



GURU PEMBELAJAR

MODUL PELATIHAN GURU

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

KELOMPOK
KOMPETENSI

E

Profesional :
PEMOTONGAN DENGAN PANAS (THERMAL CUTTING)
DAN LAS BUSUR MANUAL LANJUT

Pedagogik :
PEMANFAATAN TIK DALAM PEMBELAJARAN

DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

2016



DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	3
D. Ruang Lingkup	4
E. Cara Penggunaan Modul	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN	6
A. Tujuan	6
B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)	6
C. Uraian Materi	7
1. Proses Pemotongan dengan Gas	7
2. Peralatan Pemotongan dengan Gas	8
3. Pembakar Potong (<i>Blowpipe</i>)	13
5. Mesin-mesin Potong Gas	16
3. Penanganan Distorsi pada Pemotongan dengan Panas	21
4. Teknik-teknik Pemotongan dengan Gas	24
5. Kualitas Hasil Pemotongan dan Ketentuan Pengoperasian	29
D. Aktivitas Pembelajaran	30
E. Latihan	34
Latihan 2: Pemotongan Lurus Secara Manual	35
Latihan 3: Pemotongan Miring Menggunakan Alat Bantu	39
Latihan 6: Pemotongan Dengan Mesin Potong Gas Lurus	43
F. Rangkuman	48
G. Umpan Balik dan Tidak Lanjut	50
1. Aspek Pengetahuan	50
2. Aspek Keterampilan	50
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	52
PENGALURAN DENGAN GAS	52
A. Tujuan Pembelajaran KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	52
B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)	52
C. Uraian Materi	52
1. Proses Pengaluran	52
2. Nozzle Pengalur	54
3. Tekanan Gas	55
4. Teknik Pengaluran	55
D. Aktivitas Pembelajaran	59
Aktivitas 1: Diskusi dan menggali informasi tentang teknik-teknik pengaluran dengan gas	59
Aktivitas 2: Menilai kualitas hasil pengaluran	59

Lembar Kerja KB 2: Pengaluran dengan Gas	60
E. Latihan.....	61
F. Rangkuman	63
G. Umpan Balik dan Tidak Lanjut	64
PEMBELAJARAN 3	65
PEMOTONGAN DENGAN BUSUR PLASMA	65
A. Tujuan Pembelajaran.....	65
B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK).....	65
C. Uraian Materi	65
1. Proses Pemotongan dengan Busur Plasma (Plasma Cutting)	65
2. Perlengkapan Pemotongan dengan Busur Plasma	66
3. Keuntungan, Keterbatasan Pemotong Busur Plasma	69
D. Aktivitas Pembelajaran	70
Aktivitas 1: Diskusi dan menggali informasi tentang pemotongan dengan busur plasma 70	
Aktivitas 2 : Observasi peralatan pemotongan dengan busur plasma	71
Lembar Kerja KB 3: Pemotongan dengan Busur Plasma	71
E. Latihan.....	72
Latihan 1: Pemotongan Pelat Baja Karbon Dengan Busur Plasma	72
F. Rangkuman	77
G. Umpan Balik dan Tidak Lanjut	78
.....	80
KEGIATAN PEMBELAJARAN 4.....	80
LAS BUSUR MANUAL LANJUT	80
A. Tujuan Pembelajaran.....	80
B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK).....	80
C. Uraian Materi	81
1. Pemilihan Elektroda.....	81
2. Rekondisi Elektroda	82
3. Penyimpanan Elektroda	83
4. Istilah Las.....	84
5. Simbol Las	88
6. Prosedur Pengelasan Pelat Posisi Tegak	91
D. Aktivitas Pembelajaran	93
Aktivitas 1: Mengujicoba Karakteristik Elektroda	93
Aktivitas 2: Diskusi dan menggali informasi tentang istilah dan simbol las .	94
Lembar Kerja KB 4: Las Busur Manual Lanjut	95
E. Latihan.....	96
Latihan 1: Pengelasan Pelat Posisi 3F -Satu Jalur	96
Latihan 2 : Pengelasan Pelat Posisi 3F -Dua Layer	100
Latihan 3: Pengelasan Pelat Posisi 3G	105
Latihan 4: Pengelasan Pelat Posisi 4F – Dua Layer	110
Latihan 5: Pengelasan Pelat Posisi 4G	114
F. Rangkuman	120
G. Umpan Balik dan Tidak Lanjut	121
KEGIATAN PEMBELAJARAN 5.....	122
PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN HASIL LAS	122
A Tujuan Pembelajaran.....	122

B.	Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK).....	122
C.	Uraian Materi	122
1.	Pemeriksaan dan Pengujian Hasil Las Secara Tidak Merusak	122
2.	Pengujian Secara Merusak	127
3.	Pengenalan Cacat Las.....	131
4.	Kriteria Hasil Las.....	136
D.	Aktivitas Pembelajaran	137
	Aktivitas 1: Diskusi dan menggali informasi tentang pemeriksaan dan pengujian hasil las	137
	Aktivitas 2: Menilai kualitas hasil pengelasan	138
	Lembar Kerja KB 5: Pemeriksaan dan Pengujian Hasil Las	139
E.	Latihan.....	140
F.	Rangkuman	140
G.	Umpan Balik dan Tidak Lanjut	141
	EVALUASI	143
A.	KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	143
B.	JAWABAN SINGKAT	145
C.	KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	145
D.	KEGIATAN PEMBELAJARAN 3	146
E.	KEGIATAN PEMBELAJARAN 4	148
F.	KEGIATAN PEMBELAJARAN 5	152
	DAFTAR PUSTAKA	154
	GLOSARIUM	155
	APPENDIX	158
	Appendix 1	158
	Appendix 2.....	159
	Appendix 3.....	160
	Appendix 4.....	160
	Appendix 5.....	161
	Appendix 6.....	161
	Appendix 7.....	163



