon.
 - iii. Menurunkan kadar karbon dan menambahkan unsur mangan dan nikel.
 - iv. Menurunkan kadar karbon dan menambahkan unsur mangan dan fosfor.
 - v. Menurunkan kadar karbon dan menambahkan unsur fosfor dan silikon.
- c. Ada dua kelompok jenis klasifikasi jenis sambungan las, yaitu fillet dan groove. Salah satu bentuk sambungan dari lima dasar rancangan sambungan yang termasuk ke dalam kelompok groove adalah:
- i. Sambungan T
 - ii. Sambungan tumpang
 - iii. Sambungan sudut luar
 - iv. Sambungan tepi
 - v. Sambungan tumpul
- d. Sambungan kampuh dalam melakukan penyambungan pelat menggunakan las didasarkan pada beberapa pertimbangan. Pertimbangan yang paling penting adalah:
- i. Aspek ekonomi
 - ii. Aspek keselamatan
 - iii. Aspek kekuatan
 - iv. Aspek proses pengerjaan/pembuatan

- v. Aspek proses pengelasan yang dipilih

e. Perhatikan gambar berikut.



Dari gambar tersebut, huruf M menunjukkan simbol las yang terkait dengan:

- i. Proses
- ii. Spesifikasi,
- iii. Penyelesaian
- iv. Simbol dasar las
- v. Referensi lain

f. Perhatikan gambar berikut



Gambar diatas merupakan penunjukan simbol las tentang:

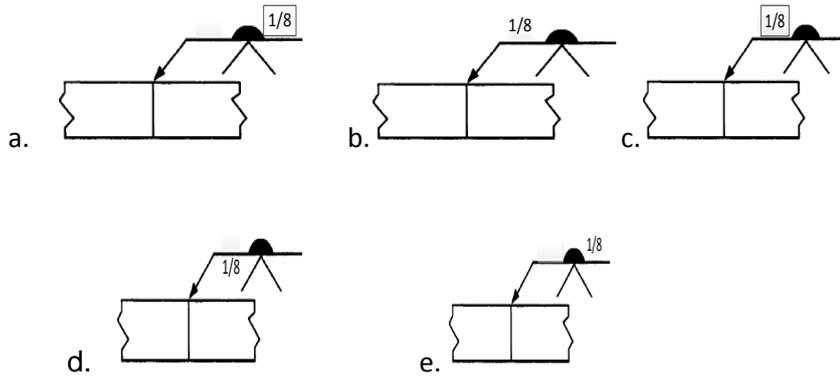
- a. Filed weld
- b. Finishing
- c. Melt Through

- d. Contur
- e. Consumable insert

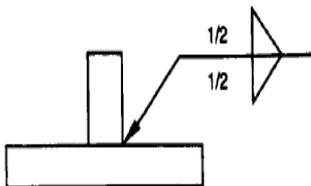
g. Perhatikan gambar berikut!



Penulisan simbol ukuran las yang benar pada gambar adalah:



h. Perhatikan gambar berikut!



Makna dari simbol las yang ada pada gambar di atas adalah:

- i. Pengelasan fillet dengan tinggi fillet $\frac{1}{2}$
- ii. Pengelasan fillet dengan tinggi fillet masing-masing $\frac{1}{2}$
- iii. Pengelasan fillet dengan lebar fillet $\frac{1}{2}$
- iv. Pengelasan fillet dengan lebar fillet masing-masing $\frac{1}{2}$
- v. Pengelasan fillet dengan panjang fillet masing-masing $\frac{1}{2}$

G. Kunci Jawaban

- a. A
- b. B
- c. A
- d. C
- e. C
- f. A
- g. B
- h. B

KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : PENGATURAN (SETTING) PERALATAN LAS

GMAW

A. Tujuan

Setelah anda menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, diharapkan anda memiliki kemampuan dalam melakukan pengaturan (*setting*) peralatan kerja las Busur Gas Metal (*Gas Metal Arc Welding/GMAW*) sesuai dengan kebutuhan pekerjaan.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Spesifikasi kompetensi atau kinerja yang harus anda kuasai setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini adalah:

1. Menjelaskan cara melakukan pengaturan (*setting*) mesin las GMAW.
2. Menjelaskan cara melakukan pengaturan (*setting*) gas pelindung.
3. Menjelaskan cara melakukan pengaturan (*setting*) kawat las.
4. Menjelaskan cara melakukan pengaturan (*setting*) *Torch/welding Gun*.

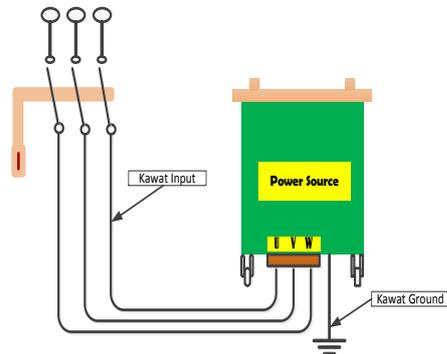
C. Uraian Materi

Dalam proses pengelasan ketersediaan peralatan dengan kondisi siap pakai merupakan hal utama. Oleh karena itu, operator las sebelum melaksanakan proses pengelasan harus mempersiapkan peralatan yang akan digunakan terlebih dulu dan melakukan pengaturan sehingga peralatan tersebut siap untuk digunakan. Beberapa hal yang harus dilakukan operator pada saat melakukan pengaturan (*setting*) peralatan las, khususnya peralatan utama (mesin las), yaitu:

- 1) Melakukan pemeriksaan terhadap seluruh instalasi listrik pada kabel input, dan terminal sambungan serta yakinkan bahwa semuanya dalam keadaan baik (sambungannya benar dan kabel tidak ada yang terkelupas). Sebelum melakukan pengecekan terhadap jaringan dan koneksi listrik, pastikan saklar utama jaringan listrik dalam keadaan mati atau sambungan mesin ke sumber listrik sudah terputus. Selain itu, pastikan juga tombol power pada pengumpan kawat (*wire feeder*) dan mesin las dalam posisi mati ("OFF"), sehingga tidak ada aliran listrik yang masuk ke mesin.

Gambar 5.1

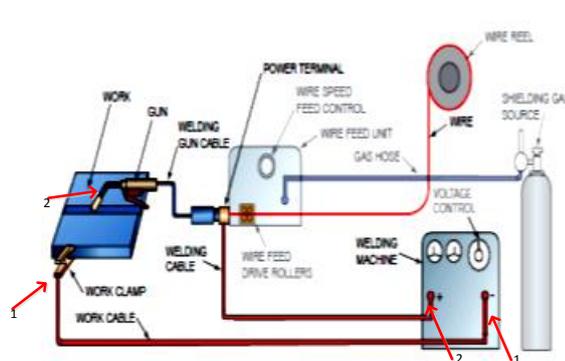
Kabel Input dan Terminal Sambungan



- 2) Memeriksa dan memastikan kabel *out put* dan terminal sambungan, yaitu terminal sambungan positif (+) tersambung ke pengumpan kawat (*wire feeder*), dan terminal sambungan negatif (-) ke benda kerja atau meja kerja, semuanya dalam keadaan baik.

Gambar 5.2

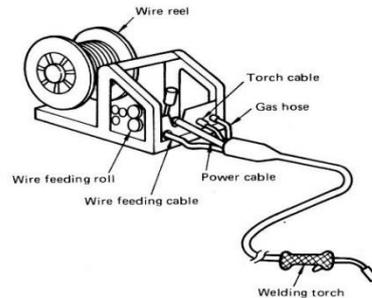
Terminal Sambungan Positif dan Negatif (Jeffus, 2011, halm. 233)



- 3) Memeriksa dan memastikan sambungan selang gas, kabel *switch torch*, kabel power dan kabel *wire feeder* dalam keadaan baik.

Gambar 5.3

Sambungan selang gas



- 4) Memilih tabung gas pelindung sesuai jenis gas yang akan digunakan dan memasang atau menempatkannya pada tempat yang benar (di mesin) serta mengikatnya agar aman.

Gambar 5.4

Cara Mengikat Tabung Gas Pada Mesin



- 5) Memasang *Flow Meter* dengan benar pada tabung

Gambar 5.5

Cara Memasang Flow Meter pada Tabung Gas



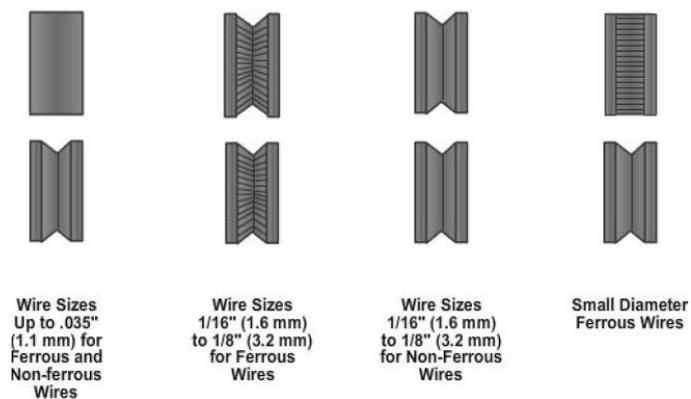
6) Memilih kawat las yang akan digunakan dan memasangnya pada *wire feeder*

Gambar 5.6 Pemilihan dan Pemasangan Gulungan Kawat Las pada *wire feeder*



7) Memilih bentuk, jenis, dan ukuran rol penggerak kawat yang sesuai dengan jenis dan ukuran kawat las dan memasangnya pada *wire feeder*.

Gambar 5.7 Bentuk dan Ukuran Roll Wire Feeder untuk Jenis kawat Las yang Berbeda



Gambar 5.8 Proses pemasangan Roll pada *wire feeder*



8) Memilih ujung kontak yang sesuai dengan ukuran diameter kawat las dan memastikan dalam keadaan baik.

Gambar 5.9

Kondisi Unjung Kontak (ESAB Welder Guide Book)



- 9) Periksa saluran (liner) dan memastikan dalam kondisi baik (diameter lubang sesuai dengan ukuran kawat yang digunakan, tidak ada kotoran yang menempel pada lubang saluran dan jika ada bersihkan menggunakan kompresor udara).

Gambar 5.10

Proses Pemeriksaan dan Pembersihan Saluran (ESAB Welder Guide Book)



- 10) Memasang kembali saluran dan memastikan dalam sambungan tersebut tidak ada kebocoran aliran gas atau aliran air untuk yang menggunakan media pendingin air.

Gambar 5.11

Proses Pemasangan Saluran (ESAB Welder Guide Book)



- 11) Memasang kawat las pada pengumpan kawat (*wire feeder*) dan memastikan kawat masuk pada "*wire liner*" dan menapak pada rol bagian bawah hingga keluar melalui "*liner*".

Gambar 5.12

Proses Pemasangan Kawat Las Pada Pengumpukan Kawat



- 12) Mengatur tegangan roll pengerak sampai mendapatkan tekanan yang tepat dengan memutar tongkat pengatur tegangan.

Gambar 5.13

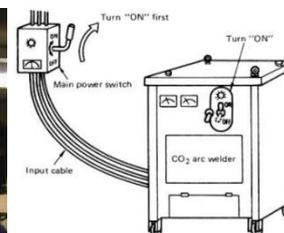
Pengaturan Tegangan Rol Penggerak Kawat



- 13) Menyambungkan kabel input ke dalam sumber listrik dan menyalakan mesin las dengan cara menekan tombol "ON" pada mesin.

Gambar 5.14

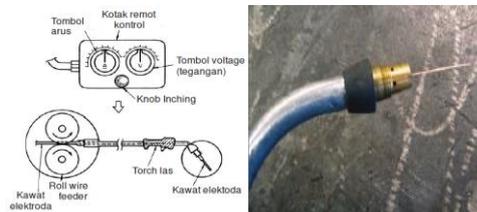
Proses Menyalakan Mesin Las



- 14) Menggerakkan kawat dengan menekan tombol kontak yang ada pada *torch* atau kontak remote control sampai kawat las muncul pada corong gas (*Gas Diffuser*)

Gambar 5.15

(a) Tombol Kontak pada Remote Control dan Torch, (b) Posisi Kawat Las pada Ujung Torch



(a)

(b)

15) Memasang kembali ujung kontak dan memastikan ujung kontak memiliki ukuran lubang yang sesuai dengan diameter kawat las yang digunakan.

Gambar 5.16

Gambaran Kesesuaian ukuran lubang ujung kontak dengan diameter kawat las (www.navybmr.com)



16) Memasang kembali cerobong gas dan memastikan dalam keadaan baik (tidak mengandung percikan, dan posisi ujung kontak dengan cerobong gas lurus)

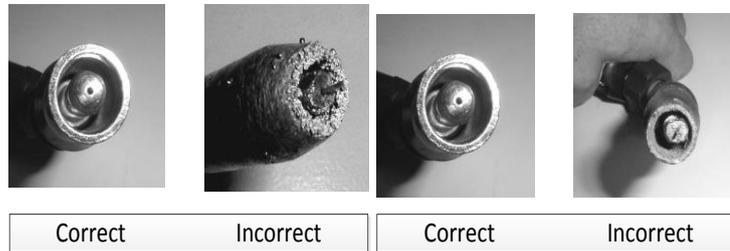
Gambar 5.17

Pemasangan Ulang Cerobong Gas



Gambar 5.18

Kondisi Corong Gasdan Posisinya terhadap Kontak Tip



- 17) Mentes tegangan roll penggerak dengan menekan switch pada Torch, jika belum pas atur kembali tuas pengencang seperti pada gambar 5.13 sampai diperoleh ketegangan kawat yang sesuai.

Gambar 5.19

Pengetesan Tegangan Roll Pengerak Kawat



- 18) Buka klep tabung gas dengan memutar keran tabung ke arah kiri

Gambar 5.20

Cara membuka Keran Tabung Gas



- 19) Mengatur kecepatan aliran gas sesuai dengan yang diperlukan dengan cara mengatur pembukaan keran pada *flow meter*.

Gambar 5.21

Cara mengatur Kecepatan Aliran Gas



20) Memeriksa “O” ring untuk memastikan bahwa aliran gas tidak bocor.

Gambar 5.22

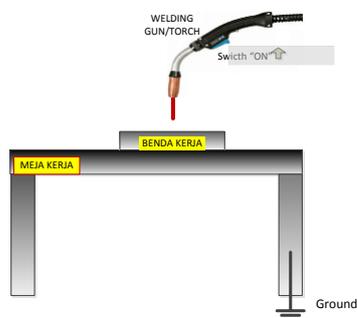
Cara Memeriksa Kebocoran Gas Melalui Pengecekan “O” Ring



21) Melakukan penyalaan busur pada pelat baja untuk memastikan proses pengaturan telah sesuai dengan yang diharapkan dengan cara menekan Torch Switch “ON” pada Welding Gun

Gambar 5.23

Proses Penyalaan Busur



22) Mengatur kembali tegangan listrik dan kecepatan aliran kawat sesuai dengan yang diperlukan melalui tombol pengaturan yang ada pada mesin.

Gambar 5.24

Pengaturan Tegangan dan Kecepatan Aliran Kawat Las



D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang dilakukan dalam menyelesaikan materi bahasan ini adalah:

- a. Aktivitas pengantar yang berupa proses mengidentifikasi materi pelajaran dan dilaksanakan dalam bentuk diskusi kelompok selama 1 JP.
- b. Aktivitas pembelajaran yang berupa mengamati kegiatan pengaturan (setting) peralatan las.
- c. Aktivitas pembelajaran yang berupa mengamati kegiatan pengaturan (setting) mesin las.
- d. Aktivitas pembelajaran yang berupa mengamati kegiatan pengaturan (setting) gas pelindung
- e. Aktivitas pembelajaran yang berupa mengamati kegiatan pengaturan (Setting) kawat las.

Aktivitas Pengantar : Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Anda untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa yang harus disiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang pengaturan (seting) peralatan las? Sebutkan!
2. Mengapa anda perlu mempelajari materi ini? Jelaskan!
3. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
4. Apa topik yang akan anda pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Bukti apa yang harus diunjukkan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**. Jika anda bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka anda dapat melanjutkan pembelajaran dengan aktivitas belajar berikutnya.

LEMBAR KERJA 0 (LK – 00)

1. Apa yang harus disiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang pengaturan (seting) peralatan las? Sebutkan!

.....
.....
.....
.....
.....

2. Mengapa anda perlu mempelajari materi ini? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

3. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

4. Apa topik yang akan anda pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....
.....
.....
.....
.....

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

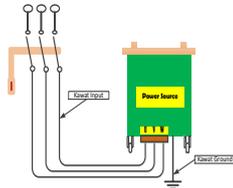
.....
.....
.....
.....
.....

6. Bukti apa yang harus diunjukkan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

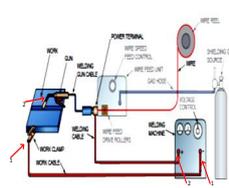
.....
.....
.....
.....
.....

Aktivitas pembelajaran 1 : Mengamati Kegiatan Pengaturan (setting) peralatan Las GMAW

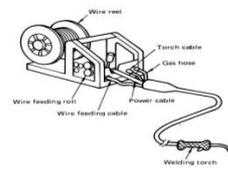
Anda diminta mengamati kondisi kegiatan pengaturan (setting) peralatan Las GMAW berikut ini.



Gambar 1



Gambar 2



Gambar 3



Gambar 4



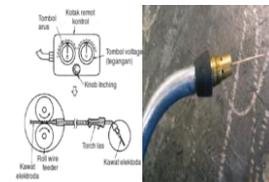
Gambar 5



Gambar 6



Gambar 7



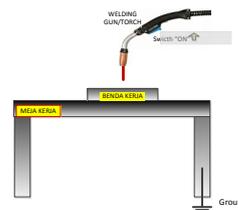
Gambar 8



Gambar 9



Gambar 10



Gambar 11

Anda mungkin mempunyai pandangan yang berbeda dari teman-teman lain tentang kondisi kegiatan pengaturan (Setting) peralatan Gas pada gambar. Apa yang Anda temukan setelah mengamati kegiatan tersebut? Apakah ada hal-hal yang baik atau sebaliknya yang Anda temukan? Diskusikan hasil pengamatan Anda dengan anggota kelompok Anda. Selanjutnya selesaikan LK-01 dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Mengapa diperlukan kegiatan pengaturan (*Setting*) peralatan las? Jelaskan!
2. Kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk mengatur (*setting*) peralatan las secara lengkap?
3. Apa yang akan terjadi jika pada saat proses pengelasan peralatannya tidak diatur (*setting*)?
4. Berdasarkan gambar pengaturan (*setting*) peralatan las tersebut, menurut Anda kegiatan pengaturan (*setting*) peralatan las mana yang memerlukan perhatian ekstra?

Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Anda dapat membaca Bahan Bacaan Pengaturan (*Setting*).peralatan las GMAW

1. Mengapa diperlukan kegiatan pengaturan (Setting) peralatan las? Jelaskan!,

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk mengatur (setting) peralatan las secara lengkap?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Apa yang akan terjadi jika pada saat proses pengelasan peralatannya tidak diatur (setting)?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Berdasarkan gambar pengaturan (*setting*) peralatan las tersebut, menurut Anda kegiatan pengaturan (*setting*) peralatan las mana yang memerlukan perhatian ekstra? Mengapa?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Aktivitas pembelajaran 2 : Mengamati kegiatan pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*).

Setelah Anda mencermati gambar kegiatan pengaturan (*setting*) peralatan las pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 2 ini Anda akan mendiskusikan bagaimana kegiatan pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*). Untuk kegiatan ini Anda harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

- a. Apa yang Anda ketahui tentang mesin las (*power source*) untuk GMAW?
- b. Mengapa Anda melakukan pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*)?
- c. Mengapa pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*) sangat penting dalam proses pengelasan?
- d. Hal-hal apa yang harus diatur (*di setting*) dari sebuah mesin las (*power source*) sebelum melaksanakan proses pengelasan? Jelaskan!
- e. Apakah pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*) dapat berpengaruh terhadap kinerja pengelasan? Mengapa?

Anda dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-02**.

Untuk memperkuat pemahaman Anda tentang tata carapengaturan mesin las (*power source*), and dapat membaca Bahan Bacaan tentang pengaturan (*Setting*) peralatan las, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-02.P**

LEMBAR KERJA 02 (LK – 02)

1. Apa yang Anda ketahui tentang mesin las (*power source*) untuk GMAW?

.....
.....
.....
.....

2. Mengapa Anda melakukan pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*)?

.....
.....
.....
.....

3. Mengapa pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*) sangat penting dalam proses pengelasan?

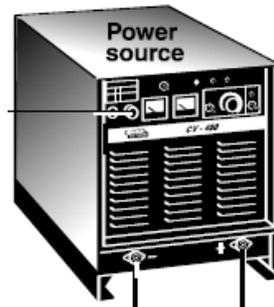
.....
.....
.....
.....

4. Hal-hal apa yang harus diatur (*di setting*) dari sebuah mesin las (*power source*) sebelum melaksanakan proses pengelasan? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....

5. Apakah pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*) dapat berpengaruh terhadap kinerja pengelasan? Mengapa?

.....
.....
.....
.....

TUGAS PRAKTIK:**Pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*)**

Dengan menyelesaikan LK-02 andatelah memahami pentingnya melaksanakan pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*). Pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*) tidak dapat dianggap gampang apabila menginginkan proses pengelasan dapat mendapatkan hasil pengelasan yang baik. Pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*) harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

Untuk keperluan eksperimen pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*), anda dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengaturan (*setting*) mesin las;
2. Lakukan pemeriksaan terhadap seluruh instalasi listrik kabel input maupun output;
3. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan anda lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
4. Disarankan Anda dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*) sebelum melakukan tugas praktek ini;
5. Lakukan pekerjaan anda sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
6. Anda harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

POS (Prosedur Operasi Standar) Pengaturan (setting) mesin las (power source)

Peringatan Keamanan!

Bisa jadi mesin las (*power source*) masih dalam kondisi hidup (ON), dan terhubung ke sumber listrik. Oleh karena itu, anda harus bertindak hati-hati dan waspada untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

- a. Sebelum melakukan pengecekan instalasi kelistrikan, pastikan saklar pada *wire feeder* dan sumber tenaga dalam keadaan posisi mati (off).
- b. Menggunakan kaca mata pengaman pada saat berada di area pengelasan.
- c. Periksa seluruh hubungan kabel listrik dan yakinkan semuanya dalam keadaan baik serta pembungkus kabelnya tidak retak yang dapat menyebabkan kawatnya terkelupas.
- d. Periksa dan pastikan bahwa mesin las (*power source*) diatur pada pengkutuban positif (polaritas terbalik), dimana kabel out put dan terminal sambungan positif (+) terhubung ke pengumpan kawat (*wire feeder*), dan terminal sambungan negatif (-) terhubung ke benda kerja atau meja kerja serta dalam keadaan baik.

Aktivitas pembelajaran 3 : Mengamati kegiatan pengaturan (setting) gas pelindung

Setelah Anda mencermati gambar kegiatan pengaturan (*setting*) peralatan las pada aktivitas 2, maka pada aktivitas 3 ini Anda akan mengamati dan mendiskusikan bagaimana kegiatan pengaturan (*setting*) sumber gas pelindung. Silahkan anda untuk mengamati gambar berikut ini.