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses Pemotongan	7
Gambar 3. Silinder Oksigen.....	10
Gambar 4. Silinder Asetelin	11
Gambar 5. Silinder LPG	11
Gambar 6. Regulator LPG	13
Gambar 7. Pembakar Potong (Blowpie)	14
Gambar 8. Mulut Potong (Cutting Nozzle)	15
Gambar 9. Alat Bantu Pemotongan	16
Gambar 10. Straight Line Tractor	17
Gambar 11. Mesin Potong Gas Radial	18
Gambar 12. Mesin Potong Gas Kordinat	19
Gambar 13. Macam-macam Mesin Potong Pipa	21
Gambar 14. Meja Penyangga.....	22
Gambar 15. Contoh Pemotong Seimbang	22
Gambar 16. Contoh Pemotongan Terputus-putus	23
Gambar 17. Contoh Pemotongn Berangkai	23
Gambar 18. Contoh Penggunaan Baji/Pasak	24
Gambar 19. Teknik Memotong pada Bagian Tengah Pelat.....	26
Gambar 20. Alat Jiplak pada Mesin Potong Gas	26
Gambar 21. Teknik Jiplk dengan “photo-electric”.....	29
Gambar 22. Peralatan Utama Pengaluran dengan Gas.....	53
Gambar 23. Nozzle Pengalur	55
Gambar 24. Contoh Pengaluran.....	56
Gambar 25. Mesin Pemotong Busur Plasma dan Perlengkapannya	67
Gambar 26. Warna Elektroda	81
Gambar 27. Contoh Cara Penyimpanan Elektroda.....	84
Gambar 28. Penempatan Bahan Posisi 3F (PF) dan 3G (PF)	93
Gambar 29. Penempatan Bahan Posisi 4F (PD) dan 4G (PE).....	93
Gambar 30. Pemeriksaan Hasil Las dengan “Welding Gauge”	124
Gambar 31. Pemeriksaan Hasil Las dengan UT.....	126
Gambar 32. Pengujian dengan Radiografi.....	127
Gambar 33. Pengujian Pematahan pada Sambungan Sudut	128
Gambar 34. Pengujian Pematahan pada Sambungan Tumpul (Nick Break).....	129
Gambar 35. Pengujian Pengengkungan (Bend Test).....	130
Gambar 36. Pengujian Makro (Macro Test)	131



DAFTAR TABEL

Tabel 2. Simbol Las Secara Umum	88
Tabel 3. Kriteria Hasil Las.....	136
Tabel 4. Bentuk-bentuk Hasil Pemotongan dengan Gas.....	158
Tabel 5. Data Pengoperasian dan Pemakaian Oksi-Asetilin	159
Tabel 6. Data pengoperasian dan Pemakaian Oksi-LPG	160
Tabel 7. Perbandingan Diameter Elektroda dengan Besar Arus Las	160
Tabel 8. Karakteristik Elektroda	161



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sekolah merupakan salah satu wahana pendidikan dalam sistem pendidikan nasional Indonesia. Untuk itu, sekolah memiliki tugas memberikan pelayanan terbaik kepada peserta didik agar mereka memperoleh sejumlah kompetensi untuk mengembangkan diri, baik pengetahuan (*knowledge*), keterampilan (*skill*), maupun sikap (*attitude*) atau etos kerja yang profesional.

Pendidik adalah tenaga kependidikan yang berkualifikasi sebagai guru, dosen, konselor, pamong belajar, widyaiswara, tutor, instruktur, fasilitator, dan sebutan lain yang sesuai dengan kekhususannya, serta berpartisipasi dalam menyelenggarakan pendidikan. Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan kegiatan pengembangan keprofesian secara berkelanjutan agar dapat melaksanakan tugas profesionalnya. Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) adalah pengembangan kompetensi Guru dan Tenaga Kependidikan yang dilaksanakan sesuai kebutuhan, bertahap, dan berkelanjutan untuk meningkatkan profesionalitasnya.

Pengembangan keprofesian berkelanjutan sebagai salah satu strategi pembinaan guru dan tenaga kependidikan diharapkan dapat menjamin guru dan tenaga kependidikan mampu secara terus menerus memelihara, meningkatkan, dan mengembangkan kompetensi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pelaksanaan kegiatan PKB akan mengurangi kesenjangan antara kompetensi yang dimiliki guru dan tenaga kependidikan dengan tuntutan profesional yang dipersyaratkan.

Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan PKB baik secara mandiri maupun kelompok. Khusus untuk PKB dalam bentuk diklat dilakukan oleh lembaga pelatihan sesuai dengan jenis kegiatan dan kebutuhan guru.

Penyelenggaraan diklat PKB dilaksanakan oleh PPPPTK dan LPPPTK KPTK atau penyedia layanan diklat lainnya. Pelaksanaan diklat tersebut memerlukan modul sebagai salah satu sumber belajar bagi peserta diklat. Modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta diklat berisi materi, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang disajikan secara sistematis dan menarik untuk mencapai tingkatan kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.

Modul ini disusun tidak terlepas dari kerangka penyelenggaraan pelatihan yang diperlukan guru dalam melaksanakan kegiatan PKB serta pengembangan kualitas tenaga kerja, karena penguasaan kompetensi peserta didik yang akan memasuki dunia kerja sangat ditentukan oleh kompetensi tenaga pengajarnya (guru).

B. Tujuan

Secara umum, setelah mempelajari modul ini diharapkan guru pembelajar agar memiliki pengetahuan, keterampilan dan sikap dalam melakukan pemotongan dengan panas (*thermal cutting*) dalam pekerjaan fabrikasi logam dan melakukan proses las busur manual (SMAW) pada tingkat lanjut, yakni pada posisi tegak dan di atas kepaladengan memperhatikan standar-standar yang berlaku secara nasional dan internasional.

Secara khusus, dengan mempelajari modul ini diharapkan guru pembelajar mampu:

1. Menganalisis peralatan pemotongan, pengaluran dan pembentukan dengan panas (*thermal cutting, gouging & shaping*).
2. Menganalisis perubahan bentuk (*distorsi*) pada proses pemanasan dan pendinginan logam
3. Melakukan pemotongan, pengaluran, dan pembentukan dengan panas secara manual dan dengan mesin-mesin potong otomatis.
4. Menganalisis berbagai posisi pengelasan yang sesuai dengan pekerjaan fabrikasi logam
5. Menganalisis karakteristik penggunaan elektroda pada berbagai jenis bahan las sesuai referensi

6. Membaca dan mengaplikasikan penggunaan simbol las dalam pekerjaan fabrikasi logam.
7. Menganalisis berbagai cacat las dan istilah las sesuai referensi
8. Mengelas pada posisi 3F/PF, 4F/PD, 3G/PF, 4G/PE sesuai standar opeorational procedure (SOP).
9. Memeriksa dan menguji hasil las sesuai SOP

C. Peta Kompetensi

Adapun Kompetensi yang harus dicapai melalui modul ini adalah sebagai berikut :

20.29 Menggunakan berbagai peralatan/mesin untuk pekerjaan pemotongan, pengaluran dan pembentukan dengan panas (<i>thermal cutting, gouging & shaping</i>)	20.29.1 Menganalisis peralatan pemotongan, pengaluran dan pembentukan dengan panas (<i>thermal cutting, gouging & shaping</i>)
	20.29.2 Menganalisis perubahan bentuk (distorsi) pada proses pemanasan dan pendinginan logam
	20.29.3 Melakukan pemotongan, pengaluran, dan pembentukan dengan panas secara manual dan dengan mesin-mesin potong otomatis.
	20.29.4 Melakukan pemotongan dengan busur plasma (<i>plasma cutting</i>)
20.25 Mengelas dengan proses las busur manual (SMAW) pada posisi tegak dan/ atau di atas kepala	20.25.1 Menganalisis berbagai posisi pengelasan yang sesuai dengan pekerjaan fabrikasi logam.

	20.25.2	Menganalisis karakteristik penggunaan elektroda pada berbagai jenis bahan las sesuai referensi.
	20.25.3	Membaca dan mengaplikasikan penggunaan simbol las dalam pekerjaan fabrikasi logam.
	20.25.4	Menganalisis berbagai cacat las dan istilah las sesuai referensi
	20.25.5	Mengelas pada posisi 3F/PF, 4F/PD, 3G/PF, 4G/PE sesuai standar opeorational procedure (SOP).
	20.25.6	Memeriksa dan menguji hasil las sesuai SOP.

D. Ruang Lingkup

Modul Pemotongan dengan Panas (*Thermal Cutting*) dan Las Busur Manual Lanjut ini berisikan Bab Pendahuluan, Bab Kegiatan Pembelajaran yang terdiri dari 9 Kegiatan Pembelajaran, Kunci Jawaban Latihan, Evaluasi, Penutup, Datar Pustaka, serta Glosarium.

E. Cara Penggunaan Modul

Agar dapat menguasai materi modul ini, maka beberapa hal yang harus Anda perhatikan adalah:

1. Pahami terlebih dahulu tujuan dan Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) tiap kegiatan pembelajaran dalam modul ini.
2. Yakinkan bahwa Anda telah benar-benar menguasai suatu Kegiatan Pembelajaran sebelum Anda mempelajari Kegiatan Pembelajaran selanjutnya.

3. Jika Anda mempelajari modul ini melalui bimbingan maka Anda dapat bertanya dan meminta penjelasan atau mendemonstrasikan hal-hal yang belum Anda pahami.
4. Lakukan aktivitas pembelajaran sesuai petunjuk, dan jika dilakukan dalam kelompok, maka pilihlah salah seorang sebagai ketua kelompok.
5. Kerjakanlah latihan dan tugas yang diberikan setelah Anda mempelajari dan kuasai materi tersebut.
6. Untuk memberikan kebenaran dari hasil latihan dan tugas Anda, gunakan kunci jawaban yang disediakan.
7. Untuk kegiatan praktik, gunakan format penilaian yang disediakan, agar kompetensi yang diharapkan dapat tercapai.
8. Semua latihan dan tugas wajib diselesaikan oleh semua guru pembelajar. Pengerjaan tugas yang bersifat praktikal dikerjakan di laboratorium, bengkel, atau di lapangan yang sesuai dengan SOP.