Gambar 1

Gambar 2



Gambar 3

Gambar 4



Gambar 5

Kegiatan berikutnya, silahkan anda diskusikan dengan teman anda tentang hasil pengamatan tersebut dan presentasikan di depan kelompok yang lain, sehingga mereka

dapat memberi masukan atau mengajukan pertanyaan untuk memperkuat khasanah pengetahuan. Selain itu, dalam kegiatan ini Anda harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Anda pahami tentang gas pelindung untuk GMAW?
2. Mengapa Anda melakukan pengaturan (setting) gas pelindung?
3. Dari proses pengaturan gas pelindung seperti pada gambar, kegiatan mana yang dianggap paling penting dan perlu mendapat perhatian ekstra? Jelaskan!
4. Mengapa pengaturan (setting) gas pelindung sangat penting dalam proses pengelasan GMAW?
5. Apakah pengaturan (setting) gas pelindung dapat berpengaruh terhadap kinerja pengelasan? Mengapa?

Anda dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-03**. Selain itu, untuk memperkuat pemahaman Anda tentang tata cara pengaturan (setting) gas pelindung, anda dapat membaca Bahan Bacaan tentang pengaturan (Setting) peralatan las, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-03.P**

1. Apa yang Anda pahami tentang gas pelindung untuk GMAW?

.....
.....
.....
.....

2. Mengapa Anda melakukan pengaturan (setting) gas pelindung?

.....
.....
.....
.....

3. Dari proses pengaturan gas pelindung seperti pada gambar, kegiatan mana yang dianggap paling penting dan perlu mendapat perhatian ekstra? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....

4. Mengapa pengaturan (setting) gas pelindung sangat penting dalam proses pengelasan GMAW?

.....
.....
.....
.....

5. Apakah pengaturan (setting) gas pelindung dapat berpengaruh terhadap kinerja pengelasan? Mengapa?

.....
.....
.....
.....

Pengaturan (*setting*) Gas Pelindung

Dengan menyelesaikan LK-03 anda telah memahami pentingnya melaksanakan pengaturan (*setting*) gas pelindung. Pengaturan (*setting*) gas pelindung merupakan hal penting yang harus dilakukan oleh seorang operator las agar dapat memperoleh hasil pengelasan yang baik. Pengaturan (*setting*) gas pelindung harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

Untuk keperluan eksperimen pengaturan (*setting*) gas pelindung, anda dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengaturan (*setting*) gas pelindung (kunci Inggris, dan obeng minus ukuran sedang);
2. Pilih jenis gas pelindung yang sesuai dengan proses pengelasan yang akan dilaksanakan.
3. Pilih pressure regulator dan flow meter yang sesuai dengan jenis gas pelindung yang digunakan, misalnya regulator dan flow meter CO₂ apabila gas yang digunakan berjenis CO₂).
4. Lakukan pemeriksaan terhadap selang gas dan pastikan dalam keadaan baik;
5. Pasang *pressure regulator* dan *flow meter* ke dalam mulut tabung gas.
6. Pasang selang gas pada *pressure regulator* dan *flow meter* dan kencangkan klem pengencangnya dengan menggunakan obeng dan pastikan tidak ada kebocoran.
7. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan anda lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
8. Disarankan Anda dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*) sebelum melakukan tugas praktek ini;
9. Lakukan pekerjaan anda sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
10. Anda harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

POS (Prosedur Operasi Standar) Pengaturan (setting) Gas Pelindung

Peringatan Keamanan!

Apabila terjadi kerusakan/kebocoran, bisa jadi tabung gas pelindung akan meledak. Oleh karena itu, anda harus bertindak hati-hati dan waspada untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

- a. Angkut cylinder gas alat pengangut yang benar, ikat pada tempatnya serta lepaskan penutupnya (cap).
- b. Bersihkan kotoran dari keran pembuka dengan cara membuka dan menutup keran tabung secara cepat.
- c. Pasang *pressure regulator* and *flow meter* pada mulut tabung dengan menggunakan kunci yang sesuai, misalnya kunci inggris.
- d. Apabila gas pelindung yang digunakan adalah 100% CO₂, masukan ring yang bukan berbahan logam kedalam sambungan regulator, sehingga regulator tidak mengembun.
- e. Untuk mencegah pembekuan aliran atur kecepatan aliran gas tidak lebih dari 25 ft³/jam (cfh), gunakan pemanas saluran atau sistem manifold.
- f. Pasang selang pada *flow meter* dan pengumpalkawat (*wire feeder*).
- g. Buka katup secara perlahan sampai tekanan terukur pada regulator, kemudian bukalah katup sepenuhnya untuk memastikan posisi keran terbuka penuh.
- h. Tekan tombol pembersihan dan atur *flow meter* untuk mengatur laju alir yang benar.

Aktivitas pembelajaran 4 : Mengamati kegiatan pengaturan (Setting) kawat las.

Setelah Anda mencermati gambar kegiatan pengaturan (setting) peralatan las pada aktivitas3, makapada aktivitas4 ini Andaakanmengamati dan mendiskusikan bagaimana kegiatan pengaturan (setting) Kawat Las (elektroda).Silahkan anda untuk mengamati gambar berikut.



Gambar 1



Gambar 2



Gambar 3



Gambar 4



Gambar 5



Gambar 6



Gambar 7



Gambar 8



Gambar 9

| SUGGESTED SETTINGS FOR WELDING | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| WELDING POSITION | WIRE | FOR SHIELDED METAL ARC WELDING (MIG) | | | | | FOR METAL INERT GAS WELDING (MIG) | | | |
| | | WIRE | WIRE | WIRE | WIRE | WIRE | WIRE | WIRE | WIRE | WIRE |
| FLAT | 0.045 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 |
| 45° | 0.045 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 |
| VERTICAL UP | 0.045 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 |
| VERTICAL DOWN | 0.045 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 |
| OVERHEAD | 0.045 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 10-15 |

Gambar 10



Gambar 11



Gambar 12



Gambar 13

Kegiatan selanjutnya silahkan anda berdiskusi dengan teman anda tentang hasil pengamatan tersebut dan presentasikan di depan kelompok yang lain, sehingga mereka dapat memberi masukan atau mengajukan pertanyaan untuk memperkuat khasanah

pengetahuan. Selain itu, dalam kegiatan ini Anda harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Anda pahami tentang kawat las (elektroda) untuk GMAW?
2. Mengapa Anda melakukan pengaturan (setting) elektorda atau kawat las?
3. Mengapa pengaturan (setting) kawat las (elektroda) sangat penting dalam proses pengelasan GMAW?
4. Dari proses pengaturan kawat las (elektroda) seperti pada gambar, kegiatan mana yang dianggap paling penting dan perlu mendapat perhatian ekstra? Jelaskan!
5. Apakah pengaturan (setting) gas pelindung dapat berpengaruh terhadap kinerja pengelasan? Mengapa?

Anda dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-04**. Selain itu, untuk memperkuat pemahaman Anda tentang tata cara pengaturan (setting) kawat las, anda dapat membaca Bahan Bacaan tentang pengaturan (Setting) peralatan las, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-04.P**

1. Apa yang Anda pahami tentang kawat las (elektroda) untuk GMAW?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Mengapa Anda melakukan pengaturan (setting) elektorda atau kawat las?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Mengapa pengaturan (setting) kawat las (elektroda) sangat penting dalam proses pengelasan GMAW?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Dari proses pengaturan kawat las (elektroda) seperti pada gambar, kegiatan mana yang dianggap paling penting dan perlu mendapat perhatian ekstra? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Apakah pengaturan (setting) gas pelindung dapat berpengaruh terhadap kinerja pengelasan? Mengapa?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

TUGAS PRAKTIK:**Pengaturan (*setting*) Kawat Las**

Dengan menyelesaikan LK-04 anda telah memahami pentingnya melaksanakan pengaturan (*setting*) kawat las (elektroda). Pengaturan (*setting*) kawat las (elektroda) merupakan hal penting yang harus dilakukan oleh seorang operator las agar dapat memperoleh hasil pengelasan yang baik. Pengaturan (*setting*) kawat las (elektroda) harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

Untuk keperluan eksperimen pengaturan (*setting*) kawat las (elektroda), anda dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengaturan (*setting*) kawat las (elektroda);
2. Pilih jenis dan ukuran kawat las yang sesuai dengan proses pengelasan yang akan dilaksanakan.
3. Tempatkan kunci gulungan kawat las pada rel yang ada di *Wire feeder*.
4. Pilih bentuk dan ukuran rol penggerak sesuai dengan jenis dan ukuran kawat las yang digunakan serta pasang pada *Wire feeder*.
5. Masukkan kawat las melalui saluran masuk (*input liner*), kemudian dorong sehingga bergerak maju dan menapak pada rol penggerak sampai keluar melalui "liner".
6. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan anda lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
7. Disarankan Anda dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*) sebelum melakukan tugas praktek ini;
8. Lakukan pekerjaan anda sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
9. Anda harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

POS (Prosedur Operasi Standar) Pengaturan (setting) kawat las

Peringatan Keamanan!

Bisa jadi tempat gulungan kawat pecah jika terjadi kecelakaan (jatuh) dan gulungan kawat las lepas (pudar). Oleh karena itu, anda harus bertindak hati-hati dan waspada untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

1. Sebelum melakukan pengaturan (setting) kawat las, pastikan saklar pada wire feeder dan sumber tenaga dalam keadaan posisi mati (off).
2. Menggunakan kaca mata pengaman pada saat berada di area pengelasan.
3. Pastikan jenis dan ukuran kawat las sesuai dengan yang diperlukan.
4. Pasang gulungan kawat pada rel yang ada di wire feeder dan kunci dengan benar, sehingga tidak akan lepas.
5. Pastikan bahwa bentuk dan ukuran rol penggerak yang terpasang di wire feeder sesuai dengan jenis dan ukuran kawat las yang digunakan, sehingga kawat las dapat menapak dengan benar.
6. Pastikan bahwa pengumpan kawat (*wire feeder*) telah terhubung dengan baik pada kutub positif (+) dari mesin las (power source).
7. Setelah posisi switch mesin las "ON", gerakan kawat las dengan menekan remot control atau switch yang ada pada torch, danatur ketegangan kawat dengan cara memutar tuas pengatur tekanan rol penggerak agar kawat tidak menggulung pada wire feeder.
8. Atur kecepatan aliran kawat las melalui pengaturan wire feeder sesuai dengan jenis dan ukuran kawat las, arus dan tegangan pengelasan yang digunakan, jenis dan kecepatan aliran gas pelindung, ukuran nosel, serta jenis dan ketebalan logam dasar yang dilas.

Aktivitas pembelajaran 5 : Mengamati kegiatan pengaturan (Setting)

Torch/Welding Gun.

Setelah Anda mencermati gambar kegiatan pengaturan (setting) peralatan las pada aktivitas 4, maka pada aktivitas 5 ini Anda akan mengamati dan mendiskusikan bagaimana kegiatan pengaturan (setting) *Torch/Welding Gun*. Silahkan anda untuk mengamati gambar berikut.



Gambar 1



Gambar 2



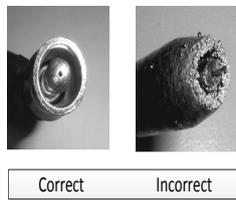
Gambar 3



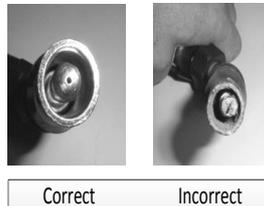
Gambar 4



Gambar 5



Gambar 6



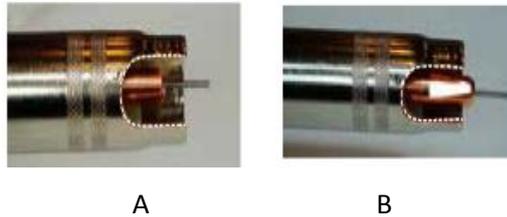
Gambar 7

Kegiatan selanjutnya silahkan anda berdiskusi dengan teman anda tentang hasil pengamatan tersebut dan presentasikan di depan kelompok yang lain, sehingga mereka dapat memberi masukan atau mengajukan pertanyaan untuk memperkuat khasanah pengetahuan. Selain itu, dalam kegiatan ini Anda harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Mengapa Anda harus melakukan pengaturan (setting) *Torch/Welding Gun*?
2. Mengapa pengaturan (setting) *Torch/Welding Gun* sangat penting dalam proses pengelasan GMAW?
3. Dari proses pengaturan *Torch/Welding Gun* seperti pada gambar, kegiatan mana yang dianggap paling penting dan perlu mendapat perhatian ekstra? Jelaskan!

4. Apakah pengaturan (setting) *Torch/Welding Gun* dapat berpengaruh terhadap kinerja pengelasan? Mengapa?

5. Apabila pada saat pengaturan *Torch/Welding Gun* khususnya pemilihan dan pemasangan antara ujung kontak dan nosel terdapat kesalahan, sehingga kemungkinan posisi kontak seperti gambar berikut.



Dari gambar di atas, apa yang akan terjadi pada saat proses pengelasan jika posisi ujung kontak seperti gambar A (terlalu ke dalam) dan/atau gambar B (terlalu keluar).

Anda dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-05**. Selain itu, untuk memperkuat pemahaman Anda tentang tata cara pengaturan (setting) gas pelindung, anda dapat membaca Bahan Bacaan tentang pengaturan (Setting) peralatan las, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-05**.

1. Mengapa Anda harus melakukan pengaturan (setting) *Torch/Welding Gun*?

.....
.....
.....
.....

2. Mengapa pengaturan (setting) *Torch/Welding Gun* sangat penting dalam proses pengelasan GMAW?

.....
.....
.....
.....

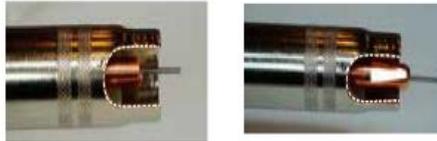
3. Dari proses pengaturan *Torch/Welding Gun* seperti pada gambar, kegiatan mana yang dianggap paling penting dan perlu mendapat perhatian ekstra? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....

4. Apakah pengaturan (setting) *Torch/Welding Gun* dapat berpengaruh terhadap kinerja pengelasan? Mengapa?

.....
.....
.....
.....

5. Apabila pada saat pengaturan *Torch/Welding Gun* khususnya pemilihan dan pemasangan antara ujung kontak dan nosel terdapat kesalahan, sehingga kemungkinan posisi kontak seperti gambar berikut.



A

B

Dari gambar di atas, apa yang akan terjadi pada saat proses pengelasan jika posisi ujung kontak seperti gambar A (terlalu ke dalam) dan/atau gambar B (terlalu keluar).

.....

.....

.....

.....

.....

TUGAS PRAKTIK:**Pengaturan (setting) Torch/Welding Gun**

Dengan menyelesaikan LK-05 anda telah memahami pentingnya melaksanakan pengaturan (*setting*) *Torch/Welding Gun*. Pengaturan (*setting*) *Torch/Welding Gun* tidak kalah dengan pengaturan peralatan lain, sehingga harus dilakukan oleh seorang operator las agar dapat memperoleh hasil pengelasan yang baik. Pengaturan (*setting*) *Torch/Welding Gun* harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

Untuk keperluan eksperimen pengaturan (*setting*) kawat las (elektroda), anda dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengaturan (*setting*) *Torch/Welding Gun*.
2. Pilih ujung kontak dengan ukuran lubang yang sesuai ukuran kawat lasnya dan pastikan dalam keadaan baik (tidak terdapat percikan yang menempel).
3. Pilih jenis nosel yang sesuai dengan ukuran ujung kontak dan pastikan dalam keadaan baik (tidak ada percikan yang menempel), posisi antara nosel dan ujung kontak lurus, serta kedudukan ujung kontak dari ujung nosel pas (tidak terlalu ke dalam atau keluar).
4. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan anda lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
5. Disarankan Anda dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi pengaturan (*setting*) mesin las (*power source*) sebelum melakukan tugas praktek ini;
6. Lakukan pekerjaan anda sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
7. Anda harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

POS (Prosedur Operasi Standar) Pengaturan (setting) Torch/Welding Gun

1. Sebelum melakukan pengaturan (setting) *Torch/Welding Gun*, pastikan saklar pada wire feeder dan sumber tenaga dalam keadaan posisi mati (off).
2. Menggunakan kaca mata pengaman pada saat berada di area pengelasan.
3. Pastikan jenis *Torch/Welding Gun* sesuai dengan yang diperlukan.

9. Pasang ujung kontak pada ceorobong gas (*gas diffuser*) dan kencangkan dengan menggunakan kunci pas yang ukurannya sesuai atau tang yang memadai.
10. Pilih jenis, bentuk dan ukuran nosel sesuai dengan jenis sambungan las yang akan buat.
11. Pasang nosel dan kencangkan dengan menggunakan tang yang memadai, serta upayakan agar jarak antara ujung kontak dengan ujung nosel sekitar 2 mm.
12. Ubah switch pada posisi "ON", gerakan kawat las dengan menekan switch yang ada pada *Torch/Welding Gun*, dan pastikan aliran kawat las bergerak dengan lancar/tidak tersendat.
13. Potong ujung kawat dan sisakan sepanjang 15-20 mm dari ujung nosel untuk kawat las diameter 1,2 dan 1,4 mm, dan 20-25 mm untuk kawat las diameter 1,6 mm.

E. Rangkuman

Proses familiarisasi dengan peralatan yang akan digunakan sebelum pekerjaan dimulai perlu dilakukan. Hal ini dalam upaya menghilangkan kemungkinan kegagalan yang dapat terjadi akibat kesalahan yang dilakukan pada saat mengoperasikan alat. Selain itu, pengaturan (setting) peralatan sesuai standar yang disarankan oleh pabrik pembuatnya wajib dilaksanakan. Dalam proses pengelasan, pengaturan (setting) peralatan mencakup pengaturan pada mesin las (power source), sumber gas pelindung, pengumpan kawat las (wire feeder) dan torch/welding gun dan perlengkapannya.

F. Tes formatif

1. Jelaskan cara yang dapat dilakukan operator untuk mengakrabkan dengan peralatan yang akan digunakan!
2. Jelaskan ketentuan-ketentuan umum yang harus dilakukan sebelum melaksanakan proses pengelasan (minimal 5 hal).
3. Jelaskan bagaimana cara melakukan pengaturan (setting) pada:
 - a. Power source
 - b. Wire feeder

G. Kunci Jawaban

- a. Cara yang dapat dilakukan operator untuk mengakrabkan dengan peralatan yang akan digunakan adalah:
 - i. Mempelajari terlebih dulu buku manual peralatan tersebut yang sudah disiapkan oleh pabrik pembuatnya, dan
 - ii. Bertanya atau meminta bantuan kepada senior atau yang lebih berpengalaman apabila ada hal yang tidak difahami.
- b. Ketentuan-ketentuan umum yang harus dilakukan sebelum melaksanakan proses pengelasan adalah:
 - i. Bersihkan area pengelasan dari seluruh barang sisa pengelasan dan kotoran (*Debris and Culter*).
 - ii. Jangan menggunakan sarung tangan atau baju yang ada minyak.
 - iii. Cek bahwa seluruh kabel dan kawat dipasang dengan benar.
 - iv. Pastikan bahwa mesin telah digrounded dan dalam keadaan kering.
 - v. Ikuti semua petunjuk pengoperasian mesin las yang telah dibuat oleh pabrik.
 - vi. Lindungi area pengelasan dengan tabir penghalang untuk melindungi orang lain yang ada di sekitar area pengelasan dari percikan api las
 - vii. Sediakan selalu peralatan pemadam kebakaran.
 - viii. Bersihkan segala jenis kotoran yang menempel pada benda yang akan di las, seperti cat dan lain-lain.
- c. Cara melakukan pengaturan (setting) peralatan las
 - i. Power source
 1. Memastikan seluruh sambungan kabel Input maupun output dalam keadaan baik.
 2. Memastikan seluruh kabel dalam keadaan terbungkus dengan baik sehingga tidak ada kabel yang terkelupas.
 3. Memastikan power source menggunakan polaritas yang tepat, yaitu polaritas terbalik (*Direct Current Electrode Positive/DCEP*), sehingga terminal positif (+) mesin las terhubung ke pengumpan kawat (*wire feeder*), dan terminal sambungan negatif (-) ke benda kerja atau meja kerja.

4. Memastikan tegangan dan arus pengelasan yang digunakan sesuai dengan jenis dan ukuran kawat las, ketebalan benda kerja, dan jenis metode pemindahan logam yang digunakan.
- ii. Wire feeder
1. Memastikan wire feeder terhubung dengan kutub positif (+) dari mesin las.
 2. Memastikan jenis dan ukuran rol penggerak sesuai dengan jenis dan ukuran diameter kawat las yang digunakan.
 3. Memastikan ukuran ketegangan kawat las.
 4. Memastikan kawat las dapat bergerak dengan lancar (tidak seret)

KEGIATAN PEMBELAJARAN 6 : GAS PELINDUNG DAN ELEKTRODA LAS GMAW

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini dengan diskusi serta penugasan, peserta diharapkan mampu :

1. Menjelaskan jenis-jenis gas pelindung pada proses Las GMAW.
2. Mengidentifikasi jenis gas pelindung yang sesuai dengan karakteristik pekerjaan las GMAW.
3. Mengidentifikasi kawat las yang sesuai dengan karakteristik pekerjaan las GMAW.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Spesifikasi kompetensi atau kinerja yang harus anda kuasai setelah mengikuti kegiatan pembelajaran ini adalah:

1. Menjelaskan karakteristik dari setiap jenis Gas Pelindung dan Campurannya.
2. Menjelaskan penggunaan dari setiap jenis gas pelindung dan campurannya berdasarkan jenis material las, material yang akan di las,
3. Menjelaskan cara memilih gas pelindung yang akan digunakan sesuai dengan karakteristik hasil las yang diinginkan.
4. Menjelaskan karakteristik setiap jenis elektroda las GMAW.
5. Menjelaskan penggunaan setiap jenis elektroda.
6. Menjelaskan cara memilih elektroda yang akan digunakan sesuai kualitas hasil lasan yang diinginkan.
7. Menjelaskan spesifikasi elektroda las berdasarkan standar AWS.
8. Menjelaskan formula pengklasifikasian elektroda las.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1 : Gas Pelindung untuk Proses Las GMAW

Gas pelindung ini digunakan untuk melindungi busur las dari pengaruh kontak langsung dengan udara luar pada saat proses pengelasan berlangsung. Dengan demikian, Gas Pelindung ini digunakan untuk menghalangi udara luar agar tidak masuk ke area kubangan las (weld metal), sehingga tidak terjadi kontaminasi. Kontaminasi dapat terjadi utamanya oleh hidrogen, oksigen, dan uap air yang ada di atmosfer. Gas pelindung yang digunakan pada proses GMAW adalah gas Argon (Ar), Helium (He), Carbon dioksida (CO₂) dan sedikit penambahan jumlah oksigen, nitrogen, dan hydrogen yang dicampur pada Argon.

Gas pelindung yang digunakan dalam pengelasan GMAW diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu gas yang benar-benar “inert”, dan gas yang secara kimiawi aktif bereaksi. Atas dasar penggunaan gas pelindung ini, maka GMAW dikenal juga dengan istilah MAG (*Metal Active Gas*) atau MIG (*Metal Inert Gas*).