KEGIATAN PEMBELAJARAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : PEMOTONGAN DENGAN PANAS (THERMAL CUTTING)

A. Tujuan

Disediakan bahan ajar (modul), peralatan praktik, dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja, maka setelah mempelajari kegiatan belajar ini, guru pembelajar diharapkan mampu:

1. Menguraikan proses pemotongan dengan panas (*thermal cutting*) menggunakan gas oksasi-asetilen dan LPG sesuai referensi.
2. Menguraikan peralatan pemotongan yang dioperasikan secara manual dan mesin-mesin pemotong gas otomatis sesuai referensi.
3. Menguraikan teknik-teknik penanganan distorsi pada pekerjaan pemotongan dengan panas (oksi-asetilen).
4. Melakukan pemotongan dengan gas oksasi-asetilen/LPG menggunakan peralatan manual (tangan) sesuai prosedur operasional standar (SOP).
5. Melakukan pemotongan dengan gas oksasi-asetilen/LPG menggunakan mesin-mesin otomatis sesuai prosedur operasional standar (SOP).

B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)

- 20.29.1. Menganalisis peralatan pemotongan, pengaluran dan pembentukan dengan panas (*thermal cutting, gouging & shaping*):
- 20.29.2. Menganalisis perubahan bentuk (distorsi) pada proses pemanasan dan pendinginan logam.
- 20.29.3. Melakukan pemotongan, pengaluran, dan pembentukan dengan panas secara manual dan dengan mesin-mesin potong otomatis

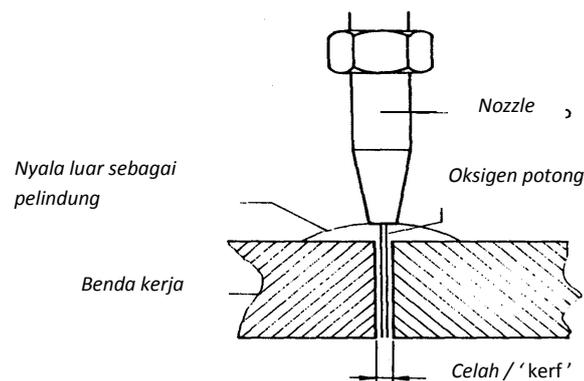
C. Uraian Materi

1. Proses Pemotongan dengan Gas

Pada dasarnya proses pemotongan dengan panas (*thermal cutting*) dengan menggunakan gas oksasi-asetilen adalah pemotongan yang panasnya berasal dari campuran oksigen dan bahan bakar panas yang bereaksi secara kimiawi. Reaksi ini terjadi ketika bahan (baja) yang dipanaskan kemudian berhubungan dengan oksigen murni. Apabila baja dipanaskan sampai 815°C akan berubah warna menjadi merah terang dan kemudian, oksigen disemburkan dengan tekanan tinggi pada logam dan terjadilah pemotongan akibat oksidasi.

Aliran dan tekanan oksigen dan terbakarnya logam oleh bahan bakar panas (antara lain asetilin atau LPG) membuat terjadinya pemotongan. Adapun proses pemotongan dapat terjadi sangat tergantung pada:

- Pemanasan baja sampai temperatur pembakaran;
- Oksidasi baja dalam bagian semburan oksigen;
- Pembuangan terak oleh tekanan dari aliran oksigen;
- Kontinuitas gerakan pembakar.



Gambar 1. Proses Pemotongan

Fungsi Nyala Potong panas :

Nyala potong/ pemanasan awal hanya memanaskan permukaan logam dengan kedalaman beberapa mili meter.

Tujuan dari nyala pemanasan awal adalah untuk menjaga permukaan logam pada temperatur yang dibutuhkan (815°C). Sisa tebal bahan yang lain dipanaskan oleh pembakaran logam dan oksigen.

Tidak cukup panas untuk terjadinya reaksi tanpa nyala pemanasan awal, sebab disekitar logam dan oksigen potong terdapat pengaruh pendinginan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas pemotongan :

Kualitas hasil pemotongan dengan panas sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

- Kebersihan permukaan pelat;
- Ukuran mata potong (*nozzle*) yang digunakan;
- Kebersihan nosel yang digunakan;
- Tekanan oksigen;
- Jumlah pemanasan awal.

2. Peralatan Pemotongan dengan Gas

Pada dasarnya, peralatan pemotongan dengan panas secara umum adalah sama dengan peralatan las oksi-asetilen, baik silinder, regulator, dan beberapa tipe pembakar. Adapun pada proses pemotongan dengan panas dapat digunakan dengan pilihan gas yang berbeda, yakni menggunakan gas LPG (*Liquified Petroleum Gas*).

a. Gas Oksigen dan Asetilin/ LPG

Gas oksigen (O₂), asetilin dan LPG (*Liquified Petroleum Gas*) atau C₂H₂ disimpan dalam silinder dalam berbagai ukuran dengan standar pengamanan tertentu. Ukuran-ukuran silinder oksigen dan asetilin bermacam-macam, tergantung kebutuhan pekerjaan, namun yang umum dipakai adalah mulai dari 3500 liter, 5000 liter, 6000 liter dan 7000 liter,

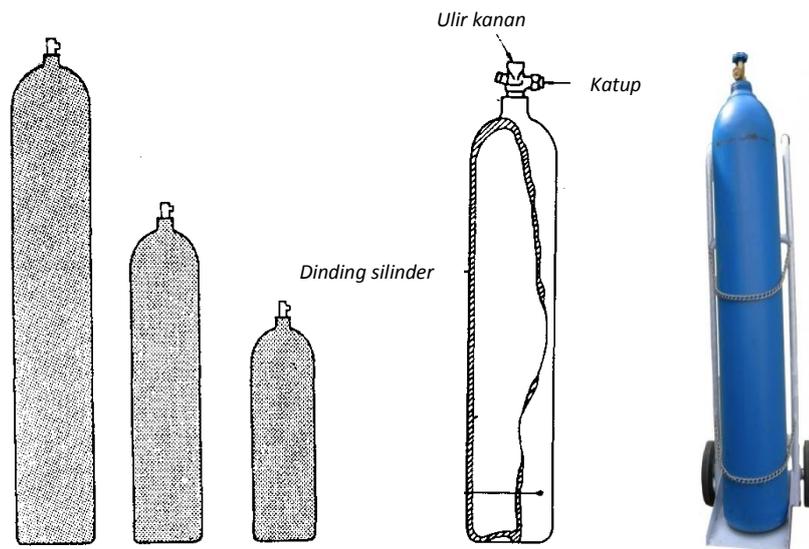
sedangkan untuk silinder LPG untuk keperluan industri secara umum tersedia dalam ukuran 12 Kg dan 50 Kg.

Adapun standar warna silinder asetilin adalah merah, silinder oksigen biasanya adalah biru atau hitam, namun ada juga pabrik tertentu membuat standar warna tersendiri. Sedangkan untuk silinder LPG (C_3H_8) pada umumnya bewarna biru.

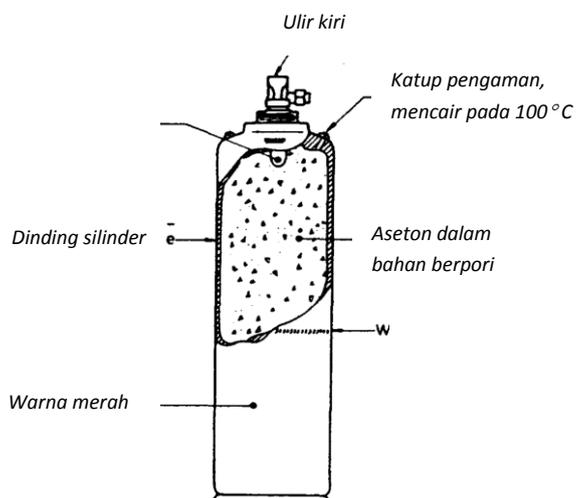
Dalam pemakaiannya, LPG dibedakan antara penggunaan untuk keperluan rumah tangga dan LPG untuk di industri. Untuk penggunaan di rumah tangga biasanya digunakan LPG Mix, yaitu campuran propane dan butana dengan komposisi antara 70- 80% dan 20-30% dan diberi odorant (*mercaptant*). Sedangkan untuk pemakaian di industri (untuk pemotongan) digunakan LPG dengan kandungan utama propane 95 % atau butana 97,5 %, dan diberi odorant (*mercaptant*).

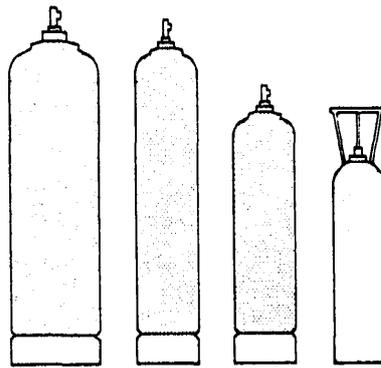
Secara umum sifat LPG adalah sebagai berikut:

- 1) Cairan dan gasnya sangat mudah terbakar;
- 2) Gas tidak beracun, tidak berwarna dan biasanya berbau menyengat;
- 3) Gas dikirimkan sebagai cairan yang bertekanan di dalam tangki atau silinder;
- 4) Cairan dapat menguap jika dilepas dan menyebar dengan cepat;
- 5) Gas ini lebih berat dibanding udara sehingga akan banyak menempati daerah yang rendah.



Gambar 2. Silinder Oksigen





Gambar 3. Silinder Asetelin



Gambar 4. Silinder LPG

Keselamatan Kerja untuk Silinder Oksigen, Asetilen dan LPG :

Bahasan tentang keselamatan kerja silinder oksigen dan asetilen sudah dibahas pada modul Las Oksi-asetilen dan Las Busur Manual Dasar (Modul 4), untuk itu pada modul ini hanya membahas tentang keselamatan kerja untuk silinder LPG.

Keselamatan Kerja untuk Silinder LPG

Salah satu risiko penggunaan LPG adalah terjadinya kebocoran pada tabung atau instalasi gas sehingga bila terkena api dapat menyebabkan kebakaran. Pada awalnya, gas LPG tidak berbau, tapi bila demikian akan sulit dideteksi apabila terjadi kebocoran pada tabung gas. Menyadari itu Pertamina menambahkan gas mercaptan, yang baunya khas dan menusuk hidung. Langkah itu sangat berguna untuk mendeteksi bila terjadi kebocoran tabung gas. Tekanan LPG cukup besar (tekanan uap sekitar 120 Psi), sehingga kebocoran LPG akan membentuk gas secara cepat dan mengubah volumenya menjadi lebih besar.

Pada semua silinder LPG dipasang alat-alat pengaman, yaitu *bursting discs* atau *fusible plugs*. Alat-alat pengaman ini didisain agar isi silinder bisa keluar bila terjadi keadaan tidak aman yang disebabkan oleh beberapa keadaan misalnya *overheating* (terlalu panas) atau penguraian LPG yang disebabkan teknik pengoperasian yang tidak benar.

b. Regulator

Perbedaan antara regulator asetilin/ LPG dan regulator oksigen yang paling utama adalah :

1) Regulator asetilin/ LPG berulir kiri

Pada waktu mengikat , putaran ulirnya ke arah kiri atau berlawanan dengan arah jarum jam, sedangkan untuk membuka diputar ke arah kanan atau searah dengan jarum jam.