Dari seluruh gas pelindung yang digunakan, ada jenis gas yang benar-benar “inert” (Ar dan He), dan ada yang secara kimiawi aktif bereaksi dengan logam dasar, sehingga disebut gas aktif, yaitu CO₂, N, dan H. Dalam memilih jenis gas pelindung yang akan digunakan, perlu diperhatikan beberapa sifat dasar dari gas tersebut yang akan mempengaruhi kinerja proses pengelasan. Sifat-sifat dasar dimaksud adalah: (a) sifat panas pada kenaikan temperatur, (2) reaksi kimia dari gas dengan beberapa elemen logam dasar, dan (3) pengaruh setiap gas terhadap mode pemindahan logam (*metal transfer*) (www.navybmr.com).

Konduktivitas panas gas pada temperature busur mempengaruhi voltase busur (*arc voltage*) seperti energi panas yang diberikan pada benda las. Pada saat konduktivitas panas meningkat, tegangan pengelasan lebih besar. Setiap gas memiliki konduktivitas panas yang berbeda, misalnya Helium dan Karbon Dioksida memiliki konduktivitas panas yang lebih tinggi dibanding dengan gas yang lain, sehingga kedua gas ini memberikan panas pada benda las jauh lebih besar. Oleh karena itu, pada saat melakukan pengelasan dengan menggunakan gas pelindung Helium dan CO₂, memerlukan tegangan dan tenaga pengelasan yang lebih untuk memelihara stabilitas busur. Kesesuaian setiap gas dengan kawat las dan logam dasar menentukan sesuai tidaknya variasi campuran gas.

Gas pelindung karbon dioksida dan oksigen tidak disarankan untuk digunakan pada pengelasan aluminium, karena akan membentuk aluminium oksida. CO₂ dan O₂ akan sangat baik jika digunakan untuk melakukan pengelasan baja. Selain itu, setiap jenis gas pelindung akan berpengaruh terhadap mode pemindahan logam (*metal transfer*) dan kedalaman pencairan logam dasar (kedalaman penetrasi).

Pemilihan jenis gas pelindung dan campurannya, perlu memperhatikan jenis logam las yang akan digunakan dan logam dasar yang akan dilas (lihat Tabel 6.1 dan Tabel 6.2). Berdasarkan uraian dan Tabel 6.1 dan Tabel 6.2, dapat dikatakan bahwa dalam memilih suatu jenis gas pelindung untuk digunakan pada proses pengelasan tidaklah mudah, karena harus memperhatikan beberapa faktor diantaranya: (1) Bahan/material yang akan di las, (2) karakteristik busur dan tipe pemindahan logam yang akan digunakan, (3) kecepatan pengelasan, (4) kecenderungan untuk terjadinya undercutting, (5) penetrasi akibat konduktivitas panas yang dimiliki oleh gas pelindung, lebar dan bentuk kubangan las, (6) kemudahan untuk diperoleh, (7) harga, dan (8) persyaratan sifat mekanik yang diinginkan.

Tabel 6.1 Penggunaan Gas Pelindung dan Campurannya Berdasarkan Jenis Material yang akan dilas

| Metals | Gases | | Blends of Two Gases | | | | | | | | | Blends of Three Gases | | |
|-----------------|------------|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|-------------|-------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | Argon (Ar) | CO ₂ | Argon + Oxygen | | | Argon + Carbon Dioxide | | | Argon + Helium | | | Ar + CO ₂ + O ₂ | Ar + CO ₂ + Nitrogen | Ar + CO ₂ + Helium |
| | | | Ar + 1% O ₂ | Ar + 2% O ₂ | Ar + 5% O ₂ | Ar + 5% CO ₂ | Ar + 10% CO ₂ | Ar + 25% CO ₂ | Ar + 25% He | Ar + 50% He | Ar + 75% He | | | |
| Aluminum | X | | | | | | | | X | X | X | | | X |
| Copper Alloys | X | | | | | | | | X | X | X | | | |
| Stainless Steel | | X | X | X | X | | | X | | | X | X | X | X |
| Steel | | X | X | X | X | X | X | X | X | | | X | | |
| Magnesium | X | | | | | | | X | X | X | X | | | |
| Nickel Alloys | X | | | | | | | | X | X | X | | | |

(Jeffus, 2011, halm. 243)

Tabel 6.2

Penggunaan Gas Pelindung Berdasarkan Logam Dasar yang Dilas.

| GMAW Shielding Gases, Gas Blends, Metals, and Welding Process | | | | | | | |
|---|--------------|--|--|---------------------------------------|--------------|--|--|
| Gases/Blend | Gas Reaction | Application | Remarks | Gas/Blend | Gas Reaction | Application | Remarks |
| Argon (Ar) | Inert | Nonferrous metals | Provides spray transfer | CO ₂ | Oxidizing | Mild, low alloy steels and stainless steel | Least expensive gas, deep penetration with short-circuiting or globular transfer |
| Helium (He) | Inert | Aluminum and magnesium | Very hot arc for welds on thick sections, usually used in gas blends to increase the arc temperature and penetration | Nitrogen | Almost inert | Copper and copper alloys | Has high heat input with globular transfer |
| Ar + 1% O ₂ | Oxidizing | Stainless steel | Oxygen provides arc stability | Ar + 25% He | Inert | Al, Mg, copper, nickel, and their alloys | Higher heat input than Ar, for thicker metal |
| Ar + 2% O ₂ | Oxidizing | Stainless steel | Oxygen provides arc stability | Ar + 50% He | Inert | Al, Mg, copper, nickel, and their alloys | Higher heat in arc use on heavier thickness with spray transfer |
| Ar + 5% O ₂ | Oxidizing | Mild and low alloy steel | Provides spray transfer | Ar + 75% He | Inert | Copper, nickel, and their alloys | Highest heat input |
| Ar + 5% CO ₂ | Oxidizing | Low alloy steel | Pulse spray and short-circuit transfer in out-of-position welds | Ar + CO ₂ + O ₂ | Oxidizing | Low alloy steel and some stainless steel | All metal transfer for automatic and robotic applications |
| Ar + 10% CO ₂ | Oxidizing | Low alloy steel | Same as above with a wider, more fluid weld pool | Ar + CO ₂ + N | Almost inert | Stainless steel | All metal transfer, excellent for thin gauge material |
| Ar + 25% CO ₂ | Oxidizing | Mild, low alloy steels and stainless steel | Smooth weld surface, reduces penetration with short-circuiting transfer | Ar + 7.5% Ar + 2.5% CO ₂ | Almost inert | Stainless steel and some low alloy steels | Excellent toughness, excellent arc stability, wetting characteristics, and bead contour; little spatter with short-circuiting transfer |

(Jeffus, 2011, halm. 243)

1. Argon (Ar)

Gas pelindung Argon merupakan gas yang secara kimiawi benar-benar “inert” dan digunakan utamanya pada logam non ferro. Gas pelindung Argon cocok untuk digunakan pada mode *spray metal* transfer. Argon memiliki berat yang tinggi dibanding Helium, sehingga kecepatan alirannya rendah. Gas ini tidak dapat meninggalkan area pengelasan dengan cepat seperti Helium. Keuntungan lain dari Argon adalah lebih tahan terhadap semburan udara. Pada beberapa panjang busur dan arus pengelasan yang diberikan, tegangan busur akan lebih kecil pada saat menggunakan argon dibanding dengan saat menggunakan Helium maupun Karbon dioksida. Argon dapat digunakan untuk pengelasan logam tipis maupun logam dengan konduktivitas panas yang kurang baik. Hal tersebut memberikan kemudahan dalam memulai pengelasan, membuat busur yang halus, dan melakukan proses pembersihan. Dilihat dari harga, Argon lebih mahal dibanding Helium tetapi mudah diperoleh.

2. Helium

Gas Helium secara kimia sama dengan Argon, yaitu merupakan gas yang benar-benar “inert”. Digunakan utamanya untuk pengelasan alumunium, magnesium, dan campuran tembaga. Helium merupakan gas yang ringan yang terpisah dari gas alam, sehingga kecepatan aliran yang digunakan harus tinggi untuk mempertahankan kecukupan perlindungan. Laju aliran gas berkisar antara 2-3 kali lebih cepat dibanding menggunakan argon pada saat melakukan proses pengelasan posisi mendatar (flat). Helium sering digunakan pada proses pengelasan di atas kepala, karena gas akan terbang (*float up*) dan memungkinkan perlindungan yang baik. Sementara Argon sebaliknya, yaitu akan jatuh (*float down*). Helium cocok untuk digunakan pada proses pengelasan dengan mode *globular metal transfer*, yang mungkin dipertahankan pada arus yang sangat tinggi. Helium memiliki konduktivitas panas yang tinggi, sehingga mampu menghasilkan busur yang lebih panas. Oleh karena itu, Helium sangat cocok untuk digunakan pada proses pengelasan logam yang tebal dan logam seperti tembaga, alumunium, dan magnesium yang memiliki konduktivitas panas yang tinggi. Helium mampu membentuk kubangan las yang lebih besar dan penetrasi yang lebih dalam dibanding Argon.

3. Karbon Dioksida

Karbon dioksida (CO₂) dihasilkan dari bahan bakar gas yang dilepaskan pada saat proses pembakaran gas alam, Bahan Bakar Minyak (BBM), maupun batubara. Selain itu dihasilkan juga dari proses pembuatan ammonia dan fermentasi alkohol. CO₂ yang dihasilkan dari proses pembuatan ammonia dan fermentasi alkohol hampir 100 % murni. Biasanya CO₂ disediakan bagi pengguna dalam bentuk gas yang telah dikemas dalam silinder gas. CO₂ 100% banyak digunakan sebagai gas pelindung dalam proses pengelasan GMAW, khususnya untuk pengelasan baja. Penggunaan CO₂ sebagai gas pelindung pada proses las GMAW memungkinkan kecepatan pengelasan dapat tinggi, penetrasi yang lebih baik, dan sifat mekanik yang lebih baik serta biaya yang lebih murah dibanding dengan gas “inert”. Hal tersebut tidak terlepas dari kemampuan CO₂ untuk menghasilkan pengalihan arus pendek (*short circuiting transfer*) pada arus

rendah dan *globular transfer* pada arus tinggi. Mengingat CO₂ merupakan gas pengoksidasi (*oxidizing gas*), maka elektroda yang digunakan harus elektroda yang mengandung “deoxidizer” untuk mencegah terjadinya porositas dalam lasan. Kelemahan yang dimiliki oleh CO₂ pada saat digunakan sebagai gas pelindung dalam proses pengelasan adalah karakteristik dari busur yang kurang stabil, yaitu busur yang keras dan banyaknya bintik-bintik las (*spatter weld*). *Spatter* dapat dikurangi dengan cara mempertahankan panjang busur supaya tidak terlalu panjang (busur harus pendek). Selain itu, CO₂ akan menambah beberapa karbon ke dalam hasil lasan, akan tetapi tidak berpengaruh terhadap baja ringan, tetapi kecenderungan untuk mengurangi ketahanan korosi dari logam stainless steel, dan mengurangi keuletan dan ketangguhan dari hasil lasan beberapa baja paduan rendah.

4. Campuran Argon Helium

Terlepas dari besar kecilnya persentase campuran, campuran Argon Helium digunakan untuk mengelas logam non ferro seperti aluminium, tembaga, paduan nikel dan logam reaktif. Penggunaan gas dalam beberapa campuran dapat meningkatkan tegangan dan panas busur pada proses las GTAW dan GMAW, sementara karakteristik menguntungkan dari Argon tetap dipertahankan. Secara umum, pada material-material berat, persentase helium yang tinggi hendaknya digunakan. Persentase helium yang lebih kecil dari 10% akan mempengaruhi busur dan sifat mekanik hasil las. Kenaikan persentase Helium, dapat mengakibatkan tegangan busur, *spatter*, dan penetrasi akan meningkat sementara porositas berkurang. Gas Helium murni akan memperluas penetrasi dan manik-manik las, tetapi kedalaman penetrasi dapat menjadi kurang baik. Persentase Argon harus lebih kecil dari 20% pada saat dicampur dengan Helium agar mampu menghasilkan dan menjaga stabilitas semprotan busur (*Spray arc*).

Ada tiga jenis campuran Argon-Helium, yaitu Argon-25% He(HE-25), Argon-50% He(HE-50), dan Argon-90% He(HE-90) (www.navybmr.com).

- a. **Argon-25% He(HE-25)** –Campuran ini merupakan campuran kecil yang dianjurkan untuk pengelasan aluminium dalam upaya untuk mendapatkan peningkatan penetrasi dan penampitan manik merupakan hal yang utama.
- b. **Argon-75% He(HE-75)** –Campuran ini merupakan campuran gas yang biasa digunakan secara luas untuk mengelas aluminium dengan ketebalan yang lebih dari 1 inchi pada pengelasan posisi datar (flat). Campuran He-75 ini juga meningkatkan masukan panas dan mengurangi porositas las pada ketebalan 1/4 - 1 1/2 inchi tebal konduktivitas tembaga.
- c. **Argon-90% He(HE-90)**-. Campuran merupakan campuran yang digunakan untuk pengelasan tembaga dengan ketebalan yang lebih dari 1/2 inchi, dan aluminium dengan ketebalan yang lebih dari lebih dari 3 inchi. Campuran gas ini memiliki peningkatan input panas, yang meningkatkan peleburan las dan memberikan kualitas X-ray yang baik. Hal ini juga digunakan untuk short circuit transfer dengan logam pengisi nikel tinggi.

5. Campuran Argon-Oksigen

Campuran gas Argon-Oksigen biasanya mengandung 1%, 2% atau 5% oksigen. Jumlah kecil oksigen dalam gas menyebabkan gas menjadi sedikit oksidasi, sehingga logam pengisi yang digunakan harus berisideoxidizers untuk membantu menghilangkan oksigen dari kubangan las dan mencegah porositas. Argon murni tidak selalu memberikan karakteristik busur terbaik saat pengelasan logam Ferro.

Dalam gas pelindung Argon murni, logam pengisi memiliki kecenderungan untuk tidak mengalir keluar garis fusi (*fusion line*). Penambahan sejumlah gas O₂ pada Argon dapat menstabilkan busur las, meningkatkan kecepatan laju pengisian logam pengisi, menurunkan arus transisi busur semprot (*spray arc transition current*), meningkatkan pencairan dan bentuk manik las. Genangan las lebih cair dan tetap cair yang memungkinkan logam mengalir ke luar menuju ujung las. Keadaan ini akan mengurangi “under cutting” dan menghaluskan manik las. Kadang-kadang, penambahan sedikit oksigen digunakan untuk proses pengelasan logam non ferro.

Berdasarkan hasil laporan dari NASA, penambahan 0,1 % oksigen telah berguna untuk menstabilkan busur ketika mengelas pelat aluminium sangat bersih. Ada beberapa variasi campuran Argon-Oksigen, yaitu Argon – 1% O₂, Argon – 2% O₂, Argon – 5% O₂, Argon – 8-12% O₂, Argon – 12-25 % O₂ (www.navybmr.com)

- a. **Argon-1% O₂**; Campuran ini terutama digunakan untuk “Spray Arc Welding” pada baja tahan karat (*stainless steels*). Satu persen oksigen, cukup untuk menstabilkan busur, meningkatkan laju tetesan, memberikan peleburan, dan memperbaiki penampilan.
 - b. **Argon-2% O₂**; Campuran ini digunakan untuk “Spray Arc Welding” pada baja karbon, baja paduan rendah dan baja tahan karat (*stainless Steels*). Campuran ini memberikan proses pencairan yang lebih dari campuran 1% O₂. Sifat mekanik dan ketahanan korosi lasan dihasilkan melalui campuran 1 dan 2% O₂ yang setara.
 - c. **Argon-5% O₂**; Campuran ini memungkinkan logam lebih cair tetapi genangan las masih terkendali. Campuran ini merupakan campuran yang paling sering digunakan untuk pengelasan baja karbon secara umum. Tambahan oksigen juga memungkinkan laju kecepatan menjadi lebih tinggi.
 - d. **Argon-8-12% O₂**; Campuran gas ini utamanya digunakan pada proses pengelasan “single pass”, tetapi juga digunakan untuk pengelasan “multi pass”. Tingginya potensi oksidasi gas ini harus dipertimbangkan terhadap paduan kimia kawat las.
 - e. **Argon-12-25% O₂**; Campuran dengan tingkat O₂ yang sangat tinggi digunakan secara terbatas. Campuran gas ini memiliki karakteristik fluiditas genangan yang ekstrim. Lapisan terak berat di atas permukaan manik las sulit untuk dibuang. Dengan menggunakan “deoxidizing filler”, lasan yang kuat dapat dihasilkan melalui campuran O₂ 25% dengan sedikit atau tanpa porositas. Apabila akan dilakukan pengelasan lanjutan, pembersihan terak harus dilakukan untuk memastikan lasan menyatu dengan baik.
6. **Campuran Argon – CO₂**; Campuran gas pelindung ini utamanya digunakan pada proses pengelasan baja karbon dan baja karbon paduan rendah dengan pemakaian yang terbatas pada “stainless steels”. Penambahan CO₂ pada Argon dapat mengurangi tingkat “spatter” yang biasanya dialami pada penggunaan CO₂ murni. Penambahan

sedikit CO₂ kedalam Argon, akan menghasilkan kualitas yang sama seperti pada saat menambahkan sedikit O₂, hanya semprotan transisi busur pada campuran Argon-CO₂ lebih tinggi. Pada campuran diatas sekitar 20% CO₂, menyebabkan spray transfer menjadi tidak stabil.

- a. **Argon – 3-10% CO₂**; Campuran ini digunakan untuk *Spray Arc* dan *Short Circuit Transfer* pada baja karbon dengan ketebalan yang bervariasi. Dengan kemampuan tersebut, menyebabkan campuran ini menjadi populer sebagai campuran serba guna.
- b. **Argon-11-20% CO₂**; Campuran gas ini digunakan untuk proses pengelasan pada berbagai celah yang sempit, posisi luar logam lembaran, dan menggunakan pengelasan GMAW kecepatan tinggi. Campuran ini digunakan pada pengelasan baja karbon dan baja paduan rendah. Dengan campuran ini, produktivitas maksimum pada bahan tipis dapat dicapai.
- c. **Argon-21-25% CO₂**; Campuran ini digunakan hamper secara eksklusif dengan *short circuiting transfer* pada baja ringan, campuran ini pada awalnya diformulasikan untuk memaksimalkan frekuensi *short circuiting transfer* pada kawat las solid yang berdiameter 0,03 dan 0,035 inchi.
- d. **Argon-50% CO₂**; Campuran ini digunakan pada saat mana panas input yang tinggi dan kedalaman penetrasi diperlukan. Ketebalan material yang disarankan adalah 1(1/18) inchi, dan pengelasan dapat dilakukan pad out-position. Campuran ini sangat populer untuk pengelasan pipa menggunakan *short circuit transfer*.
- e. **Argon-75 CO₂**; Campuran gas ini digunakan pada pipa dinding berat . Hal ini dimaksudkan untuk mengoptimalkan baik sisi dinding fusi meupun penetrasi yang dalam.

7. Campuran Helium-Argon-Karbon Dioksida

Campuran tiga jenis gas pelindung banyak populer digunakan untuk pengelasan baja karbon, baja tahan karat (stainless steels), dan dalam beberapa kasus digunakan untuk pengelasan nikel paduan. Karakteristik Helium yang memiliki konduktivitas panas lebih besar untuk *short circuit transfer* pada penggunaan logam dasar baja karbon dan baja tahan karat (stainless steels). Profil penetrasi yang lebar dan

peningkatan peleburan dinding (*sidewall fusion*) dapat menyempurnakan proses peleburan.

- a. **90% Helium+7,5% Argon+2,5% CO₂**; Campuran ini merupakan campuran gas pelindung yang paling populer untuk mode *shortcircuiting* pada pengelasan stainless steel. Konduktivitas termal yang tinggi dari helium memberikan bentuk manik datar dan peleburan yang sangat baik.
- b. **55% Helium + 42,5% Argon + 2,5% CO₂**; Campuran ini meskipun kurang populer dibanding campuran yang pertama, campuran ini memiliki busur dingin untuk mode *short-circuit metal transfer*, khususnya pada pengelasan stainless steels dan nikel paduan. Konsentrasi Helium yang kecil memungkinkan dapat digunakan untuk mode *axial spray metal transfer*.
- c. **38% Helium + 65% Argon + 7% CO₂**; Campuran ketiga ini digunakan untuk *short circuiting transfer* pada Baja Paduan Ringan dan Baja Paduan Rendah. Selain itu dapat digunakan juga pada pengelasan pipa dengan root terbuka. Konduktivitas panas yang tinggi dapat memperluas profil penetrasi dan mengurangi kecenderungan *cold lap*, yaitu tidak terjadinya penyatuan antara logam las dengan material dasar.

8. Nitrogen

Nitrogen merupakan salah jenis gas pelindung yang utamanya digunakan pada pengelasan tembaga dan tembaga paduan. Karakteristik dari Nitrogen mirip dengan Helium, yaitu mampu memberikan efek penetrasi yang baik dibanding Argon dan cenderung digunakan pada *Globular Metal Transfer*. Nitrogen dapat dicampur dengan Argon pada saat akan melakukan proses pengelasan paduan aluminium.

Bahan Bacaan 2 : Elektroda Las GMAW

Elektroda las atau kawat las merupakan salah satu komponen yang harus dipertimbangkan dalam upaya mendapatkan hasil pengelasan yang baik. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan pada saat memilih kawat/elektroda las, yaitu: (a) jenis proses las yang akan digunakan, (b) jenis material yang akan dilas terkait dengan komposisi kimia dan sifat mekaniknya, (c) gas pelindung yang digunakan, (d) standar baku mutu yang digunakan atau persyaratan kualitas yang diinginkan, dan (e) jenis disain sambungan las yang digunakan. Hal-hal diatas, didasarkan pada pertimbangan yang berkaitan dengan masalah: (a) stabilitas busur, (b) tingkat pembekuan, (c) sifat mekanik, (d) tingkat deposisi, (e) karakteristik logam dasar, dan (f) parameter pengelasan. Parameter pengelasan untuk proses las GMAW diatur berdasarkan diameter elektroda, mode transfer logam (*metal transfer*) yang dipilih, gas pelindung yang digunakan, posisi pengelasan yang akan dilakukan, dan proses pengelasan yang digunakan (manual atau otomatis). Bahan pertimbangan lain juga termasuk ketahanan korosi, ketahanan aus, proses perlakuan panas yang digunakan (*preheated* atau *postheated*). Faktor warna juga harus diperhatikan, terutama saat akan melakukan proses pengelasan pada Aluminium.

Jenis elektroda las yang digunakan dalam proses pengelasan GMAW dapat berupa elektroda telanjang (*bare*), padat (*solid*), maupun kawat konsumabel (*consumable wires*). Adapun dilihat dari bentuknya, dapat berbentuk kawat batangan (*wire rod*), kawat gulungan (*wire roll*), dan pita gulungan (*wire strip*). Ukuran elektroda yang sering digunakan untuk proses las GMAW berkisar antara 0,024 inchi (0,6 mm) sampai 0,062 inchi (1,6 mm), Tetapi, ada juga elektroda yang diproduksi dalam rentang ukuran 0,020 inchi (0,5 mm) sampai 1/8 inchi (3mm).

Elektroda las dikelompokkan menjadi beberapa kelompok berdasarkan *Filler Numbers or F-Numbers, Chemical Analysis, AWS (American Welding Society) Specification, dan AWS Classification*. Dalam sistem *filler number*, elektroda diklasifikasikan menjadi kelompok F-6 untuk elektroda jenis baja dan baja tahan karat, F-21, F-22, atau F-23 untuk elektroda jenis aluminium. Apabila suatu elektroda belum dikelompokkan, maka penentuannya dapat dilakukan analisis kimia. Dalam spesifikasi AWS, pengelompokan elektroda dilakukan dengan memberikan kodefikasi seperti pada tabel berikut.