2) Regulator oksigen berulir kanan

Pada waktu mengikat putaran ulirnya ke arah kanan atau searah dengan jarum jam, sedangkan untuk membuka diputar ke arah kiri atau berlawanan dengan arah jarum jam.

3) Warna bak manometer

Regulator oksigen: terdapat tulisan oksigen, warna bak biru/ hitam/abu-abu.

Regulator asetilin : terdapat tulisan asetilin, warna bak merah.

Regulator LPG : terdapat tulisan LPG, warna bak merah / putih.



Gambar 5. Regulator LPG

3. Pembakar Potong (*Blowpipe*)

Pada pekerjaan pemotongan secara manual, peralatan yang digunakan untuk memotong dengan mempergunakan gas/ nyala api pemotongan relatif sama dengan peralatan yang digunakan pada proses pengelasan dengan oksi asetilin, demikian juga cara-cara penanganannya. Perbedaan hanya pada pembakar (*blowpipe*), disamping pengaturan tekanan kerja.

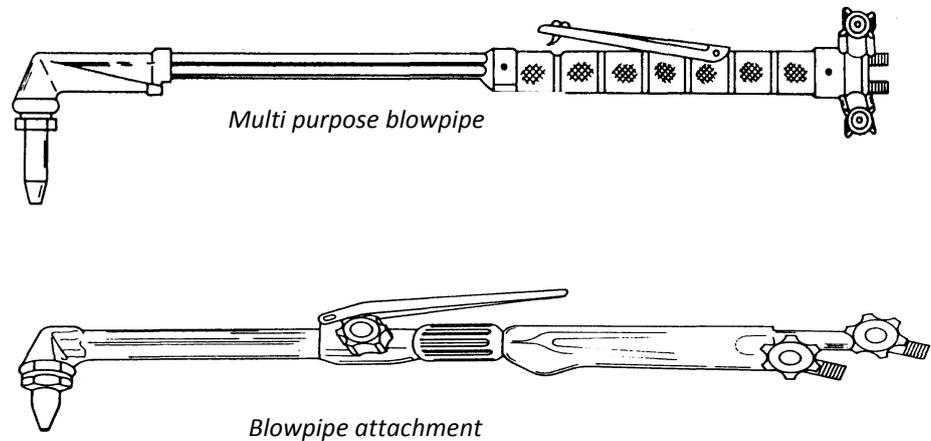
Pada proses pengelasan dengan oksi asetilin menggunakan mulut pembakar berupa tip pemotongan (*welding tip*), sedang pada proses pemotongan dengan gas adalah berupa pembakar potong (*cuttingnozzle* dan *attachment*).

a. Jenis Pembakar Potong

Ada dua jenis pembakar potong yang biasa dipergunakan pada proses pemotongan :

- 1) Pembakar potong serbaguna (*multi-purpose blowpipe*), yaitu jenis pembakar yang dapat dipergunakan untuk keperluan memotong dan mengalur.

- 2) Pembakar potong yang menggunakan pembakar biasa , yaitu pembakar yang digunakan untuk pemotongan.



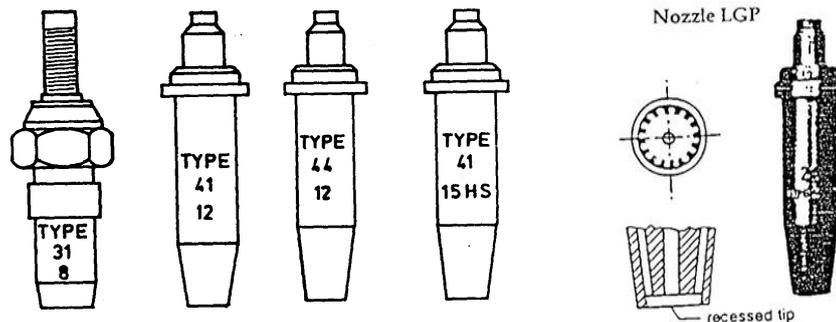
Gambar 6. Pembakar Potong (Blowpie)

b. Nozzle Potong

Mulut potong (*nozzle*) dirancang dengan berbagai ukuran untuk bermacam-macam ketebalan bahan dan penggunaan; serta masing-masingnya ditandai dengan ukuran.

Mulut potong yang biasa (standar) digunakan, yaitu *nozzle* asetilin (type 41) dan *nozzle* LPG (type 44). Kebanyakan *nozzle* asetilin mempunyai lima atau enam lubang untuk pemanasan awal dan satu lubang ditengah untuk saluran oksigen potong.

Nozzle potong LPG bentuknya relatif sama, tapi pada ujung mulut *nozzle* ada **ceruk** untuk mengarahkan nyala pemanasan awal.