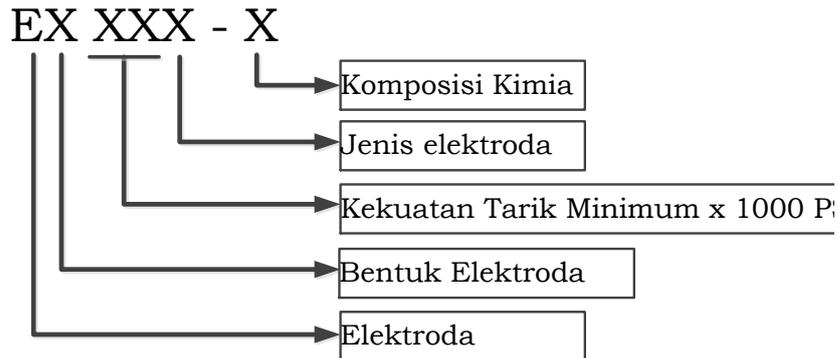
Tabel 6.3

Spesifikasi Kawat Las Berdasarkan Standar AWS.

| Spesifikasi AWS | Logam |
|-----------------|-------------------------------------|
| A5.7 | Tembaga dan Tembaga Paduan |
| A5.9 | Baja Tahan Karat (Stainless Steels) |
| A5.10 | Alluminium dan Alluminium Paduan |
| A5.14 | Nikel dan Nikel Paduan |
| A5.16 | Titanium dan Titanium Paduan |
| A5.18 | Baja Karbon |
| A5.19 | Magnesium Paduan |
| A5.24 | Zincronium dan Zincronium Paduan |
| A5.28 | Baja Paduan Rendah |

Jenis elektroda yang dipilih, sebaiknya harus memiliki komposisi kimiawi yang relatif dekat dengan komposisi kimia logam dasar. Perbedaan komposisi kimia antara kawat las akibat penambahan beberapa unsur paduan seperti Mangan, Silikon, dan Alluminium digunakan untuk memperbaiki sifat kimia, meminimalkan terjadinya porositas, atau meningkatkan sifat mampu las. Penggunaan elektroda dengan jumlah unsur *deoxidizing* yang tepat sangat penting pada saat menggunakan gas pelindungnya oksigen atau karbon dioksida. Kawat las yang dikombinasikan dengan gas pelindung dapat menghasilkan campuran unsur kimia yang akan menentukan sifat fisik dan mekanik dari hasil lasan.

Berdasarkan komposisi kimiawinya, elektroda las GMAW diklasifikasikan dengan menggunakan formula:



Contoh: Sebuah elektroda las diklasifikasikan dengan menggunakan formula:

ER 70 S – 2

Formula tersebut mengandung makna sebagai berikut:

E : elektroda.

R : bentuk elektroda batangan (rod).

70 : Kekuatan Tarik minimum logam las = $70 \times 1000 = 70.000$ Psi.

S : Jenis elektroda kawat solid.

2 : Komposisi Kimia (0,07% C; 0,9 – 1,4 % Mn; 0,4 – 0,7 % Si; 0,05 – 0,15 % Ti; 0,02 – 0,12 % Zr; dan 0,05 – 0,15 % Al).

1. Elektroda untuk baja Karbon rendah

Elektroda baja karbon dalam klasifikasi AWS, terdiri atas elektroda dengan kode ER70S-2; ER70S-3; ER70S-4; ER70S-5; ER70S-6; ER70S-7; dan ER70S-GS. Komposisi kimia dari elektroda klasifikasi ini dapat dilihat pada tabel 6.4. Adapun sifat mekaniknya dapat dilihat pada tabel 6.5.

Tabel 6.4

Komposisi Kimia yang Terkandung dalam Elektroda Las GMAW untuk Baja Karbon dan Baja Paduan Rendah (AWS A5.18, A5.28)

| No | Klasifikasi AWS | Karbon (%C) | Mangan (%Mn) | Silicon (%Si) | Posfor (%P) | Sulfur (%S) | Nickel (%Ni) | Chrom (%Cr) | Molibden (%Mo) | Cuprum (%Cu) | Lainnya |
|--------------------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-------------|-------------|-----------------------------------|-------------|----------------|--------------|------------|
| Baja Karbon | | | | | | | | | | | |
| 1 | ER70S-2 | 0,07 | 0,90-1,40 | 0,40-0,70 | 0,025 | 0,035 | - | - | - | 0,5 | Ti, Zr, Al |
| 2 | ER70S-3 | 0,06-0,15 | 0,90-1,40 | 0,45-0,70 | 0,025 | 0,035 | - | - | - | 0,5 | - |
| 3 | ER70S-4 | 0,07-0,15 | 1,00-1,50 | 0,65-0,85 | 0,025 | 0,035 | - | - | - | 0,5 | - |
| 4 | ER70S-5 | 0,07-0,19 | 0,90-1,40 | 0,30-0,60 | 0,025 | 0,035 | - | - | - | 0,5 | Al |
| 5 | ER70S-6 | 0,07-0,15 | 1,40-1,85 | 0,80-1,15 | 0,025 | 0,035 | - | - | - | 0,5 | - |
| 6 | ER70S-7 | 0,07-0,15 | 1,50-2,00 | 0,50-0,80 | 0,025 | 0,035 | - | - | - | 0,5 | - |
| 7 | ER70S-G | | | | | | Tidak Ada persyaratan unsur kimia | | | | |
| Baja Chromium-Molybdenum | | | | | | | | | | | |
| 8 | ER80S-B2 | 0,07-0,12 | 0,40-0,70 | 0,40-0,70 | 0,25 | 0,25 | 0,20 | 1,20-1,50 | 0,40-0,65 | 0,35 | |
| 9 | ER80S-B2L | 0,05 | 0,40-0,70 | 0,40-0,70 | 0,25 | 0,25 | 0,20 | 1,20-1,50 | 0,40-0,65 | 0,35 | |
| 10 | ER90S-B3 | 0,07-0,12 | 0,40-0,70 | 0,40-0,70 | 0,25 | 0,25 | 0,20 | 2,30-2,70 | 0,90-1,20 | 0,35 | |
| 11 | ER90S-B3L | 0,05 | 0,40-0,70 | 0,40-0,70 | 0,25 | 0,25 | 0,20 | 2,30-2,70 | 0,90-1,20 | 0,35 | |

| | | | | | | | | | | | |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|------|---|
| 12 | ER80C-B2L | 0,05 | 0,40-1,00 | 0,25-0,60 | 0,25 | 0,30 | 0,20 | 1,00-1,50 | 0,40-0,65 | 0,35 | |
| 13 | ER80C-B2 | 0,07-0,12 | 0,40-1,00 | 0,25-0,60 | 0,25 | 0,30 | 0,20 | 1,00-1,50 | 0,40-0,65 | 0,35 | |
| 14 | ER90C-B3L | 0,05 | 0,40-1,00 | 0,25-0,60 | 0,25 | 0,30 | 0,20 | 2,00-2,50 | 0,90-1,20 | 0,35 | |
| 15 | ER90C-B3 | 0,07-0,12 | 0,40-1,00 | 0,25-0,60 | 0,25 | 0,30 | 0,20 | 2,00-2,50 | 0,90-1,20 | 0,35 | |
| Baja Nikel | | | | | | | | | | | |
| 16 | ER80S-Ni1 | 0,12 | 1,25 | 0,40-0,80 | 0,025 | 0,025 | 0,80-1,10 | 0,15 | 0,15 | 0,35 | V |
| 17 | ER80S-Ni2 | 0,12 | 1,25 | 0,40-0,80 | 0,025 | 0,025 | 2,00-2,75 | | | 0,35 | |
| 18 | ER80S-Ni3 | 0,12 | 1,25 | 0,40-0,80 | 0,025 | 0,025 | 3,00-3,75 | | | 0,35 | |
| 19 | E80S-Ni1 | 0,12 | 1,25 | 0,60 | 0,025 | 0,030 | 0,80-1,10 | | 0,65 | 0,35 | V |
| 20 | E80S-Ni2 | 0,12 | 1,25 | 0,60 | 0,025 | 0,030 | 2,00-2,75 | | | 0,35 | |
| 21 | E80S-Ni3 | 0,12 | 1,25 | 0,60 | 0,025 | 0,030 | 3,00-3,75 | | | 0,35 | |

Lanjutan.

| No | Klasifikasi AWS | Karbon (%C) | Mangan (%Mn) | Silicon (%Si) | Pospor (%P) | Sulfur (%S) | Nickel (%Ni) | Chrom (%Cr) | Molibden (%Mo) | Cuprum (%Cu) | Lainnya |
|----------------------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|-------------|-------------|--------------|-------------|----------------|--------------|---------------|
| Baja Mangan-Molibden | | | | | | | | | | | |
| 22 | ER80S-D2 | 0,07-0,12 | 1,60-2,10 | 0,50-0,80 | 0,025 | 0,025 | 0,15 | | 0,40-0,60 | 0,50 | |
| Baja Paduan Rendah Lainnya | | | | | | | | | | | |
| 23 | ER100S-1 | 0,08 | 1,25-1,80 | 0,20-0,50 | 0,010 | 0,010 | 1,40-2,10 | 0,30 | 0,25-0,55 | 0,25-0,35 | V, Ti, Zr, Al |
| 24 | ER100S-2 | 0,12 | 1,25-1,80 | 0,20-0,60 | 0,010 | 0,010 | 0,80-1,25 | 0,30 | 0,20-0,55 | 0,65 | V, Ti, Zr, Al |
| 25 | ER110S-1 | 0,09 | 1,40-1,80 | 0,20-0,55 | 0,010 | 1,90-2,60 | | 0,50 | 0,25-0,55 | 0,25 | V, Ti, Zr, Al |
| 26 | ER120S-1 | 0,10 | 1,40-1,80 | 0,25-0,60 | 0,010 | 2,00-2,80 | | 0,60 | 0,30-0,65 | 0,25 | V, Ti, Zr, Al |

(www.navybmr.com)

Tabel 6.5

Sifat Mekanik Dari Logam Las Baja Karbon

| No | Klasifikasi AWS | Gas Pelindung | Polaritas | Kekuatan Tarik Minimal | | Kekuatan Luluh Minimal | | % elongation (2 in/50 mm) |
|----|-----------------|-----------------|-----------|------------------------|-----|------------------------|-----|---------------------------|
| | | | | Psi | MPa | Psi | MPa | |
| 1 | ER70S-2 | CO ₂ | DCEP | 72.000 | 480 | 58.000 | 400 | 22% |
| 2 | ER70S-3 | | DCEP | 72.000 | 480 | 58.000 | 400 | 22% |
| 3 | ER70S-4 | | DCEP | 72.000 | 480 | 58.000 | 400 | 22% |
| 4 | ER70S-5 | | DCEP | 72.000 | 480 | 58.000 | 400 | 22% |
| 5 | ER70S-6 | | DCEP | 72.000 | 480 | 58.000 | 400 | 22% |
| 6 | ER70S-7 | | DCEP | 72.000 | 480 | 58.000 | 400 | 22% |
| 7 | ER70S-G | | DCEP | 72.000 | 480 | 58.000 | 400 | 22% |

(www.navybmr.com)

D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan : Mengidentifikasi materi (berfikir reflektif 30 menit)

Pengantar

Aktivitas 1 : Mengidentifikasi karakteristik gas pelindung dan elektroda (diskusi kelompok 1Jp)

Aktivitas 2 : Mengidentifikasi faktor yang harus diperhatikan dalam memilih gas pelindung (Diskusi kelompok 1Jp)

Aktivitas 3 : Mengidentifikasi pengaruh penggunaan gas pelindung terhadap hasil lasan (Diskusi Kelompok 1 Jp)

Aktivitas 4 : Proses pemilihan jenis-jenis elektroda las GMAW (Diskusi kelompok 1 Jp)

Aktivitas Pengantar

Sebelum anda melanjutkan untuk mempelajari materi selanjutnya, silahkan anda jawab dulu masing-masing pertanyaan berikut. Jawaban anda ditulis pada lembar kerja 1 (LK 1).

1. Menurut pemahaman anda, apa sebenarnya yang dimaksud dengan gas pelindung untuk proses las GMAW ?
2. Mengapa perlu mempelajari tentang gas pelindung dan elektroda las?
3. Apa yang akan terjadi apabila seorang operator las/juru las tidak memahami tentang gas pelindung dan elektroda?
4. Apa yang akan terjadi seandainya gas pelindung yang digunakan tidak sesuai dengan karakteristik material dasar dan elektroda yang digunakan?

Lembar Kerja 0 (LK-0)

1. Menurut pemahaman anda, apa sebenarnya yang dimaksud dengan gas pelindung untuk proses las GMAW ?

.....
.....
.....
.....
.....

2. Mengapa perlu mempelajari tentang Gas pelindung dan elektroda las?

.....
.....
.....
.....
.....

3. Apayang akan terjadi apabila seorang juru las tidak memahami tentang gas pelindung dan elektroda?

.....
.....
.....
.....
.....

4. Apa yang akan terjadi apabila gas pelindung yang digunakan tidak sesuai dengan karakteristik material dasar dan elektroda las yang digunakan?

.....
.....
.....
.....
.....

Aktivitas Pembelajaran 1 (Diskusi Kelompok 1Jp) : Mengidentifikasi

Karakteristik Gas Pelindung dan Elektroda

Saudara diminta melakukan pengamatan di bengkel las tempat akan dilaksanakan praktikum pengelasan GMAW mengenai jenis-jenis gas pelindung dan kawat las yang digunakan. Hasil pengamatan dideskripsikan dan dituangkan dalam laporan tertulis (**LK-01**). Untuk membantu saudara mengisi LK-01, dapat dipandu oleh pertanyaan berikut ini:

1. Ada berapa jenis gas pelindung yang digunakan di bengkel tersebut? Sebutkan!
2. Mengapa gas pelindung tersebut digunakan? Jelaskan!
3. Pada saat kapan gas pelindung tersebut digunakan? Jelaskan!
4. Kawat elektroda apa yang ada di bengkel tersebut? Jelaskan!
5. Apa dasar pertimbangan yang digunakan untuk memutuskan pemilihan jenis elektroda tersebut? Jelaskan

Lembar Kerja 1 (LK-1)

1. Ada berapa jenis gas pelindung yang digunakan di bengkel tersebut? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Mengapa gas pelindung tersebut digunakan? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Pada saat kapan gas pelindung tersebut digunakan? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Kawat elektroda apa yang ada di bengkel tersebut? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Apa dasar pertimbangan yang digunakan untuk memutuskan pemilihan jenis elektroda tersebut? Jelaskan

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Aktivitas Pembelajaran 2 (diskusi Kelompok 1Jp) : Mengidentifikasi Faktor yang Harus Diperhatikan dalam Memilih Gas Pelindung dan Elektroda

Pada aktivitas pembelajaran 2 ini, anda diminta mengamati gambar berikut yang mengilustrasikan proses pemilihan jenis gas pelindung. Coba anda amati apa yang sedang difikirkan oleh operator sebelum memutuskan untuk menentukan salah satu jenis gas pelindung yang harus digunakan.



Berdasarkan hasil pengamatan anda, tentu anda memiliki pandangan yang berbeda dengan teman-teman anda tentang hal di atas. Apa yang Anda temukan setelah mengamati kegiatan tersebut? Apakah ada hal-hal yang baik atau sebaliknya yang Anda temukan? Diskusikan hasil pengamatan Anda dengan anggota kelompok Anda. Selanjutnya selesaikan **LK-02** dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Mengapa dalam memutuskan untuk memilih penggunaan gas pelindung harus dilakukan dengan seksama?
2. Apa pengaruh penggunaan gas pelindung pada proses pengelasan? Jelaskan!
3. Hal-hal apa yang harus diperhatikan dalam memilih jenis gas pelindung yang akan digunakan terkait dengan kinerja proses pengelasan?
4. Faktor-faktor apa yang seharusnya diperhatikan pada saat akan menggunakan suatu jenis gas pelindung? Jelaskan
5. Apa yang akan terjadi seandainya gas pelindung yang anda pilih tidak sesuai dengan proses pengelasan yang akan di laksanakan?

Hasil diskusi anda dapat anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok yang lain. Kelompok yang lain memberi tanggapan, pertanyaan, atau penguatan terhadap hasil diskusi anda. Anda dapat membaca uraian materi tentang gas pelindung dan elektroda untuk proses las GMAW.

1. Mengapa dalam memutuskan untuk memilih penggunaan gas pelindung harus dilakukan dengan seksama? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

2. Apa pengaruh penggunaan gas pelindung dalam proses pengelasan? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....

3. Hal-hal apa yang harus diperhatikan dalam memilih jenis gas pelindung yang akan digunakan terkait dengan kinerja proses pengelasan?

.....
.....
.....
.....
.....

4. Faktor-faktor apa yang seharusnya diperhatikan pada saat akan menggunakan suatu jenis gas pelindung? Jelaskan!

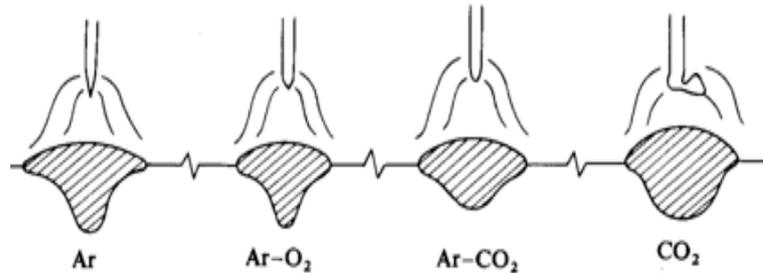
.....
.....
.....
.....
.....

5. Apa yang akan terjadi seandainya gas pelindung yang anda pilih tidak sesuai dengan proses pengelasan yang akan di laksanakan?

.....
.....
.....
.....
.....

Aktivitas Pembelajaran 3 (diskusi Kelompok 1Jp) : Mengidentifikasi Pengaruh Penggunaan Gas Pelindung terhadap Hasil Lasan

Anda diminta menganalisis pengaruh penggunaan gas pelindung terhadap hasil las seperti pada gambar berikut.



Setelah anda mengamati gambar tersebut, tentunya anda memiliki penafsiran yang berbeda dengan teman-teman anda tentang pengaruh gas pelindung terhadap hasil pengelasan. Apa yang anda dapat tafsirkan dari gambar yang anda amati tersebut? Kenapa hal tersebut dapat terjadi? Pada saat kapan hal tersebut dapat terjadi? Diskusikan hasil pengamatan anda dengan teman-teman anda dalam kelompok. Selanjutnya selesaikan LK-3 dengan dipandu pertanyaan sebagai berikut:

1. Penggunaan gas pelindung mana yang dianggap paling paling menguntungkan? Jelaskan!
2. Pada proses pengelasan material apa penggunaan gas pelindung tersebut akan mendapatkan hasil yang optimal? Jelaskan!
3. Parameter apa lagi yang harus diperhatikan dalam penggunaan setiap jenis gas pelindung agar hasil pengelasan optimal?
4. Mengapa penggunaan gas CO₂ mampu menghasilkan penetrasi yang besar dan dalam?
5. Apa yang seharusnya anda lakukan jika anda akan melakukan proses pengelasan?

Hasil diskusi anda dapat anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok yang lain. Kelompok yang lain memberi tanggapan, pertanyaan, atau penguatan terhadap hasil diskusi anda. Anda dapat membaca uraian materi tentang gas pelindung untuk proses las GMAW.

1. Penggunaan gas pelindung mana yang dianggap paling paling menguntungkan?

.....
.....
.....
.....
.....

2. Pada proses pengelasan material apa penggunaan gas pelindung tersebut akan mendapatkan hasil yang optimal?

.....
.....
.....
.....
.....

3. Parameter apa lagi yang harus diperhatikan dalam penggunaan setiap jenis gas pelindung agar hasil pengelasan optimal?

.....
.....
.....
.....
.....

4. Mengapa penggunaan gas CO₂ mampu menghasilkan penetrasi yang besar dan dalam?

.....
.....
.....
.....
.....

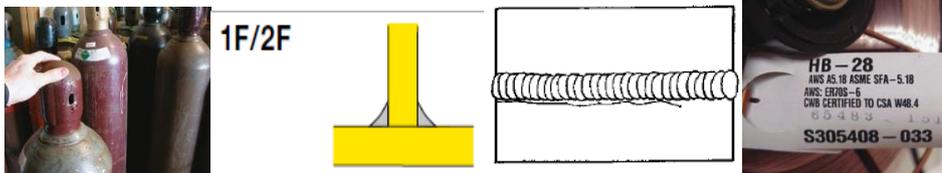
5. Apa yang seharusnya anda lakukan jika anda akan melakukan proses pengelasan?

.....
.....
.....
.....
.....

Aktivitas Pembelajaran 4 (diskusi Kelompok 1Jp) : Mengamati Proses

Pemilihan Elektroda Las

Anda diminta memperhatikan gambar tentang hal-hal yang berkaitan dengan pemilihan elektroda las, sehingga karakteristik kawat las tersebut sesuai dengan apa yang anda harapkan.



Gambar 1

Gambar 2

Gambar 3

Gambar 4

Berdasarkan hasil pengamatan, tentu semua orang akan memiliki pandangan yang berbeda terkait dengan proses pemilihan kawat las sehingga karakteristik yang diperlukan dapat dicapai. Apa yang dapat anda simpulkan tentang proses pemilihan kawat las? Adakah hal lain yang perlu diperhatikan lagi agar dalam pemilihan kawat las sesuai dengan yang diharapkan? Diskusikan hasil pengamatan anda dengan anggota kelompok anda. Selanjutnya selesaikan **LK-4** dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Apa hubungannya antara jenis gas pelindung dengan jenis kawat las, sehingga harus ada kesesuaian diantara keduanya? Jelaskan!
2. Mengapa posisi pengelasan menjadi hal yang harus dipertimbangkan pada saat memilih kawat las? Jelaskan
3. Adakah hal lain yang harus dipertimbangkan pada saat memilih kawat las? Jelaskan!

Hasil diskusi dapat anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca uraian materi tentang elektroda las GMAW.

1. Apa hubungannya antara jenis gas pelindung dengan jenis kawat las, sehingga harus ada keseuaian diantara keduanya? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Mengapa posisi pengelasan menjadi hal yang harus dipertimbangan pada saat memilih kawat las? Jelaskan

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Adakah hal lain yang harus dipertimbangkan pada saat memilih kawat las? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

E. Rangkuman

Proses las GMAW merupakan proses las busur listrik yang menggunakan bahan pelindung berupa gas. Gas tersebut ada yang bersifat “Inert” dan ada yang bersifat aktif. Keberadaan gas tersebut adalah untuk melindungi busur terhadap kontaminasi udara luar. Gas pelindung yang digunakan pada proses GMAW adalah gas Argon (Ar), Helium (He), Carbon Dikorida (CO_2), campuran antara ketiganya, seperti campuran Argon dengan Helium, Campuran Argon dengan Oksigen, Campuran Argon dengan Karbon dioksida, dan campuran Argon-Helium- dan Karbon Dioksida, serta Nitrogen.