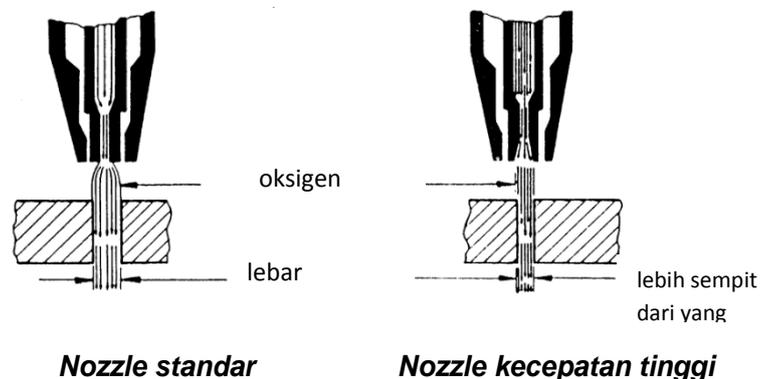


Gambar 7. Mulut Potong (Cutting Nozzle)

Untuk pemotongan pelat atau profil secara cepat, digunakan jenis nozzle “kecepatan tinggi”, yang berbeda dengan tipe standar dan bekerja pada kecepatan potong yang tinggi. Nozzle ini meruncing ke ujung, yakni didisain untuk menghasilkan potongan yang kecil, sedikit logam yang terbuang dan sedikit oksigen yang dibutuhkan, serta hasil potongan yang kecil (sempit).

Penggunaan nozzle kecepatan tinggi :

- Membelah pelat;
- Memotong profil pelat baja secara cepat;
- Digunakan pada kebanyakan mesin potong gas.

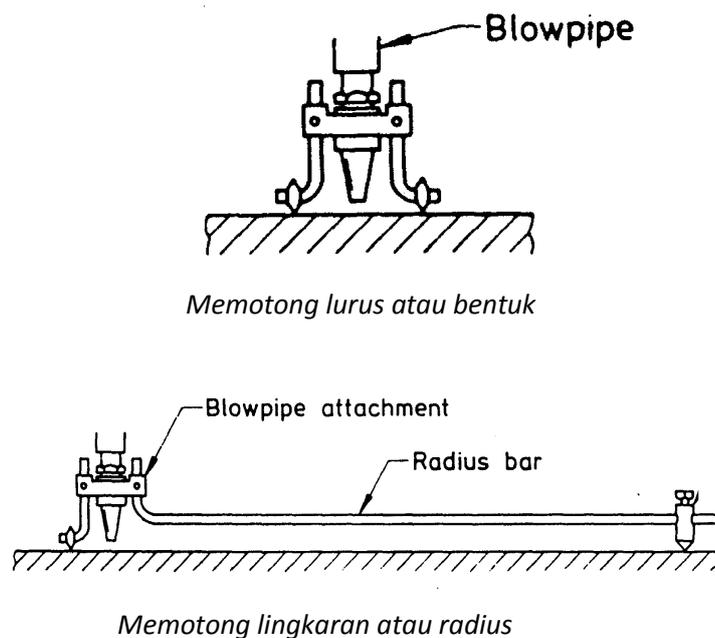


c. Alat Bantu untuk Pemotongan secara Manual (*Freehand Cutting*)

Pemotongan secara manual (dengan tangan) meliputi semua pemotongan manual, dimana tidak menggunakan alat bantu pemotongan.

Pemotongan secara manual terutama kalau memotong bentuk yang tidak beraturan, atau gerakan pemotong yang tidak teratur, sehingga selama proses pemotongan tidak menggunakan alat bantu.

Sedangkan alat bantu yang sering digunakan pada pemotongan dengan tangan adalah berupa alat bantu yang dipasang pada *nozzle*. Alat bantu potong yang digunakan pada proses pemotongan dengan tangan adalah untuk memotong lurus dan lingkaran



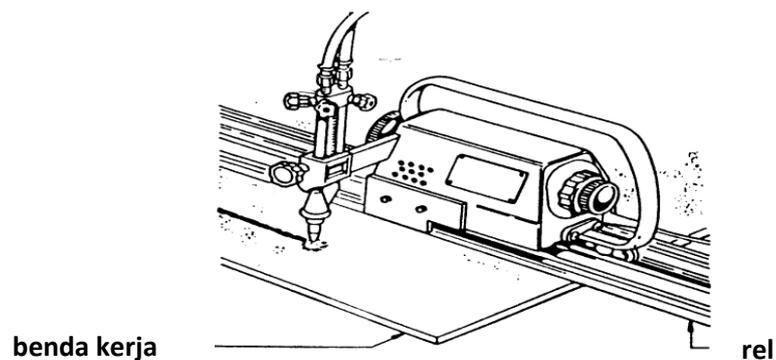
Gambar 8. Alat Bantu Pemotongan

5. Mesin-mesin Potong Gas

a. *Straight Line Tractor*

Mesin potong lurus (*straight line tractor/ cutting machine*) adalah untuk memotong lurus peralatan. Mesin ini sangat diperlukan pada bengkel-bengkel fabrikasi untuk mengerjakan komponen dan pekerjaan konstruksi baja secara lebih cepat dan kualitas yang lebih baik dari pemotongan secara manual.

- Mesin potong ini mempunyai kelebihan dari pada pemotongan manual, terutama bila pekerjaan yang tebal dan berkali-kali, dimana mata potongnya (*nozzle*) dipasang secara kokoh/ kuat pada jarak yang tetap dan dapat menghasilkan kecepatan yang teratur dan tetap, yaitu dengan menggunakan motor penggerak.