Pemilihan gas pelindung harus disesuaikan dengan mode pemindahan logam (metal transfer), jenis logam dasar yang akan di las, jenis elektroda yang digunakan dan lain-lain. Hal tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa setiap gas pelindung memiliki sifat dasar yang akan berpengaruh terhadap kinerja proses pengelasan, yaitu (a) sifat panas pada kenaikan temperatur, (2) reaksi kimia dari gas dengan beberapa elemen logam dasar, dan (3) pengaruh setiap gas terhadap mode pemindahan logam (*metal transfer*).

Selain gas pelindung, jenis kawat las yang digunakan dalam proses pengelasan akan ikut menentukan kualitas hasil pengelasan. Oleh karena itu, kawat las yang dipilih harus tepat, sesuai dengan jenis material yang akan dilas, gas pelindung yang digunakan, posisi pengelasan, dan kualitas hasil lasan yang diinginkan. Ada beberapa jenis elektroda las yang dapat digunakan, yaitu elektroda telanjang (*bare*), padat (*solid*), dan kawat konsumabel (*consumable wires*). Adapun apabila dilihat dari bentuknya, kawat elektroda untuk proses las GMAW ini dapat berbentuk kawat batangan (*wire rod*), kawat gulungan (*wire roll*), dan pita gulungan (*wire strip*).

Dalam memilih logam las, ada beberapa hal yang harus diperhatikan khususnya yang berkaitan dengan masalah: jenis proses las yang akan digunakan, jenis material yang akan dilas terkait dengan komposisi kimia dan sifat mekaniknya, gas pelindung yang digunakan, standar baku mutu yang digunakan atau persyaratan kualitas yang diinginkan, jenis disain sambungan las yang digunakan, dan perlakuan panas yang diberikan (*pre heat* atau *post heat*).

F. Tes Formatif

1. Salah satu alasan gas pelindung jenis CO₂, banyak digunakan untuk proses pengelasan GMAW, karena Gas CO₂ memiliki karakteristik sebagai berikut:
 - a. Memiliki kemampuan penterasi yang baik.
 - b. Memiliki kemampuan busur yang stabil
 - c. Tidak banyak menghasilkan percikan (spatter)
 - d. Mampu membentuk kubangan las yang lebih besar
 - e. Dapat digunakan untuk berbagai jenis logam
2. Meskipun banyak digunakan dalam proses pengelasan, gas CO₂ memiliki kekurangan, diantaranya:
 - a. Kurang baik untuk digunakan pada proses pengelasan dengan busur yang panjang.
 - b. Dapat mengurangi keuletan hasil lasan pada baja karbon.
 - c. Menambah carbon terhadap hasil las pada baja karbon ringan.
 - d. Tidak memiliki konduktivitas panas yang baik.
 - e. Tidak baik untuk digunakan pada pengelasan stainless steel.
3. Banyak hal yang harus diperhatikan pada saat memilih penggunaan gas pelindung agar kinerja proses pengelasan optimal. Salah satu diantaranya adalah sifat dasar dari gas tersebut, yaitu:
 - a. Komposisi kimiawi yang dimiliki oleh gas tersebut.
 - b. Reaksi kimia dari gas terhadap beberapa unsur logam dasar.
 - c. Kecenderungan untuk terjadinya undercutting.
 - d. Efek sifat mekanik yang akan terjadi pada hasil lasan.
 - e. Konduktivitas panas yang dimiliki.
4. Pada saat akan melakukan proses pengelasan pada logam non ferro, sebaiknya gas pelindung yang digunakan adalah:
 - a. Argon
 - b. Karbon Dioksida.
 - c. Helium
 - d. Campuran Argon-25% He
 - e. Argon-2% O₂

5. Salah satu cara yang harus dilakukan pada saat akan memilih gas pelindung adalah dengan memperhatikan tipe pemindahan logam (metal transfer) yang akan digunakan dalam proses pengelasan. Apabila seorang operator memutuskan untuk memilih gas pelindung Argon, karena operator tersebut akan memilih mode pemindahan logam (metal transfer):
- moded spray metal transfer.*
 - Mode short circuiting transfer*
 - Mode globular transfer*
 - Mode short circuiting transfer dan globular transfer*
 - Semua mode transfer.
6. Salah satu yang menentukan karakteristik dari elektroda las GMAW adalah komposisi kimia yang dikandungnya. Kandungan unsur kimia terbesar yang dimiliki oleh elektroda AWS A5.18 adalah:
- Karbon
 - Silicon
 - Mangan
 - Sulfur
 - Posfor
7. Salah satu faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih penggunaan elektroda las adalah jenis gas pelindung. Seorang operator memutuskan untuk menggunakan jenis gas pelindungnya campuran antara 98% Argon+2% Oxygen, karena dia menggunakan elektroda tipe:
- Mild steel
 - Stainless Steel
 - Aluminium
 - Silicon Bronze,
 - Deoxidized copper.

8. Elektroda yang dikalsifikasikan dengan kode ER70S-X, dalam spesifikasi Aws termasuk pada kelompok:
- a. A5.18
 - b. A5.19
 - c. A5.10
 - d. A5.24
 - e. A5.9

G. Kunci Jawaban

- | | | | |
|------|------|------|------|
| 1. a | 3. b | 5. a | 7. a |
| 2. a | 4. a | 6. c | 8. a |

KEGIATAN PEMBELAJARAN 7 : PROSES PENGELASAN PELAT BAJA KARBON

POSISI 1F/1G, 2F/2G, 3F/3G, DAN 4F/4G

A. Tujuan

Setelah anda menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, diharapkan anda memiliki kemampuan dalam melaksanakan proses pengelasan pada pelat baja karbon untuk posisi 1F/1G, 2F/2G, 3F/3G, dan 4F/4G berdasarkan standar kerja yang ditentukan.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menjelaskan jenis pengelasan pada proses pengelasan pelat.
2. Menjelaskan jenis posisi pengelasan pada proses pengelasan pelat.
3. Menjelaskan jenis pengelasan pada proses pengelasan pipa.
4. Menjelaskan jenis posisi pengelasan pada proses pengelasan pipa.
5. Menjelaskan cara melakukan pengelasan pada pelat berdasarkan jenis dan posisi pengelasan.
6. Melaksanakan proses pengelasan pada pelat baja karbon untuk posisi 1F/1G, 2F/2G, 3F/3G, dan 4F/4G

C. Uraian Materi

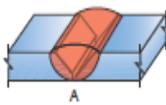
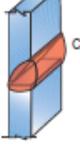
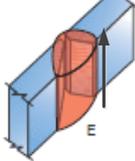
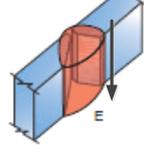
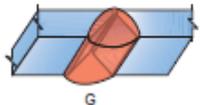
Bahan Bacaan 1 : Posisi Pengelasan

Secara umum, posisi pengelasan terdiri atas 4 jenis, yaitu posisi pengelasan datar, horizontal, vertikal dan di atas kepala baik pada pengelasan pelat maupun pipa dengan sambungan jenis tumpul atau sudut. Keempat posisi pengelasan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

a. Posisi dan Jenis pengelasan pada Pelat

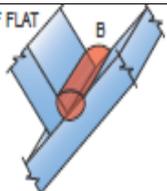
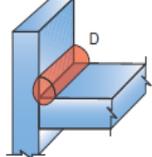
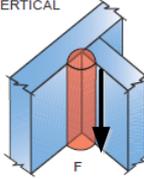
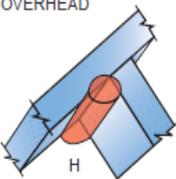
(1) Las tumpul (*Butt Weld*)

Gambar 7.1 **Posisi Las Tumpul Pada Pelat (Jeffus, 2011, halm. 93)**

| Posisi 1G | Posisi 2G | Posisi 3G | Posisi (v-d) G | Posisi 4 G |
|--|--|--|--|--|
|  <p>1G FLAT A</p> |  <p>2G HORIZONTAL C</p> |  <p>3G VERTICAL E</p> |  <p>3G VERTICAL E</p> |  <p>4G OVERHEAD G</p> |
| Datar | Horisontal | Vertikal Ke atas | Vertikal ke bawah | Di atas kepala |

(2) Las Sudut (*Fillet Weld*)

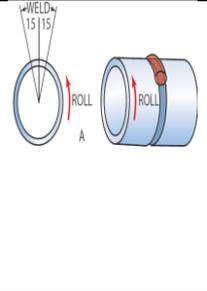
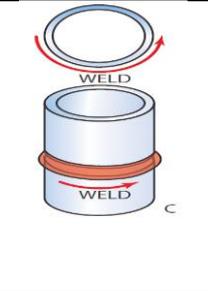
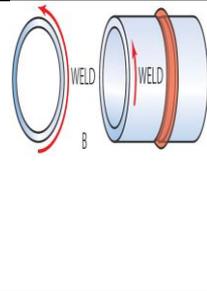
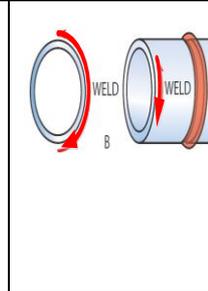
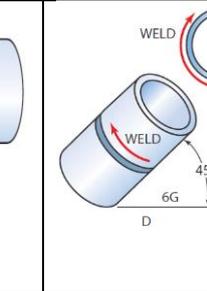
Gambar 7.2 **Posisi Las Tumpul Pada Pelat (Jeffus, 2011, halm. 93)**

| Posisi 1F | Posisi 2F | Posisi 3F | Posisi (v-d) F | Posisi 4 F |
|--|--|--|--|--|
|  <p>1F FLAT B</p> |  <p>2F HORIZONTAL D</p> |  <p>3F VERTICAL F</p> |  <p>3F VERTICAL F</p> |  <p>4F OVERHEAD H</p> |
| Datar | Horisontal | Vertikal Ke atas | Vertikal ke bawah | Di atas kepala |

(1) Las Tumpul (*Butt Weld*)

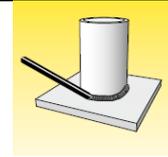
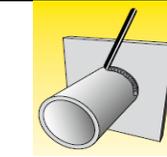
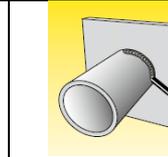
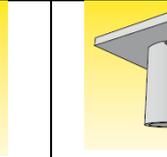
Gambar 7.3 **Posisi Las Tumpul Pada Pipa (Jeffus, 2011, halm. 93)**

| Posisi 1G | Posisi 2G | Posisi 5G | Posisi (v-d) G | Posisi 6 G |
|-----------|-----------|-----------|----------------|------------|
| | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|--|--|
|  |  |  |  |  |
| Pipa Berputar Sumbu Horizontal Las : Datar | Pipa : Tetap Sumbu : Vertikal Las : Horizontal vertikal | Pipa : Tetap Sumbu : Horizontal Las : vertical ke atas | Pipa : Tetap Sumbu : Horizontal Las : Vertikal ke bawah | Pipa : Tetap Sumbu : Miring Las : Datar {Pipa tetap miring (45 ⁰ + 5 ⁰) dan tidak berputar} |

(2) Las Sudut (*Fillet Weld*)

Gambar 7.4 Posisi Las Sudut Pada Pipa (www.www.electroaula.cat)

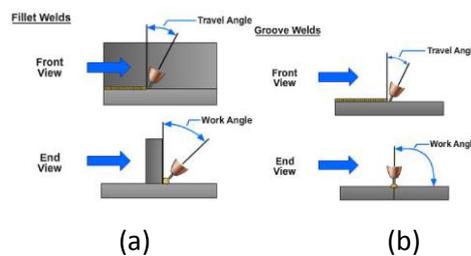
| Posisi 1F | Posisi 2F | Posisi 3F | Posisi (v-d) F | Posisi 4 F |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| Pipa Berputar Sumbu Horizontal Las : Datar | Pipa : Tetap Sumbu : Vertikal Las : Horizontal vertikal | Pipa : Tetap Sumbu : Horizontal Las : vertical ke atas | Pipa : Tetap Sumbu : Horizontal Las : Vertikal ke bawah | Pipa : Tetap Sumbu : Vertikal Las : Horizontal atas kepala |

Bahan Bacaan 2 : Pengelasan Pelat Pada Berbagai Posisi

Dalam proses pengelasan GMAW, ketepatan posisi *welding gun/Torch* dengan benda kerja sangat penting. Posisi antara *welding gun/Torch* dengan benda kerja dinyatakan dengan istilah sudut kerja (*work angle*) dan sudut pergerakan (*travel angle*) seperti gambar berikut.

Gambar 7.5

Posisi Travel and Work Angle: (a) Pengelasan Sudut, (b) Pengelasan Kampuh(www.navybmr.com)



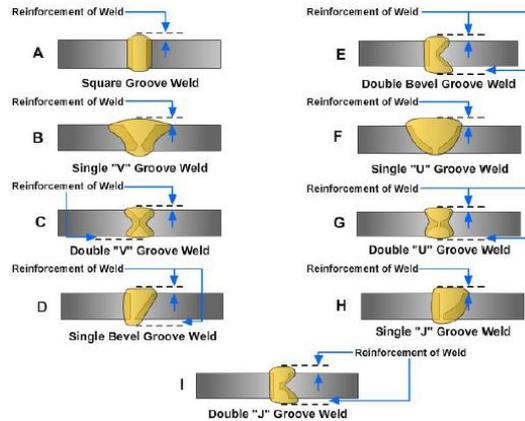
1. Pengelasan Pelat di bawah Tangan (1F/1G)

Posisi pengelasan di bawah tangan merupakan posisi pengelasan dasar dan posisi yang banyak digunakan dilapangan, karena posisi pengelasan ini kurang melelahkan, kecepatan pengelasan dapat lebih tinggi, kubangan las dapat dikontrol, dan dapat menghasilkan penetrasi yang lebih baik. Posisi pengelasan ini dapat digunakan pada pengelasan tumpul maupun pengelasan sudut. Pengelasan sambungan tumpul merupakan jenis pengelasan utama yang banyak digunakan pada posisi ini, terutama untuk menyambung pelat yang memiliki ketebalan sama. Pelat dengan ketebalan sampai (1/8 inchi atau sekitar 3 mm) dapat dilas dengan satu kali jalan dan tidak perlu penyiapan khusus pada ujungnya. Pelat dengan ketebalan (1/8 – 3/16 inchi atau sekitar 3-5 mm) juga dapat dilas dengan tanpa harus penyiapan khusus pada ujungnya, cukup dilas pada kedua sisinya.

Gambar berikut merupakan beberapa bentuk sambungan tumpul.

Gambar 7.6

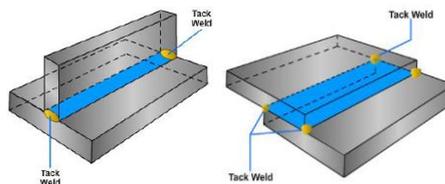
Beberapa Bentuk Sambungan Tumpul (www.navybmr.com)



Untuk mencegah bergesernya kedua pelat pada saat di las, perlu dilakukan pengelasan kancing (*tack weld*) pada kedua ujungnya.

Gambar 7.7

Pembuatan Las Kancing Pada Sambungan T dan Sambungan Tumpul (www.navybmr.com)

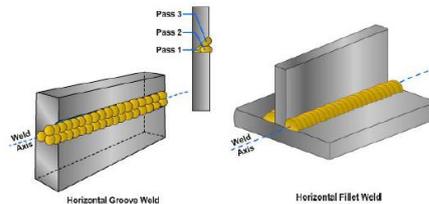


2. Pengelasan Pelat Posisi Horizontal (2F/2G)

Meskipun posisi pengelasan yang pertama merupakan posisi pengelasan yang banyak digunakan, tetapi tidak mungkin semua benda dilas dengan posisi datar atau di bawah tangan. Oleh karena itu, perlu pengelasan dalam posisi horizontal baik dalam bentuk pengelasan tumpul maupun pengelasan kampuh. Pada pengelasan horizontal ini, sumbu lasan berada pada bagian depan bidang horizontal seperti gambar berikut.

Gambar 7.8

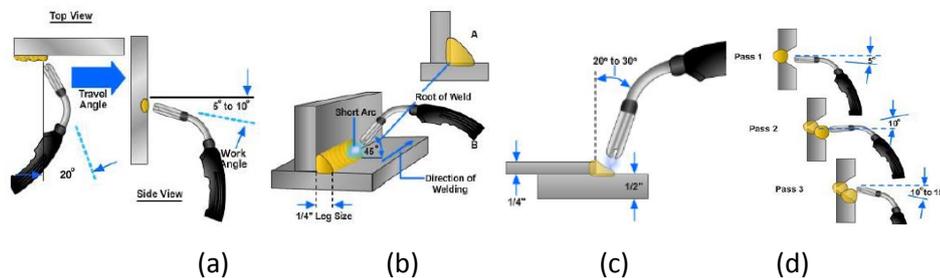
Posisi Sumbu Las Pada Pengelasan Horizontal (www.navybmr.com)



Pada pengelasan posisi horizontal, posisi Torch terhadap benda kerja dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 7.9

Posisi torch pada pengelasan horizontal: (a) Pengelasan tumpul, (b) Pengelasan sudut, (c) pengelasan tumpang dengan tebal benda yang berbeda, dan (d) Pengelasan Penebalan (Multi Passes) (www.navybmr.com)

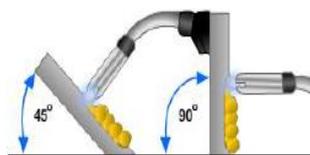


3. Pengelasan Pelat Posisi Vertikal (3F/3G)

Pengelasan vertikal adalah proses pengelasan yang dilakukan pada suatu permukaan vertikal atau yang membentuk sudut 45° (lihat gambar 7.10). Pengelasan pada posisi ini lebih sulit dibanding pengelasan di bawah tangan maupun pengelasan horizontal, karena pengaruh dari gravitasi yang akan menarik cairan logam kebawah.

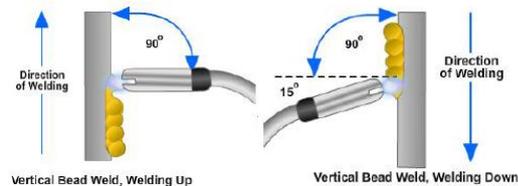
Gambar 7.10

Pengelasan Posisi Vertikal (www.navybmr.com)



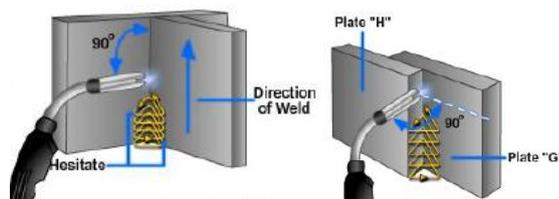
Ada dua hal yang harus diperhatikan agar mendapatkan hasil pengelasan yang baik, yaitu besar arus yang digunakan dan posisi Torch terhadap benda kerja. Pada proses pengelasan vertikal, posisi sudut Torch terhadap benda kerja adalah 90° untuk arah ke atas dan 105° untuk arah ke bawah, seperti gambar berikut.

Gambar 7.11 Posisi Torch Terhadap Benda Kerja Pada Pengelasan Vertikal arah keatas dan kebawah (www.navybmr.com)



Pada proses pengelasan sambungan T dan Tumpang, posisi Torch terhadap benda kerja dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 7.12 Posisi Torch Pada Pengelasan Sambungan T dan Sambungan Tumpang Posisi Vertikal (www.navybmr.com)



Arus yang digunakan pada proses pengelasan vertikal harus lebih kecil dibanding dengan proses pengelasan posisi mendatar. Pada plat yang sama, arus yang digunakan untuk pengelasan arah ke atas harus sedikit lebih tinggi dibanding arah pengelasan ke bawah pada. Besarnya arus yang digunakan harus disesuaikan dengan jenis dan ukuran elektroda yang digunakan serta ketebalan dari material yang dilas.

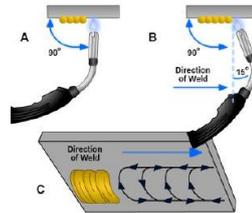
4. Pengelasan Pelat di Atas Kepala (4F/4G)

Posisi pengelasan di atas kepala merupakan posisi pengelasan yang paling sulit. Selain berpacu dengan gaya gravitasi yang akan menarik cairan logam ke bawah, juga kebutuhan waktu yang relatif lebih lama dibanding dua posisi pengelasan

sebelumnya. Pada proses pengelasan posisi ini, agar dapat mengontrol secara penuh dari cairan logam, disarankan untuk menggunakan arus yang kecil dan busur yang sangat pendek.

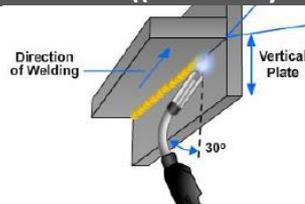
Gambar 7.13

Posisi Torch Pada Pengelasan Posisi Di Atas Kepala
((www.navybmr.com))



Gambar 7.14

Posisi Torch Pada Pengelasan Sudut Posisi Di Atas Kepala
((www.navybmr.com))



Bahan Bacaan 3 : SOP (Standar Operasional Prosedur) dalam Pengelasan GMAW

SOP dalam proses pengelasan pelat dibagi ke dalam tiga kelompok, yaitu SOP sebelum proses pengelasan, pada saat pengelasan, dan setelah proses pengelasan.

a. SOP Sebelum proses pengelasan

Hal-hal yang harus diperhatikan pada saat akan melaksanakan proses pengelasan mencakup persiapan mesin las, pemilihan gas pelindung, pemilihan kawat las, pengaturan wire feeder, pemeriksaan kontak tip, dan persiapan penanganan sinar. Semua pekerjaan tersebut harus dilakukan berdasarkan SOP yang benar.

1. Penyiapan mesin las

- a) Tempatkan mesin las pada tempat yang tepat dan memadai, jarak mesin dengan dinding minimal 30 cm.
- b) Hubungkan kabel daya dengan sumber daya/sumber listrik yang sesuai.
- c) Pasang kabel output dengan benar dan pastikan tidak ada kesalahan.

2. Pemilihan gas pelindung

- a) Siapkan sperangkat gas pelindung sesuai dengan jenis yang dipilih, misalnya CO₂.
 - b) Hubungkan gas pelindung ke *wire feeder* atau mesin las dengan benar dan pastikan tidak ada kebocoran.
3. Pemilihan kawat las
- a) Tentukan jenis atau klasifikasi dan ukuran kawat las sesuai dengan jenis logam yang akan dilas.
4. Pengaturan *wire feeder*,
- a) Periksa roll *wire feeder* agar jenis dan ukurannya sesuai dengan jenis dan ukuran kawat las.
 - b) Masukkan kawat las sehingga menapak pada roll penekan dengan benar.
 - c) Atur tekanan kawat las dengan memutar tangkai roll penekan searah jarum jam sampai diperoleh tekanan yang sesuai dengan jenis kawat yang digunakan.
 - d) Tekan tombol kontak *remote control* atau *switch* pada torch, sampai kawat keluar dari ujung nosel sekitar 10-15 mm.
5. Pemeriksaan kontak tip
- a) Periksa kontak tip yang digunakan dan pastikan diameter lubangnya sesuai dengan diameter kawat las yang digunakan.
 - b) Periksa dan pastikan ujung kontak tip dalam keadaan baik (bersih dari percikan/*spatter*).
6. Penangan terhadap kemungkinan bahaya yang akan terjadi.
- a) Gunakan alat pelindung diri yang sesuai dengan benar.

b. SOP pada saat pengelasan

Hal-hal yang harus diperhatikan pada saat melaksanakan proses pengelasan adalah:

1. Sebelum pengelasan dilakukan, permukaan sambungan harus dibersihkan dengan menggunakan sikat kawat.
2. Pastikan posisi ujung kawat las terhadap permukaan benda kerja yang akan dilas telah benar.

3. Atur posisi torch sesuai dengan arah pengelasan yang akan dilakukan.
4. Tekan switch “ON” pada torch untuk penyalaan busur.
5. Untuk mendapatkan hasil lasan yang baik, yaitu bentuk lapisan las maupun pengisian celah, hendaknya digunakan ayunan las yang sesuai dengan posisi pengelasan.
6. Pada saat mematikan busur, torch jangan terlalu cepat diangkat, tetapi tunggu sampai aliran gas terhenti agar tidak terjadi cacat pada ujung lasan.

c. SOP pada akhir proses pengelasan

Setelah proses pengelasan selesai, hal-hal yang harus dilakukan adalah:

1. Memeriksa hasil lasan, apabila ada cacat atau hasil lasan yang kurang baik, harus diperbaiki.
2. Matikan switch sumber daya mesin, switch mesin, dan tutup keran tabung gas pelindung yang digunakan.
3. Simpan seluruh peralatan las pada tempat yang seharusnya.
4. Periksa kembali untuk meyakinkan bahwa semua telah ada dalam kondisi aman.

D. Aktivitas Pembelajaran

| Jenis Aktivitas | | Uraian |
|--------------------------|---|--|
| Aktivitas pengantar | : | Mengidentifikasi isi materi |
| Aktivitas Pembelajaran 1 | : | Penyalan dan pengendalian busur |
| Aktivitas Pembelajaran 2 | : | Pengelasan sambungan tumpul pada posisi datar (1G) |
| Aktivitas Pembelajaran 3 | : | Pengelasan sambungan sudut pada posisi datar (1F) |
| Aktivitas Pembelajaran 4 | : | Pengelasan sambungan tumpul pada posisi horisontal (2G) |
| Aktivitas Pembelajaran 5 | : | Pengelasan sambungan sudut pada posisi horisontal (2F) |
| Aktivitas Pembelajaran 6 | : | Pengelasan sambungantumpul pada posisi vertikal (3G) |
| Aktivitas Pembelajaran 7 | : | Pengelasan sambungan sudut pada posisi vertikal (3F) |
| Aktivitas Pembelajaran 8 | : | Pengelasan sambungantumpul pada posisi di atas kepala (4G) |
| Aktivitas Pembelajaran 9 | : | Pengelasan sambungan sudut pada posisi di atas kepala (4F) |

Aktivitas Pengantar (1Jp)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok anda untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran Proses dan SOP pengelasan pelat baja lunak posisi 1F/1G, 2F/ 2G, 3F/3G, dan 4F/4Gini? Sebutkan!
2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Apa topik yang akan anda pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
5. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**. Jika Anda bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Anda bisa melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 1**.

Lembar Kerja 0 (LK-00)

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran Proses dan SOP pengelasan pelat baja karbon posisi 1F/1G, 2F/ 2G, 3F/3G, dan 4F/4G ini? Sebutkan!

.....
.....
.....
.....

2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....

3. Apa topik yang akan anda pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....
.....
.....
.....

4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....
.....
.....

5. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....
.....
.....

.....

Aktivitas Pembelajaran 1 (5 JP) : Penyalaan dan pengendalian busur

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-01.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian anda harus melakukan praktik penyalaan dan pengendalian busur. Setelah selesai, anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum. Setelah melaksanakan LK-01.P anda dapat melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 2** mengenai Pengelasan sambungan tumpul (butt) pada pelat baja lunak posisi di bawah tangan (1G).

Penyalaan dan Pengendalian Busur

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih dalam penyalaan dan pengendalian busur, Anda diharapkan mampu:

1. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
2. Mengatur tekanan kerja pengelasan dengan gas argon pada regulator
3. Mengatur aliran gas argon
4. Memilih elektroda
5. Memasang dan mengatur jarak elektroda pada torch
6. Menyalakan dan mengendalikan busur las
7. Membuat Rigi Las pada Pelat Baja Lunak
8. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

1. Menyiapkan mesin las GMAW dan perlengkapannya.
2. Menyiapkan silinder gas CO₂ lengkap dengan *pressure regulator* dan *flow meter*.
3. Menyiapkan alat bantu las (sikat baja, palu las, dan tang potong).
4. Menyiapkan kawat elektroda baja lunak 1,6 mm.
5. Menyiapkan alat pelindung diri.
6. Menyiapkan Lembar Kerja.
7. Menyiapkan pelat baja lunak ukuran 150 x 80 x 8 mm (1 buah).

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

| | |
|---|---|
| 1 | Menggunakan elektroda sesuai dengan jenis dan tebal bahan |
| 2 | Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan |
| 3 | Memperhatikan peletakan dan posisi torch terhadap lingkungan kerja dan benda kerja |
| 4 | Bekerja dengan bersih dan rapi |
| 5 | Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja |
| 6 | Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja |

D. Proses Kerja

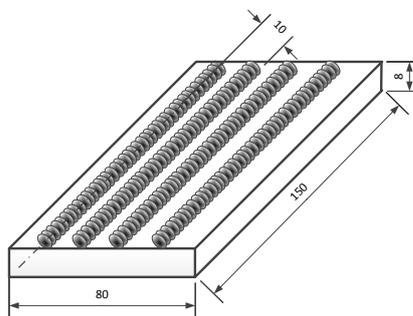
| | |
|---|--|
| 1 | Menyiapkan peralatan las GMAW/MIG/MAG, sambungan slang dan konektor arus listrik yang menghubungkan dengan benda kerja |
| 2 | Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir diantara 20 CFH |
| 3 | Mengatur ampere diantara 110 - 136 amp |
| 4 | Mengatur voltase mesin pada 19 Volt. |
| 4 | Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas dan menempatkannya sesuai posisi pengelasan/gambar kerja |
| 5 | Menyalakan busur las, mengatur jarak elektroda dengan permukaan benda kerja $\pm 2\text{mm}$ |
| 6 | Mengatur sudut pembakar diantara 70° - 90° terhadap jalur las |
| 7 | Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja |
| 8 | Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan |
| 9 | Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan kembali pada tempatnya, memposisikan saklar ON/OFF pada posisi OFF, menutup katup gas sampai tekanan menunjukkan "0" |

E. Hasil Kerja

| | | |
|---|---------------------|---|
| 1 | Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 | Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 | Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 | Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 5 | Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

Buat format penialaian hasil praktek bagi peserta diklat

F. Gambar Kerja



G. Form Laporan Praktikum

| | | | |
|------------------------|--------------------------|---|--|
| Judul Praktikum | | : | |
| Nama Peserta | | : | |
| Kelas | | : | |
| Waktu Praktikum | | : | |
| I | Bahan | | |
| | 1. | (Sebutkan bahan praktikum yang digunakan terutama elektroda las GMAW) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| II | Peralatan | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| III | Keselamatan Kerja | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| IV | Proses Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan tahapan kerja yang dilakukan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| V | Hasil Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan hasil kerja yang diinginkan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| VI | Gambar Kerja | | |

Aktivitas Pembelajaran 2 (5 JP) : Pengelasan sambungan tumpul pada posisi datar (1G)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-02.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian anda harus melakukan praktik pengelasan sambungan tumpul pada posisi datar (1G). Setelah selesai, anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum. Setelah melaksanakan LK-02.P anda dapat melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 3** mengenai Pengelasan sambungan sudut pada pelat baja lunak posisi datar (1F).

Pengelasan Sambungan Tumpul (Butt) pada Pelat Baja Lunak Posisi di Bawah Tangan (1G)

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih dalam pengelasan sambungan tumpul (Butt) pada pelat baja lunak posisi di bawah tangan (1G), Anda diharapkan mampu:

1. Mengoperasikan mesin las GMAW.
2. Melakukan persiapan bahan untuk pengelasan sambungan tumpul.
3. Menyetel aliran gas dan kecepatan aliran kawat las sesuai dengan prosedur petunjuk.
4. Melakukan penyetelan awal, melakukan pengelasan kancing,
5. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
9. Mengatur tekanan kerja pengelasan dengan gas CO₂ pada regulator
10. Mengatur aliran gas CO₂
11. Memilih elektroda
12. Memasang dan mengatur jarak elektroda pada torch
13. Menyalakan dan mengendalikan busur las
14. Membuat sambungan tumpul pada Pelat Baja Lunak
15. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

1. Menyiapkan mesin las GMAW dan perlengkapannya.
2. Menyiapkan silinder gas CO₂ lengkap dengan *pressure regulator* dan *flow meter*.
3. Menyiapkan alat bantu las (sikat baja, palu las, dan tang potong).
4. Menyiapkan kawat elektroda baja lunak Ø 2 mm.
5. Menyiapkan alat pelindung diri (helm las yang dilengkapi dengan kaca penyaring, sarung tangan kulit, apron kulit, sepatu pengaman, dan kaca mata netral).
6. Menyiapkan pelat baja lunak (MS) ukuran 150 x 40 x 8 mm (2 buah).

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

1. Menggunakan elektroda sesuai dengan jenis dan tebal bahan
2. Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan
3. Memperhatikan peletakan dan posisi torch terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
4. Bekerja dengan bersih dan rapi.
5. Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
6. Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

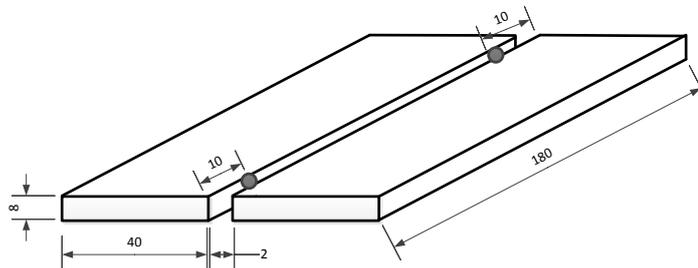
D. Proses Kerja

1. Menyiapkan peralatan las GMAW/MIG/MAG, sambungan selang dan konektor arus listrik yang menghubungkan dengan benda kerja.
2. Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir diantara 12 CFH
3. Mengatur ampere diantara 110 - 135 amp
4. Mengatur voltase mesin pad 12 Volt.
5. Meletakkan benda kerja pada meja kerja dalam keadaan lurus, dengan jarak sambungan (gap) 2 mm.
6. Melakukan las kancing pada kedua ujung benda kerja, sekitar 10 mm dari setiap ujung untuk mencegah ketidak sempurnaan penetrasi pada awal pengelasan.
7. Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas (jalur las).
8. Menyalakan busur las, mengatur jarak elektroda dengan permukaan benda kerja ± 2 mm.
9. Mengatur sudut pembakar diantara 60° - 70° terhadap jalur las
10. Mengatur sudut pembakar pada sudut 90° terhadap bidang benda kerja
11. Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
12. Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan
13. Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan kembali pada tempatnya, memposisikan saklar ON/OFF pada posisi OFF, menutup katup gas sampai tekanan menunjukan "0"

E. Hasil Kerja

| | | |
|---|---------------------|---|
| 1 | Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 | Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 | Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 | Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 5 | Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

F. Gambar Kerja



G. Form Laporan Praktikum

| | | | |
|------------------------|--------------------------|---|--|
| Judul Praktikum | | : | |
| Nama Peserta | | : | |
| Kelas | | : | |
| Waktu Praktikum | | : | |
| I | Bahan | | |
| | 1. | (Sebutkan bahan praktikum yang digunakan terutama elektroda las GMAW) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| II | Peralatan | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| III | Keselamatan Kerja | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| IV | Proses Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan tahapan kerja yang dilakukan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| V | Hasil Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan hasil kerja yang diinginkan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| VI | Gambar Kerja | | |

Aktivitas Pembelajaran 3 (5 JP) : Pengelasan sambungan sudut pada posisi datar (1F)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-03.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian anda harus melakukan praktik pengelasan sambungan sudut pada posisi datar (1F). Setelah selesai, anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum. Setelah melaksanakan LK-03.P anda dapat melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 4** mengenai Pengelasan sambungan sudut pada pelat baja lunak posisi horisontal (2G).

Pengelasan Sambungan Sudut pada Pelat Baja Lunak Posisi datar (1F)

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih dalam pengelasan sambungan sudut pada pelat baja lunak posisi di bawah tangan (1F), Anda diharapkan mampu:

1. Mengoperasikan mesin las GMAW.
2. Melakukan persiapan bahan untuk pengelasan sambungan tumpul.
3. Menyetel aliran gas dan kecepatan aliran kawat las sesuai dengan prosedur petunjuk.
4. Melakukan penyetelan awal, melakukan pengelasan kancing,
5. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
6. Mengatur tekanan kerja pengelasan dengan gas CO₂ pada regulator
7. Mengatur aliran gas CO₂
8. Memilih elektroda
9. Memasang dan mengatur jarak elektroda pada torch
10. Menyalakan dan mengendalikan busur las
11. Membuat sambungan tumpul pada Pelat Baja Lunak
12. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

1. Menyiapkan mesin las GMAW dan perlengkapannya.
2. Menyiapkan silinder gas CO₂ lengkap dengan pressure regulator dan flow meter.
3. Menyiapkan alat bantu las (sikat baja, palu las, dan tang potong).
4. Menyiapkan kawat elektroda baja lunak $\varnothing 1,6$ mm.
5. Menyiapkan alat pelindung diri (helm las yang dilengkapi dengan kaca penyaring, sarung tangan kulit, apron kulit, sepatu pengaman, dan kaca mata netral).
6. Menyiapkan pelat baja lunak (MS) ukuran 180 x 40 x 8 mm (1 buah), dan ukuran 180 x 80 x 8 mm (1 buah).

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

1. Menggunakan elektroda sesuai dengan jenis dan tebal bahan
2. Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan
3. Memperhatikan peletakan dan posisi torch terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
4. Bekerja dengan bersih dan rapi.
5. Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
6. Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

D. Proses Kerja

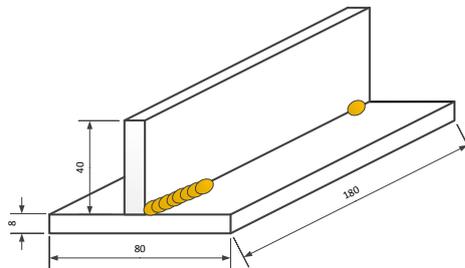
1. Menyiapkan peralatan las GMAW/MIG/MAG, sambungan selang dan konektor arus listrik yang menghubungkan dengan benda kerja.
2. Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir sekitar 35 CFH (17 lt/ment)
3. Mengatur ampere pada 490 amp
4. Mengatur voltase mesin pada 32 Volt.
5. Meletakkan benda kerja ukuran 80 x 180 x 8 mm pada meja kerja
6. Melatakan benda kerja ukurn 40 x 180 x 8 mm di tengah-tengah bagian atasnya.
7. Melakukan las kancing pada kedua ujung benda kerja, sekitar 10 mm dari setiap ujung pada bagian vertikal dan bagian horizontal untuk mencegah ketidak sempurnaan penetrasi pada awal pengelasan.
8. Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas (jalur las).
9. Menyalakan busur las, dan mengatur jarak elektroda dengan permukaan benda kerja ± 2 mm.
10. Mengatur sudut pembakar diantara 15° terhadap jalur las.
11. Mengatur sudut pembakar pada sudut 45° terhadap bidang benda kerja.
12. Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
13. Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan

14. Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan kembali pada tempatnya, memposisikan saklar ON/OFF pada posisi OFF, menutup katup gas sampai tekanan menunjukkan "0"

E. Hasil Kerja

| | | |
|---|---------------------|---|
| 1 | Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 | Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 | Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 | Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 5 | Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

F. Gambar Kerja



G. Form Laporan Praktikum

| | | | |
|------------------------|--------------------------|---|--|
| Judul Praktikum | | : | |
| Nama Peserta | | : | |
| Kelas | | : | |
| Waktu Praktikum | | : | |
| I | Bahan | | |
| | 1. | (Sebutkan bahan praktikum yang digunakan terutama elektroda las GMAW) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| II | Peralatan | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| III | Keselamatan Kerja | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| IV | Proses Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan tahapan kerja yang dilakukan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| V | Hasil Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan hasil kerja yang diinginkan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| VI | Gambar Kerja | | |

Aktivitas Pembelajaran 4 (5 JP) : Pengelasan sambungan tumpul pada posisi horisontal (2G)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-04.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian anda harus melakukan praktik pengelasan sambungan tumpul pada posisi horisontal (2G). Setelah selesai, anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum. Setelah melaksanakan LK-04.P anda dapat melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 5** mengenai Pengelasan sambungan sudut pada pelat baja lunak posisi horisontal (2F).

Pengelasan Sambungan Tumpul pada Pelat Baja Lunak Posisi Horisontal (2G)

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih dalam pengelasan sambungan tumpul pada pelat baja lunak posisi mendatar (2G), Anda diharapkan mampu:

1. Mengoperasikan mesin las GMAW.
2. Melakukan persiapan bahan untuk pengelasan sambungan tumpul.
3. Menyetel aliran gas dan kecepatan aliran kawat las sesuai dengan prosedur petunjuk.
4. Melakukan penyetelan awal, melakukan pengelasan kancing,
5. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
6. Mengatur tekanan kerja pengelasan dengan gas CO₂ pada regulator
7. Mengatur aliran gas CO₂
8. Memilih elektroda
9. Memasang dan mengatur jarak elektroda pada torch
10. Menyalakan dan mengendalikan busur las
11. Membuat sambungan tumpul pada Pelat Baja Lunak
12. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

1. Menyiapkan mesin las GMAW dan perlengkapannya.
2. Menyiapkan silinder gas CO₂ lengkap dengan *pressure regulator* dan *flow meter*.
3. Menyiapkan alat bantu las (sikat baja, palu las, dan tang potong).
4. Menyiapkan kawat elektroda baja lunak $\varnothing 1,6$ mm.
5. Menyiapkan alat pelindung diri (helm las yang dilengkapi dengan kaca penyang, sarung tangan kulit, apron kulit, sepatu pengaman, dan kaca mata netral).
6. Menyiapkan pelat baja lunak (MS) ukuran 180 x 40 x 8 mm (2 buah)

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

1. Menggunakan elektroda sesuai dengan jenis dan tebal bahan
2. Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan
3. Memperhatikan peletakan dan posisi torch terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
4. Bekerja dengan bersih dan rapi.
5. Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
6. Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

D. Proses Kerja

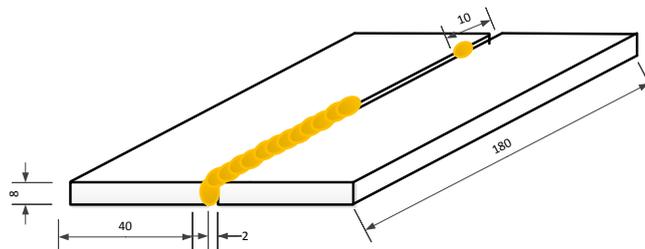
1. Menyiapkan peralatan las GMAW/MIG/MAG, sambungan selang dan konektor arus listrik yang menghubungkan dengan benda kerja.
2. Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir sekitar 35 CFH (17 lt/ment)
3. Mengatur ampere pada 250 amp
4. Mengatur voltase mesin pada 32 Volt.
5. Meletakkan benda kerja ukuran 40 x 180 x 8 mm pada meja kerja
6. Meletakkan benda kerja pada meja kerja dalam keadaan lurus, dengan jarak sambungan (gap) 2 mm.
7. Melakukan las kancing pada kedua ujung benda kerja, sekitar 10 mm dari setiap ujung untuk mencegah ketidak sempurnaan penetrasi pada awal pengelasan.
8. Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas (jalur las).
9. Menyalakan busur las, mengatur jarak elektroda dengan permukaan benda kerja ± 2 mm.
10. Mengatur sudut pembakar sekitar 70° terhadap jalur las.
11. Mengatur sudut pembakar pada sudut 90° terhadap bidang benda kerja.
12. Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
13. Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan

14. Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan kembali pada tempatnya, memposisikan saklar ON/OFF pada posisi OFF, menutup katup gas sampai tekanan menunjukkan "0"

E. Hasil Kerja

| | | |
|---|---------------------|---|
| 1 | Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 | Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 | Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 | Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 5 | Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

F. Gambar Kerja



G. Form Laporan Praktikum

| | | | |
|------------------------|--------------------------|---|--|
| Judul Praktikum | | : | |
| Nama Peserta | | : | |
| Kelas | | : | |
| Waktu Praktikum | | : | |
| I | Bahan | | |
| | 1. | (Sebutkan bahan praktikum yang digunakan terutama elektroda las GMAW) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| II | Peralatan | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| III | Keselamatan Kerja | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| IV | Proses Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan tahapan kerja yang dilakukan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| V | Hasil Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan hasil kerja yang diinginkan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| VI | Gambar Kerja | | |

Aktivitas Pembelajaran 5 (5 JP) : Pengelasan sambungan sudut pada posisi horisontal (2F)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-05.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian anda harus melakukan praktik pengelasan sambungan sudut pada posisi horisontal (2F). Setelah selesai, anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum. Setelah melaksanakan LK-05.P anda dapat melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 6** mengenai Pengelasan sambungan tumpul pada pelat baja lunak posisi vertikal (3G).

Pengelasan Sambungan Sudut pada Pelat Baja Lunak Posisi horisontal (2F)

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih dalam pengelasan sambungan sudut pada pelat baja lunak posisi horisontal (2F), Anda diharapkan mampu:

1. Mengoperasikan mesin las GMAW.
2. Melakukan persiapan bahan untuk pengelasan sambungan sudut.
3. Menyetel aliran gas dan kecepatan aliran kawat las sesuai dengan prosedur petunjuk.
4. Melakukan penyetelan awal, melakukan pengelasan kancing,
5. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
6. Mengatur tekanan kerja pengelasan dengan gas CO₂ pada regulator
7. Mengatur aliran gas CO₂
8. Memilih elektroda
9. Memasang dan mengatur jarak elektroda pada torch
10. Menyalakan dan mengendalikan busur las
11. Membuat sambungan sudut pada Pelat Baja Lunak posisi 2F
12. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

1. Menyiapkan mesin las GMAW dan perlengkapannya.
2. Menyiapkan silinder gas CO₂ lengkap dengan pressure regulator dan flow meter.
3. Menyiapkan alat bantu las (sikat baja, palu las, dan tang potong).
4. Menyiapkan kawat elektroda baja lunak Ø1,6 mm.
5. Menyiapkan alat pelindung diri (helm las yang dilengkapi dengan kaca penyang, sarung tangan kulit, apron kulit, sepatu pengaman, dan kaca mata netral).
6. Menyiapkan pelat baja lunak (MS) ukuran 180 x 40 x 8 mm (1 buah), dan ukuran 180 x 80 x 8 mm (1 buah).

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

1. Menggunakan elektroda sesuai dengan jenis dan tebal bahan
2. Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan
3. Memperhatikan peletakan dan posisi torch terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
4. Bekerja dengan bersih dan rapi.
5. Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
6. Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

D. Proses Kerja

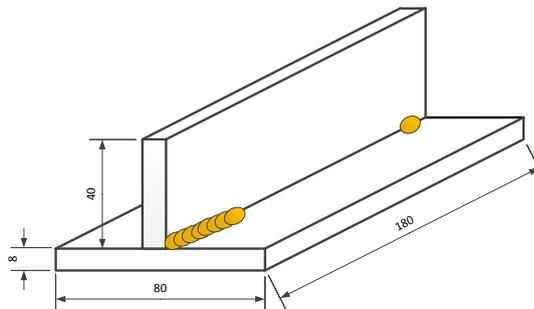
1. Menyiapkan peralatan las GMAW/MIG/MAG, sambungan selang dan konektor arus listrik yang menghubungkan dengan benda kerja.
2. Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir sekitar 35 CFH (17 lt/ment)
3. Mengatur ampere pada 300 amp
4. Mengatur voltase mesin pada 32 Volt.
5. Meletakkan benda kerja ukuran 80 x 180 x 8 mm pada meja kerja
6. Melatakan benda kerja ukurn 40 x 180 x 8 mm di tengah-tengah bagian atasnya.
7. Melakukan las kancing pada kedua ujung benda kerja, sekitar 10 mm dari setiap ujung pada bagian vertikal dan bagian horizontal untuk mencegah ketidak sempurnaan penetrasi pada awal pengelasan.
8. Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas (jalur las).
9. Menyalakan busur las, dan mengatur jarak elektroda dengan permukaan benda kerja ± 2 mm.
10. Mengatur sudut pembakar diantara 15° terhadap jalur las.
11. Mengatur sudut pembakar pada sudut 45° terhadap bidang benda kerja.
12. Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
13. Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan

14. Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan kembali pada tempatnya, memposisikan saklar ON/OFF pada posisi OFF, menutup katup gas sampai tekanan menunjukkan "0"

E. Hasil Kerja

| | | |
|---|---------------------|---|
| 1 | Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 | Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 | Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 | Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 5 | Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

F. Gambar Kerja



G. Form Laporan Praktikum

| | | | |
|------------------------|--------------------------|---|--|
| Judul Praktikum | | : | |
| Nama Peserta | | : | |
| Kelas | | : | |
| Waktu Praktikum | | : | |
| I | Bahan | | |
| | 1. | (Sebutkan bahan praktikum yang digunakan terutama elektroda las GMAW) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| II | Peralatan | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| III | Keselamatan Kerja | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| IV | Proses Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan tahapan kerja yang dilakukan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| V | Hasil Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan hasil kerja yang diinginkan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| VI | Gambar Kerja | | |

Aktivitas Pembelajaran 6 (5 JP) : Pengelasan sambungan tumpul pada posisi vertikal (3G)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-06.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian anda harus melakukan praktik pengelasan sambungan tumpul pada posisi vertikal (3G). Setelah selesai, anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum. Setelah melaksanakan LK-06.P anda dapat melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 8** mengenai Pengelasan sambungan sudut pada pelat baja lunak posisi vertikal (3F).

Pengelasan Sambungan Tumpul pada Pelat Baja Lunak Posisi Vertikal (3G)

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih dalam pengelasan sambungan tumpul pada pelat baja lunak posisi vertikal (3G), Anda diharapkan mampu:

1. Mengoperasikan mesin las GMAW.
2. Melakukan persiapan bahan untuk pengelasan sambungan tumpul.
3. Menyetel aliran gas dan kecepatan aliran kawat las sesuai dengan prosedur petunjuk.
4. Melakukan penyetelan awal, melakukan pengelasan kancing,
5. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja.
6. Mengatur tekanan kerja pengelasan dengan gas CO₂ pada regulator
7. Mengatur aliran gas CO₂
8. Memilih elektroda
9. Memasang dan mengatur jarak elektroda pada torch
10. Menyalakan dan mengendalikan busur las
11. Membuat sambungan tumpul pada Pelat Baja Lunak posisi 3G
12. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

1. Menyiapkan mesin las GMAW dan perlengkapannya.
2. Menyiapkan silinder gas CO₂ lengkap dengan pressure regulator dan flow meter.
3. Menyiapkan alat bantu las (sikat baja, palu las, dan tang potong).
4. Menyiapkan kawat elektroda baja lunak $\varnothing 1,4$ mm.
5. Menyiapkan alat pelindung diri (helm las yang dilengkapi dengan kaca penyang, sarung tangan kulit, apron kulit, sepatu pengaman, dan kaca mata netral).
6. Menyiapkan pelat baja lunak (MS) ukuran 180 x 40 x 8 mm (2 buah)

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

1. Menggunakan elektroda sesuai dengan jenis dan tebal bahan
2. Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan
3. Memperhatikan peletakan dan posisi torch terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
4. Bekerja dengan bersih dan rapi.
5. Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
6. Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

D. Proses Kerja

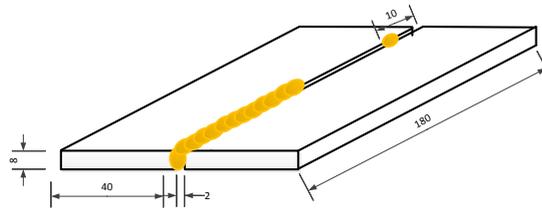
1. Menyiapkan peralatan las GMAW/MIG/MAG, sambungan selang dan konektor arus listrik yang menghubungkan dengan benda kerja.
2. Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir sekitar 35 CFH (17 lt/minit)
3. Mengatur ampere pada 250 amp
4. Mengatur voltase mesin pada 32 Volt.
5. Meletakkan benda kerja ukuran 40 x 180 x 8 mm pada meja kerja
6. Meletakkan benda kerja pada meja kerja dalam keadaan lurus, dengan jarak sambungan (gap) 2 mm.
7. Melakukan las kancing pada kedua ujung benda kerja, sekitar 10 mm dari setiap ujung untuk mencegah ketidak sempurnaan penetrasi pada awal pengelasan.
8. Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas (jalur las).
9. Menyalakan busur las, mengatur jarak elektroda dengan permukaan benda kerja ± 2 mm.
10. Mengatur sudut pembakar sekitar 90° terhadap jalur las.
11. Mengatur sudut pembakar pada sudut 90° terhadap bidang benda kerja.
12. Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
13. Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan

14. Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan kembali pada tempatnya, memposisikan saklar ON/OFF pada posisi OFF, menutup katup gas sampai tekanan menunjukkan "0"

E. Hasil Kerja

| | | |
|---|---------------------|---|
| 1 | Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 | Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 | Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 | Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 5 | Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

F. Gambar Kerja



G. Form Laporan Praktikum

| | | | |
|------------------------|--------------------------|---|--|
| Judul Praktikum | | : | |
| Nama Peserta | | : | |
| Kelas | | : | |
| Waktu Praktikum | | : | |
| I | Bahan | | |
| | 1. | (Sebutkan bahan praktikum yang digunakan terutama elektroda las GMAW) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| II | Peralatan | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| III | Keselamatan Kerja | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| IV | Proses Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan tahapan kerja yang dilakukan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| V | Hasil Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan hasil kerja yang diinginkan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| VI | Gambar Kerja | | |

Aktivitas Pembelajaran 7 (5 JP) : Pengelasan sambungan sudut pada posisi vertikal (3F)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-07.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian anda harus melakukan praktik pengelasan sambungan sudut pada posisi vertikal (3F). Setelah selesai, anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum. Setelah melaksanakan LK-07.P anda dapat melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 8** mengenai Pengelasan sambungan tumpul pada pelat baja lunak posisi di atas kepala (4G).

Pengelasan Sambungan Sudut pada Pelat Baja Lunak Posisi Vertikal (3F)

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih dalam pengelasan sambungan sudut pada pelat baja lunak posisi vertikal (3F), Anda diharapkan mampu:

1. Mengoperasikan mesin las GMAW.
2. Melakukan persiapan bahan untuk pengelasan sambungan sudut.
3. Menyetel aliran gas dan kecepatan aliran kawat las sesuai dengan prosedur petunjuk.
4. Melakukan penyetelan awal, melakukan pengelasan kancing,
5. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
6. Mengatur tekanan kerja pengelasan dengan gas CO₂ pada regulator
7. Mengatur aliran gas CO₂
8. Memilih elektroda
9. Memasang dan mengatur jarak elektroda pada torch
10. Menyalakan dan mengendalikan busur las
11. Membuat sambungan tumpul pada Pelat Baja Lunak posisi 3G
12. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

1. Menyiapkan mesin las GMAW dan perlengkapannya.
2. Menyiapkan silinder gas CO₂ lengkap dengan pressure regulator dan flow meter.
3. Menyiapkan alat bantu las (sikat baja, palu las, dan tang potong).
4. Menyiapkan kawat elektroda baja lunak $\varnothing 1,4$ mm.
5. Menyiapkan alat pelindung diri (helm las yang dilengkapi dengan kaca penyang, sarung tangan kulit, apron kulit, sepatu pengaman, dan kaca mata netral).
6. Menyiapkan pelat baja lunak (MS) ukuran 180 x 40 x 8 mm (2 buah)

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

1. Menggunakan elektroda sesuai dengan jenis dan tebal bahan
2. Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan
3. Memperhatikan peletakan dan posisi torch terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
4. Bekerja dengan bersih dan rapi.
5. Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
6. Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

D. Proses Kerja

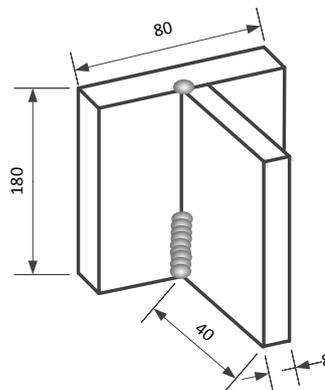
1. Menyiapkan peralatan las GMAW/MIG/MAG, sambungan selang dan konektor arus listrik yang menghubungkan dengan benda kerja.
2. Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir sekitar 35 CFH (17 lt/menit)
3. Mengatur ampere pada 250 amp
4. Mengatur voltase mesin pada 32 Volt.
5. Meletakkan benda kerja ukuran 40 x 180 x 8 mm pada meja kerja
6. Meletakkan benda kerja pada meja kerja dalam keadaan lurus, dengan jarak sambungan (gap) 2 mm.
7. Melakukan las kancing pada kedua ujung benda kerja, sekitar 10 mm dari setiap ujung untuk mencegah ketidak sempurnaan penetrasi pada awal pengelasan.
8. Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas (jalur las).
9. Menyalakan busur las, mengatur jarak elektroda dengan permukaan benda kerja ± 2 mm.
10. Mengatur sudut pembakar sekitar 90° terhadap jalur las.
11. Mengatur sudut pembakar pada sudut 90° terhadap bidang benda kerja.
12. Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
13. Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan

14. Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan kembali pada tempatnya, memposisikan saklar ON/OFF pada posisi OFF, menutup katup gas sampai tekanan menunjukkan "0"

E. Hasil Kerja

| | | |
|---|---------------------|---|
| 1 | Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 | Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 | Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 | Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 5 | Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

F. Gambar Kerja



G. Form Laporan Praktikum

| | | | |
|------------------------|--------------------------|---|--|
| Judul Praktikum | | : | |
| Nama Peserta | | : | |
| Kelas | | : | |
| Waktu Praktikum | | : | |
| I | Bahan | | |
| | 1. | (Sebutkan bahan praktikum yang digunakan terutama elektroda las GMAW) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| II | Peralatan | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| III | Keselamatan Kerja | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| IV | Proses Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan tahapan kerja yang dilakukan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| V | Hasil Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan hasil kerja yang diinginkan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| VI | Gambar Kerja | | |

Aktivitas Pembelajaran 8 (5 JP) : Pengelasan sambungan tumpul pada posisi di atas kepala (4G)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-08.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian anda harus melakukan praktik pengelasan sambungan tumpul pada posisi di atas kepala (4G). Setelah selesai, anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum. Setelah melaksanakan LK-08.P anda dapat melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 9** mengenai Pengelasan sambungan sudut pada pelat baja lunak posisi di atas kepala (4F).

Pengelasan Sambungan Tumpul pada Pelat Baja Lunak Posisi di Atas Kepala (4G)

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih dalam pengelasan sambungan tumpul pada pelat baja lunak posisi di atas kepala (4G), Anda diharapkan mampu:

1. Mengoperasikan mesin las GMAW.
2. Melakukan persiapan bahan untuk pengelasan sambungan sudut.
3. Menyetel aliran gas dan kecepatan aliran kawat las sesuai dengan prosedur petunjuk.
4. Melakukan penyetelan awal, melakukan pengelasan kancing,
5. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
6. Mengatur tekanan kerja pengelasan dengan gas CO₂ pada regulator
7. Mengatur aliran gas CO₂
8. Memilih elektroda
9. Memasang dan mengatur jarak elektroda pada torch
10. Menyalakan dan mengendalikan busur las
11. Membuat sambungan tumpul pada Pelat Baja Lunak posisi 4G
12. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

1. Menyiapkan mesin las GMAW dan perlengkapannya.
2. Menyiapkan silinder gas CO₂ lengkap dengan pressure regulator dan flow meter.
3. Menyiapkan alat bantu las (sikat baja, palu las, dan tang potong).
4. Menyiapkan kawat elektroda baja lunak $\varnothing 1,6$ mm.
5. Menyiapkan alat pelindung diri (helm las yang dilengkapi dengan kaca penyaring, sarung tangan kulit, apron kulit, sepatu pengaman, dan kaca mata netral).
6. Menyiapkan pelat baja lunak (MS) ukuran 180 x 40 x 8 mm (2 buah)

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

1. Menggunakan elektroda sesuai dengan jenis dan tebal bahan
2. Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan
3. Memperhatikan peletakan dan posisi torch terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
4. Bekerja dengan bersih dan rapi.
5. Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
6. Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

D. Proses Kerja

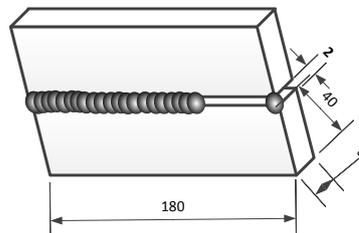
1. Menyiapkan peralatan las GMAW/MIG/MAG, sambungan selang dan konektor arus listrik yang menghubungkan dengan benda kerja.
2. Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir sekitar 35 CFH (17 lt/minit)
3. Mengatur ampere pada 220 amp
4. Mengatur voltase mesin pada 26 Volt.
5. Meletakkan kedua benda kerja ukuran 40 x 180 x 8 mm pada meja kerja
6. Meletakkan benda kerja pada meja kerja dalam keadaan lurus, dengan jarak sambungan (gap) 2 mm.
7. Melakukan las kancing pada kedua ujung benda kerja, sekitar 10 mm dari setiap ujung untuk mencegah ketidak sempurnaan penetrasi pada awal pengelasan.
8. Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas (jalur las).
9. Menyalakan busur las, mengatur jarak elektroda dengan permukaan benda kerja ± 2 mm.
10. Mengatur sudut pembakar sekitar 90° terhadap jalur las.
11. Mengatur sudut pembakar pada sudut 90° terhadap bidang benda kerja.
12. Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
13. Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan

14. Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan kembali pada tempatnya, memposisikan saklar ON/OFF pada posisi OFF, menutup katup gas sampai tekanan menunjukkan "0"

E. Hasil Kerja

| | | |
|---|---------------------|---|
| 1 | Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 | Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 | Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 | Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 5 | Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

F. Gambar Kerja



G. Form Laporan Praktikum

| | | | |
|------------------------|--------------------------|---|--|
| Judul Praktikum | | : | |
| Nama Peserta | | : | |
| Kelas | | : | |
| Waktu Praktikum | | : | |
| I | Bahan | | |
| | 1. | (Sebutkan bahan praktikum yang digunakan terutama elektroda las GMAW) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| II | Peralatan | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| III | Keselamatan Kerja | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| IV | Proses Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan tahapan kerja yang dilakukan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| V | Hasil Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan hasil kerja yang diinginkan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| VI | Gambar Kerja | | |

Aktivitas Pembelajaran 9 (5 JP) : Pengelasan sambungan sudut pada posisi di atas kepala (4F)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-09.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian anda harus melakukan praktik pengelasan sambungan sudut pada posisi vertikal (4F). Setelah selesai, anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum.

Pengelasan Sambungan Sudut pada Pelat Baja Lunak Posisi di atas kepala (4F)

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih dalam pengelasan sambungan sudut pada pelat baja lunak posisi di atas kepala (4F), Anda diharapkan mampu:

1. Mengoperasikan mesin las GMAW.
2. Melakukan persiapan bahan untuk pengelasan sambungan sudut.
3. Menyetel aliran gas dan kecepatan aliran kawat las sesuai dengan prosedur petunjuk.
4. Melakukan penyetelan awal, melakukan pengelasan kancing,
5. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
6. Mengatur tekanan kerja pengelasan dengan gas CO₂ pada regulator
7. Mengatur aliran gas CO₂
8. Memilih elektroda
9. Memasang dan mengatur jarak elektroda pada torch
10. Menyalakan dan mengendalikan busur las
11. Membuat sambungan sudut pada Pelat Baja Lunak posisi 4F
12. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

1. Menyiapkan mesin las GMAW dan perlengkapannya.
2. Menyiapkan silinder gas CO₂ lengkap dengan pressure regulator dan flow meter.
3. Menyiapkan alat bantu las (sikat baja, palu las, dan tang potong).
4. Menyiapkan kawat elektroda baja lunak $\varnothing 1,6$ mm.
5. Menyiapkan alat pelindung diri (helm las yang dilengkapi dengan kaca penyang, sarung tangan kulit, apron kulit, sepatu pengaman, dan kaca mata netral).
6. Menyiapkan pelat baja lunak (MS) ukuran 180 x 40 x 8 mm (1 buah), dan ukuran 180 x 80 x 8 mm (1 buah)

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

1. Menggunakan elektroda sesuai dengan jenis dan tebal bahan
2. Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan
3. Memperhatikan peletakan dan posisi torch terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
4. Bekerja dengan bersih dan rapi.
5. Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
6. Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

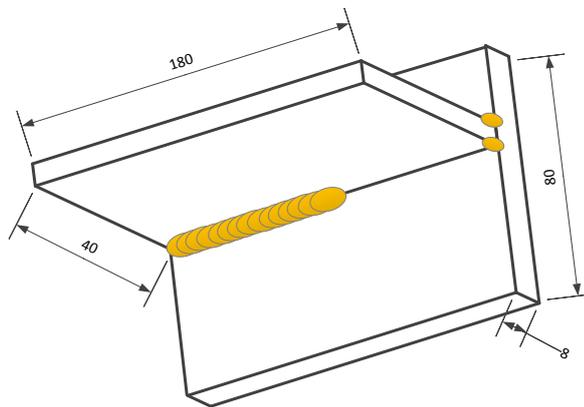
D. Proses Kerja

1. Menyiapkan peralatan las GMAW/MIG/MAG, sambungan selang dan konektor arus listrik yang menghubungkan dengan benda kerja.
2. Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir sekitar 35 CFH (17 lt/ment)
3. Mengatur ampere pada 180 amp
4. Mengatur voltase mesin pada 26 Volt.
5. Meletakkan benda kerja ukuran 80 x 180 x 8 mm pada meja kerja dan ukuran 40 x 180 x 8 mm di atasnya.
6. Melakukan las kancing pada kedua ujung benda kerja, sekitar 10 mm dari setiap ujung untuk mencegah ketidak sempurnaan penetrasi pada awal pengelasan.
7. Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas (jalur las).
8. Menyalakan busur las, mengatur jarak elektroda dengan permukaan benda kerja ± 2 mm.
9. Mengatur sudut pembakar pada sudut 30° terhadap bidang vertikal benda kerja.
10. Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
11. Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan
12. Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan kembali pada tempatnya, memposisikan saklar ON/OFF pada posisi OFF, menutup katup gas sampai tekanan menunjukan "0"

E. Hasil Kerja

| | | |
|---|---------------------|---|
| 1 | Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 | Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 | Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 | Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 5 | Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

F. Gambar Kerja



G. Form Laporan Praktikum

| | | | |
|------------------------|--------------------------|---|--|
| Judul Praktikum | | : | |
| Nama Peserta | | : | |
| Kelas | | : | |
| Waktu Praktikum | | : | |
| I | Bahan | | |
| | 1. | (Sebutkan bahan praktikum yang digunakan terutama elektroda las GMAW) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| II | Peralatan | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| III | Keselamatan Kerja | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| IV | Proses Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan tahapan kerja yang dilakukan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| V | Hasil Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan hasil kerja yang diinginkan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| VI | Gambar Kerja | | |

E. Rangkuman

Ada 4 jenis, yaitu posisi pengelasan datar, horizontal, vertical dan di atas kepala. Posisi pengelasan datar adalah posisi pengelasan di bawah tangan (*under hand*). Posisi pengelasan horisontal dan vertikal adalah posisi pengelasan yang dilaksanakan di depan dada dengan arah pengelasan horisontal atau vertikal. Adapun pengelasan di atas kepala adalah posisi pengelasan yang dilaksanakan di atas kepala.

Posisi pengelasan tersebut dapat dilakukan untuk pelat maupun pipa, dan jenis pengelasannya dapat berupa pengelasan tumpul maupun pengelasan kampuh. Posisi pengelasan dan jenis pengelasan tersebut dibedakan dengan menggunakan simbol F atau G. Simbol F melambangkan bahwa pengelasan tersebut merupakan pengelasan Fillet/sudut, sedangkan simbol G melambangkan pengelasan tumpul/Butt weld. Jenis pengelasan dilambangkan dengan huruf F untuk Fillet dan G untuk Groove. Kedua huruf tersebut berlaku untuk pengelasan pada pipa maupun pelat.

Dalam proses pengelasan, khususnya pengelasan GMAW, ketepatan posisi welding gun/Torch dan benda kerja sangat penting. Posisi antara welding gun/Torch dengan benda kerja dinyatakan dengan istilah sudut kerja (*work angle*) dan sudut pergerakan (*travel angle*).

F. Tes Formatif

1. Salah satu jenis pengelasan pelat adalah las sudut. Jenis las tersebut dibedakan dari jenis yang lainnya dengan menggunakan:
 - a. Hurup F
 - b. Hurup G
 - c. Hurup 1F
 - d. Hurup 1G
 - e. Hurup (v-d) G
2. Proses pengelasan pelat yang dilambangkan dengan kode 2G, merupakan proses pengelasan pelat:
 - a. Posisi Vertikal ke bawah
 - b. Posisi Vertikal ke atas
 - c. Posisi Horisontal
 - d. Posisi Datar
 - e. Posisi Diatas kepala
3. Proses pengelasan Pipa dengan lambang 2F, proses pengelasannya adalah:
 - a. Vertikal horizontal
 - b. Datar
 - c. Vertikal ke atas
 - d. Vertikal ke bawah
 - e. Diatas kepala

G. Kunci Jawab

1. A
2. C
3. A

KEGIATAN PEMBELAJARAN 8 : PEMERIKSAAN HASIL LASAN

A. Tujuan

Setelah proses diklat, dengan melihat WPS peserta diklat dapat menentukan inspeksi pengelasan dan pengujian hasil lasan dengan tepat

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Memeriksa hasil pengelasan secara visual dan mekanik
2. Inspeksi pengelasan dapat ditentukan dengan tepat.
3. Pengujian hasil lasan dapat ditentukan dengan tepat.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1 : Inspeksi Pengelasan

Hasil pengelasan pada umumnya sangat bergantung pada keterampilan *welder*. Kerusakan hasil las baik di permukaan maupun di bagian dalam sulit dideteksi dengan metode pengujian sederhana. Selain itu karena struktur yang dilas merupakan bagian integral dari seluruh badan material las maka retakan yang timbul akan menyebar luas dengan cepat bahkan mungkin bisa menyebabkan kecelakaan yang serius. Untuk mencegah kecelakaan tersebut pengujian dan pemeriksaan daerah-daerah las sangatlah penting.

Tujuan dilakukannya pengujian adalah untuk menentukan kualitas produk-produk atau spesimen-spesimen tertentu, sedangkan tujuan pemeriksaan adalah untuk menentukan apakah hasil pengujian itu relatif dapat diterima menurut standar-standar kualitas tertentu atau tidak dengan kata lain tujuan pengujian dan pemeriksaan adalah untuk menjamin kualitas dan memberikan kepercayaan terhadap konstruksi yang dilas. Untuk program pengendalian prosedur pengelasan, pengujian dan pemeriksaan dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok sesuai dengan pengujian dan pemeriksaan dilakukan yaitu sebelum, selama atau setelah pengelasan

1. Inspeksi Sebelum Pengelasan

Inspeksi dimulai dengan pemeriksaan bahan sebelum fabrikasi "*Seams*" dan "*Laps*" atau ketidaksempurnaan permukaan lainnya dapat dideteksi dengan pemeriksaan

visual. Laminasi dapat dilihat pada sisi potongan. Dimensi pelat dan pipa dapat ditentukan dengan pengukuran. Setelah bagian - bagian yang akan dilas dirakit, inspektur harus memperhatikan celah akar las yang salah, persiapan sisi-sisi yang akan dilas yang tidak sesuai dan persiapan sambungan lainnya yang akan mempengaruhi mutu dari sambungan las. Inspektur harus mengecek kondisi-kondisi berikut ini untuk pemenuhan spesifikasi yang digunakan :

- a. Persiapan pinggiran yang akan dilas (sudut bevel, sudut galur, muka akar) dimensi dan penyelesaiannya
- b. Ukuran strip, cincin atau logam pengisi penahan balik
- c. Kesetangkupan (*alignment*) dan penyetulan (*fit-up*) dari bagian -bagian yang akan dilas.
- d. Pembersihan (harus tidak terdapat kotoran-kotoran seperti lemak, minyak, cat dan lain-lain pada sisi yang akan dilas dan sekitarnya)

Inspeksi yang teliti sebelum pengelasan dapat meniadakan atau mengurangi kondisi yang mengakibatkan lasan mengandung diskontinuitas

2. Inspeksi Pada Waktu Pengelasan

Inspeksi visual mengecek rincian pekerjaan pada waktu jalannya pengelasan, rincian pekerjaan pengelasan yang harus dicek adalah :

- a. Proses las
- b. Logam pengisi
- c. Fluks atau gas pelindung
- d. Suhu pemanasan awal (*preheat*) dan suhu antar jalur (*interpass*)
- e. Pembersihan
- f. Pemahatan penggerindaan atau penakukan (*gouging*)
- g. Persiapan sambungan untuk pengelasan sisi kebalikannya
- h. Pengendalian distorsi
- i. Suhu dan waktu perlakuan panas pasca las.

Lapisan pertama atau jalur akar (*rootpass*) adalah yang paling penting untuk mencapai kemulusan final jalur akar akan cepat membeku oleh karena konfigurasi dari sambungan volume logam dasar yang relatif besar dibandingkan dengan logam lasan jalur akar, pelat yang dingin dan kemungkinan busur tidak dapat mencapai akar. Jalur akar cenderung akan menjebak terak atau gas yang pada waktu pengelasan jalur-jalur selanjutnya tidak akan hilang. Pula logam yang mencair pada waktu pengelasan jalur akar ini peka terhadap keretakan. Retakan ini dapat menjalar ke lapisan - lapisan selanjutnya. Oleh karena itu inspeksi dari jalur akar ini harus betul - betul teliti. Pada lasan jalur berganda (*double groove welds*), terak dari jalur akar pada satu sisi pelat akan menetes melalui celah akar dan membentuk deposit terak pada sisi kebalikannya. Oleh karena itu, sebelum pengelasan sisi kebalikannya harus dilakukan pemahatan, penggerindaan atau penakukan balik (*back gouging*).

3. Inspeksi Setelah Pengelasan

Inspeksi visual setelah pengelasan adalah berguna untuk verifikasi produk yang selesai :

- a. Pemenuhan persyaratan gambar
- b. Tampak rakitan las
- c. Adanya diskontinuitas struktural
- d. Tanda – tanda oleh karena kesalahan penanganan (markah Inspeksi yang terlalu dalam atau penggerindaan yang berlebihan dan sebagainya)

Bahan Bacaan 2 : Pengujian Hasil Pengelasan

Evaluasi hasil pengelasan dapat dilakukan dengan cara :

1. Pemeriksaan hasil las
 - a. *Visual test (VT)*
 - *Radiography Test (RT)*
 - *Penetrant Test (PT)*
 - *Ultrasonic Test (UT)*
 - *Particle Magnetic (MT)*
 - *Eddy Current*
 - b. *Non Destructive test (NDT)*
2. Pengujian hasil lasan
 - a. Uji tarik / *Tensile test*
 - b. Uji lengkung / *Bending test*
 - c. *Macro etsa*
 - d. Uji kekerasan / *Hardness test*
 - e. Uji Patah / *Fracture test*
 - f. Uji Pukul *Charphy / Impact test*

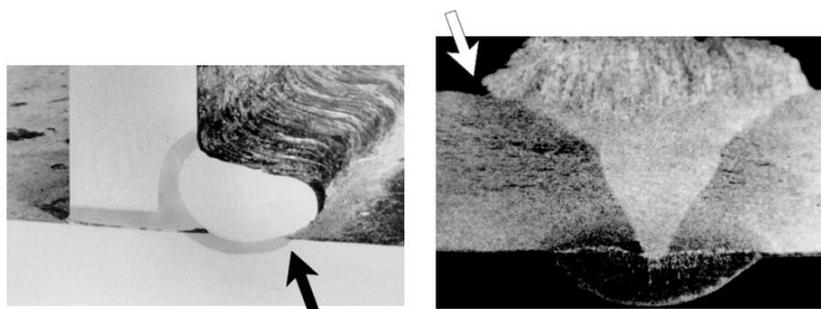
Cacat lasan merupakan salah satu yang diperiksa secara visual dan NDT. Beberapa cacat las yang sering muncul ialah:

- a. *Overlap*

Overlap ialah suatu kondisi hasil las di mana logam las melebihi area las.

Gambar 8.1

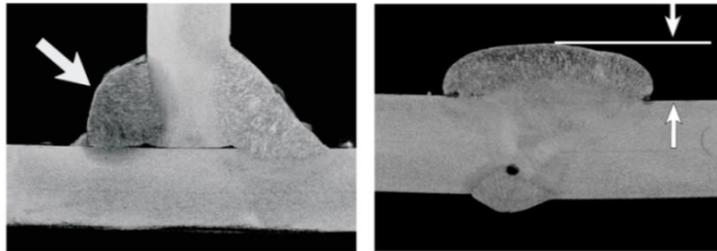
Cacat overlap (Sumber CWB, 2006:424)



Excessive ialah suatu kondisi hasil las di mana logam las membuat takikan pada las multipass

Gambar 8.2

Cacat excessive (Sumber CWB, 2006:425)

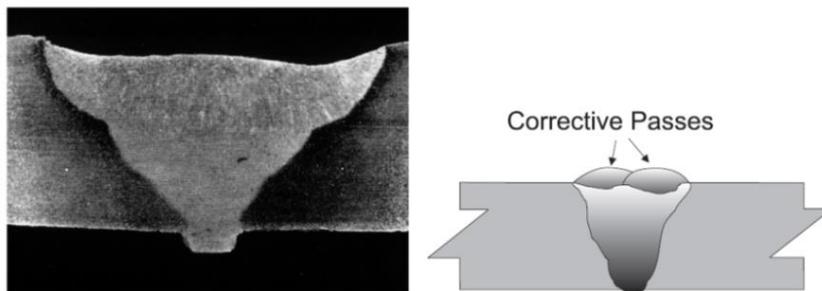


b. *Underfill*

Underfill ialah suatu kondisi hasil las di mana logam las kurang mengisi kampuh.

Gambar 8.3

Cacat underfill (Sumber CWB, 2006:427)

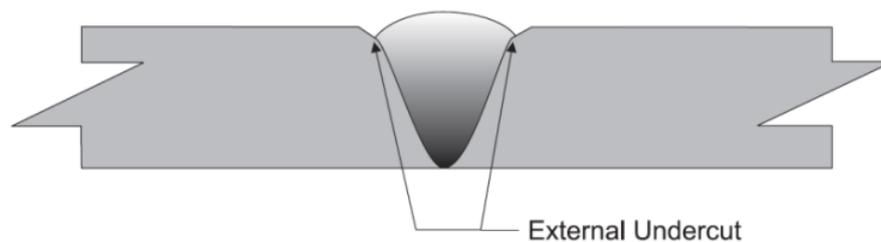


c. *Undercut*

Undercut ialah suatu kondisi hasil las di mana logam base/induk cacat pada sisi las (termakan logam las)

Gambar 8.4

Cacat undercut (Sumber CWB, 2006:427)



d. *Porosity*

Porosity ialah suatu kondisi hasil las di mana di dalam logam las terdapat rongga akibat udara terperangkap.

Gambar 8.5

Cacatporosity (Sumber CWB, 2006:434)

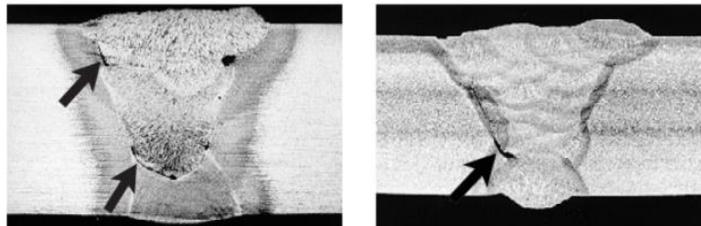


e. *Incompletefusion*

Incompletefusion ialah suatu kondisi hasil las di mana logam las dengan logam base tidak “fusi” dengan baik.

Gambar 8.6

Cacat incompletefusion (Sumber CWB, 2006:441)

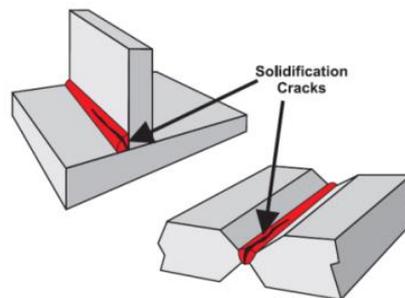


f. *Cracking*

Cracking ialah suatu kondisi hasil las dimana terdapat retakan pada logam las.

Gambar 8.7

Cacat cracking (Sumber CWB, 2006:445)



D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta di dalam kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran **Pemeriksaan Hasil Las GTAW** ini? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apabukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-00**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 1**.

Aktivitas Pembelajaran 1. Menganalisis Cacat Las (1 JP)

Saudara diminta untuk membaca bahan bacaan 1. Hasil pengamatan dituangkan dalam laporan tertulis (**LK-01**) Untuk membantu saudara mengisi LK-01, dapat dipandu oleh pertanyaan berikut ini:

1. Sebutkan cacat lasan yang ada pada jalur lasan!
2. Gambarkan ilustrasi cacat lasan tersebut!
3. Jelaskan pula penyebab terjadinya cacat lasan!

Setelah LK-01 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Setelah selesai, Saudara dapat melanjutkan ke **Aktivitas Pembelajaran 2**.

Aktivitas Pembelajaran 2. Pemeriksaan Hasil Las (1 JP)

Saudara diminta untuk mengamati lembarkerja (**LK-01.P**), kemudian saudara diminta melakukan praktikum pemeriksaan hasil las menggunakan cairan penetrant. Selesai praktikum saudara melaporkan hasil praktikum secara lengkap.

E. Rangkuman

Tujuan dilakukannya pengujian adalah untuk menentukan kualitas produk-produk atau spesimen-spesimen tertentu, sedangkan tujuan pemeriksaan adalah untuk menentukan apakah hasil pengujian itu relatif dapat diterima menurut standar-standar kualitas tertentu atau tidak dengan kata lain tujuan pengujian dan pemeriksaan adalah untuk menjamin kualitas dan memberikan kepercayaan terhadap konstruksi yang dilas.

Pemeriksaan dilakukan sebelum, pada saat dan setelah proses pengelasan dilakukan. Sedangkan pengujian dilakukan *destructivetest* dan *nondestructivetest*. Biasa pemeriksaan dilakukan dengan melihat ada atau tidaknya cacat las. Kemudian dilakukan fotomikro untuk melihat daerah las, HAZ dan logam base. Selanjutnya dilakukan uji tarik.

F. Tes Formatif

1. Jelaskan tiga macam inspeksi pengelasan!

Jawaban

.....
.....

2. Jelaskan perbedaan destruktif test dan non destruktif test?

Jawaban

.....
.....
.....
.....

3. Jelaskan macam-macam cacat lasan!

Jawaban

.....
.....
.....

4. Jelaskan cara memeriksa hasil lasan menggunakan cairan penetrant!

Jawaban

.....
.....
.....
.....

LEMBAR KERJA KP-09

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh Saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran **Pemeriksaan Hasil Las GTAW**? Sebutkan!

.....
.....

2. Bagaimana Saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....
.....

4. Apa topik yang akan Saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....
.....

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh Saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....

6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa Saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....
.....

Pemeriksaan Hasil Las Menggunakan Cairan Penetrant

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih membuat rigi las dengan bahan tambah pada pelat baja lunak, peserta diklat diharapkan mampu:

1. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
2. Mengatur tekanan kerja pengelasan dengan gas argon pada regulator
3. Mengatur aliran gas argon
4. Menajamkan elektroda
5. Memasang dan mengatur jarak elektroda pada torch
6. Menyalakan busur las
7. Melakukan pengelasan pada pelat baja lunak dengan proses GTAW
8. **Memeriksa hasil las**

B. Persiapan Alat dan Bahan

- 1 Menyiapkan penetrant satu set, terdiri dari *cleaner/remover*, *penetrant* dan *developer*.
- 2 Menyiapkan lap bersih
- 3 Menyiapkan sikat baja dan kertas ampelas
- 4 Menyiapkan benda uji
- 5 Menyiapkan WPS/Jobsheet/Gambar kerja

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

- 1 Menggunakan penetrant sesuai SOP
- 2 Bekerja dengan bersih dan rapi
- 3 Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan bahaya dari lokasi kerja
- 4 Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

D. Proses Kerja

- 1 Bersihkan jalur las benda uji dari kotoran berupa karat dengan sikat baja dan kertas ampelas
- 2 Aplikasikan *cleaner/remover* pada jalur las benda uji
- 3 Bersihkan jalur las dengan lap bersih
- 4 Aplikasikan *penetrant* pada jalur las benda uji, diamkan dengan lamanya (*dwell time*) sesuai bahan biasanya antara 7-10 menit.
- 5 Bersihkan cairan penetrant dari jalur las menggunakan lap, jika perlu semprotkan *cleaner/remover* pada kain lap kemudian bersihkan kembali jalur las sehingga cairan jalur las bersih dari cairan *penetrant*
- 6 Aplikasikan developer pada jalur las, biarkan sampai cairan *penetrant* yang berada dalam celah crack timbul ke permukaan
- 7 Amati jalur las, perhatikan spot-spot berwarna sesuai dengan warna penetrant. Foto untuk dianalisis.
- 8 Praktikum selesai, bersihkan benda uji menggunakan *remover* dan kain lap
- 9 Bersihkan dan letakan kembali peralatan praktikum pada tempatnya semula

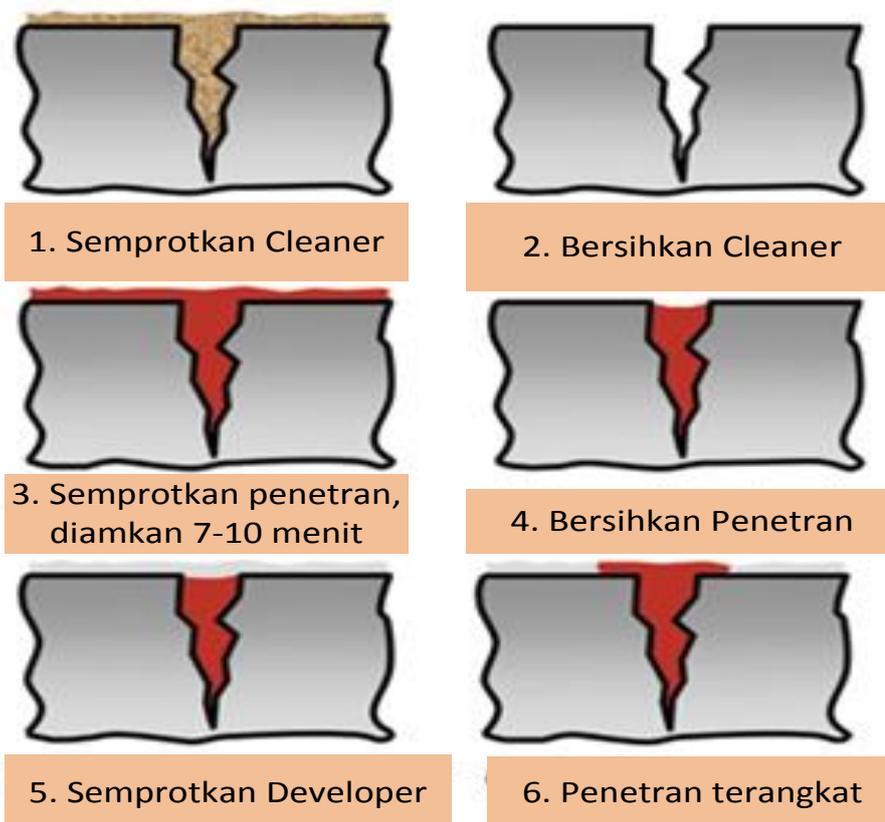
E. Hasil Kerja

- 1 Benda uji yang sudah teridentifikasi lokasi dan jumlah cacat *crack* misalkan seperti gambar di bawah ini



(Sumber: www.premierndtservices.com)

F. Gambar Kerja



G. Form Laporan Praktikum

| | | | |
|------------------------|--------------------------|---|--|
| Judul Praktikum | | : | |
| Nama Peserta | | : | |
| Kelas | | : | |
| Waktu Praktikum | | : | |
| I | Bahan | | |
| | 1. | (Sebutkan bahan praktikum yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| II | Peralatan | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| III | Keselamatan Kerja | | |
| | 1. | (Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| IV | Proses Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan tahapan kerja yang digunakan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |
| V | Hasil Kerja | | |
| | 1. | (Uraikan hasil kerja yang diinginkan) | |
| | 2. | ..... |  |
| | 3. | Dst. | |

BAB III

PENUTUP

Modul Diklat PKB yang disusun ini disiapkan dalam rangka membantu guru dan tenaga kependidikan paket keahlian Teknik Fabrikasi Logam dalam menguasai kompetensi professional dalam mengelas dengan menggunakan las *MIG/MAG (GMAW/FCAW)*. Melalui paparan materi yang ada dalam modul ini, diharapkan para guru dan tenaga kependidikan dapat menemukan kemudahan dalam mempelajari materi dan melaksanakan proses pengelasan dengan menggunakan Proses Las *GMAW (Gas Metal Arcus Welding)*, khususnya untuk pengelasan pelat baja karbon lunak pada berbagai posisi.

Modul ini hanya merupakan “Guidance” bagi guru dan tenaga kependidikan dalam mempelajari materi pengelasan *GMAW*. Oleh karena itu, sajian materi yang dipaparkan hanya berupa garis besar dan tidak rinci. Untuk lebih menambah khasanah berfikir, dalam modul ini disiapkan jenis-jenis aktivitas pembelajaran yang dirancang agar guru dapat lebih aktif lagi mencari materi dari berbagai sumber belajar yang ada, baik dalam daftar pustaka, maupun di luar.

DAFTAR PUSTAKA

- Garnett, Roger, (tt) *Introduction to Welding Processes & Equipment* . [On Line] Tersedia pada <http://www.team.net/www/shop-talk/weldintro.html>. Diunduh [10 Juli 2012]
- Grimm, P. A., (2000). *Welding Inspection Handbook Third Edition*. USA: American Welding Society
- Gregory, E.N., & Amstrong, A., A., (2005). *Welding Symbols On Drawings*. England: Woodhead Publishing Limited.
- Jeffus, L. (2012). *Metal Fabrication*. USA: Delmar, Cengage Learning
- Laren, M. (2004). *Practice dan Product for Stainless Steel Welding*. Sweden: Avesta Welding AB.
- Sunaryo, H. et. al. (2009). *Pengelasan dengan Proses Las GTAW*. Jakarta: DitJenLatTas Disnakertrans.
- Timings, R. (2008). *Fabrication and Welding Engineering*. Newyork:Elsevier Ltd.
- , (2009), *Welder's Guide to the Hazards of Welding Gases and Fumes*. [Online]. Terdapat pada <https://work.alberta.ca> [01 Nopember 2015]
- , (1990), *Welding: Fumes And Gases*. Australia: National Occupational Health and Safety Commission.
- , (tt) , *Controlling Hazardous Fume and Gases during Welding*. [Online]. Terdapat pada <https://www.osha.gov> [01 Nopember 2015]

- , (2013). *Respiratory Protection Basics for Welding Operations* (American Welding Society Safety and Health Fact Sheet No. 38) [Online] terdapat pada www.aws.org [01 Nopember 2015]
- , (2015). *What type of PPE is available when welding?* [Online] terdapat pada <http://www.ccohs.ca> [01 Nopember 2015]
- , (.....), *PPE & Welding Accessories*. [ON Line] terdapat pada (<http://www.esab.co.uk>) [01 Nopember 2015].
- , (tt), *Welder Guide Book: All-positional rutile flux cored wires for non and low alloyed steels*. [ON Line] terdapat pada (<http://www.esab.co.uk>) [01 Nopember 2015].
- , (2006), *Health And Safety In Welding*. New Zealand: Department of Labour
- , (tt), *Gas Metal Arc Welding*. [ON Line] terdapat pada (<http://www.navybmr.com>) [01 Nopember 2015]
- , (tt), *Arc Welding* [ON Line] terdapat pada (<http://www.indabook.com>) [01 Nopember 2015]
- (2012), *Guidelines For Gas Metal Arc Welding (GMAW)*. [ON Line] terdapat pada (<http://www.MillerWelds.com>) [01 Nopember 2014]
- (tt), *Gas Metal Arc Welding: Product and Procedure Selection* [ON Line] terdapat pada (<http://www.lincolnelectric.com>) [01 Nopember 2014]

----- (tt), *Euthanex Tank Regulator*. [ON Line] terdapat pada <http://www.euthanex.com> [25 September 2015]

----- (tt), *ISO and ASME welding positions*. [ON Line] terdapat pada <http://www.electroaula.cat> [25 September 2015]

----- (2006). *Weld Faults and Causes*. [ON Line] terdapat pada <https://www.cwbgroup.org> [10 Juli 2014]

GLOSARIUM

| | | |
|---|---|---|
| Demam Logam | : | Suatu penyakit dalam tubuh manusia yang diakibatkan oleh pengaruh asap pengelasan yang mengandung partikel logam murni. |
| DCRP (<i>direct-current reverse Polarity</i>) atau DCEP (<i>Direct Current Electrode Polarity</i>) | : | Pengkutuban Terbalik Arus Searah, yaitu penyambungan elektroda dengan kutub negative mesin las, dan benda kerja dengan kutub positif mesin las. |
| DCEN (<i>Direct Current Elektroda Negative</i>) atau DCSP (<i>Direct Current Straight Polarity</i>) | : | Pengkutuban langsung Arus Searah, yaitu penyambungan elektroda dengan kutub positif mesin las, dan benda kerja dengan kutub negatif mesin las. |
| | | |