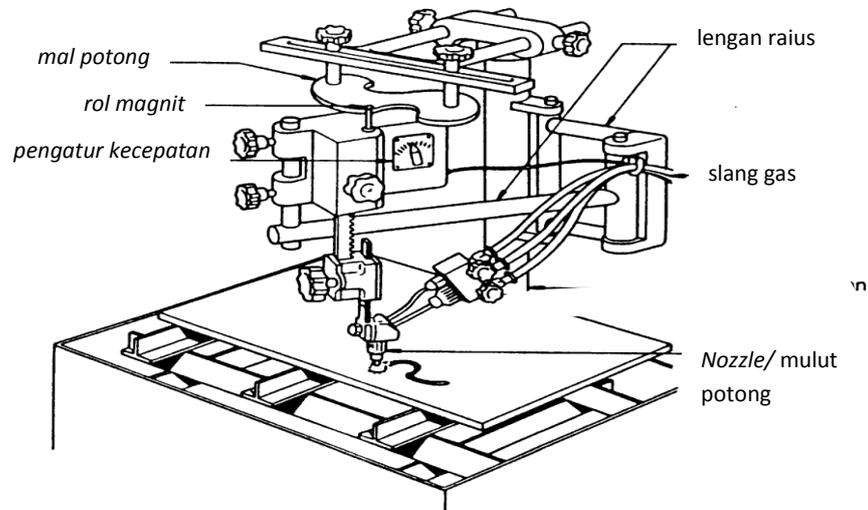
Gambar 9. Straight Line Tractor

Mesin potong lurus digerakkan oleh motor listrik yang menempel pada sistem dan dapat diatur kecepatan tersebut untuk tiap pengoperasian, ia akan tetap pada kecepatan tersebut untuk tiap pengoperasian. Pengaturan yang sesuai akan menghasilkan pemotongan yang berkualitas lebih baik dibandingkan dengan pemotongan secara manual (tangan).

Penggunaan mesin potong gas lurus antara lain adalah :

- Memotong lurus, seperti : membuat pelat strip;
- Persiapan sambungan pemotongan, seperti kampuh V untuk sambungan tumpul.

b. **Mesin Potong Gas Radial (*Radial Cutting Machine*)**



Gambar 10. Mesin Potong Gas Radial

Kebanyakan mesin potong gas radial terpasang pada lantai bengkel. Mesin ini mempunyai lengan radial yang tergantung pada batang vertikal dan digerakkan oleh motor listrik yang dapat diatur kecepatannya. Umumnya, sebuah rol magnet digunakan untuk penuntun (*guide*) pada saat pengoperasian mesin mengelilingi mal (pola) yang dipasang.

Rol terpasang dibagian atas (ujung kepala pemotongan (*cutting head*) dan segaris lurus dengan mulut (*nozzle*) potong. Lengan radial direncanakan untuk mampu bergerak secara universal sepanjang lengannya.

Penggunaan mesin potong gas radial antara lain adalah:

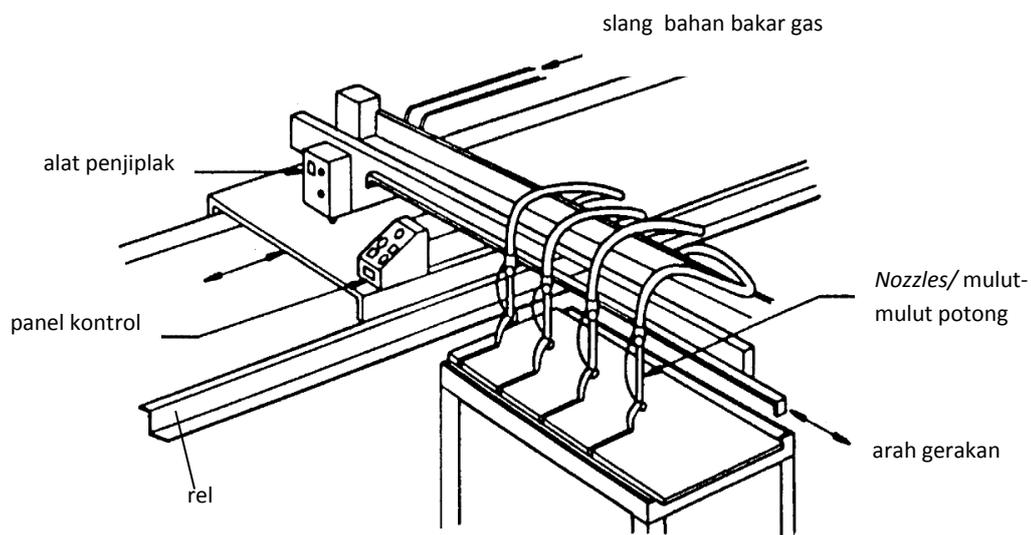
- Untuk pekerjaan yang berukuran (skala) kecil;
- Dapat memotong bentuk tidak tentu dan material yang tebal.

Keterbatasan (kelemahan) mesin potong jenis ini adalah :

- Ukuran profil terbatas sepanjang lengan mesin;

- Hanya dapat memotong permukaan rata (*flat*), tidak dapat memotong miring (*bevel*) atau pipa;
- Terbatas bentuk/ disain pola, tidak dapat memotong sudut tajam;
- Sulit dipindah-pindah.

c. Mesin Potong Gas Koordinat (*Cross Carriage*)



Gambar 11. Mesin Potong Gas Kordinat

Mesin potong gas koordinat dipakai secara luas, karena mesin ini ideal untuk produksi menengah dan partai besar serta untuk pengerjaan profil yang sulit (kompleks). Secara teknik mesin ini lebih maju (canggih) serta sangat akurat dalam bekerja.

Mesin potong gas koordinat mempunyai batang pembawa yang dipasang secara kuat/ kokoh dan bergerak sepanjang sel mesin. Kepala pemotong/ nozzle (cutting head) dipasang pada batang pembawa. Apapun bentuk yang diberikan akan dapat dijiplak/ ditiru dan dipotong dengan pergerakan dari batang pembawa.

Penggunaan mesin potong gas koordinat adalah :

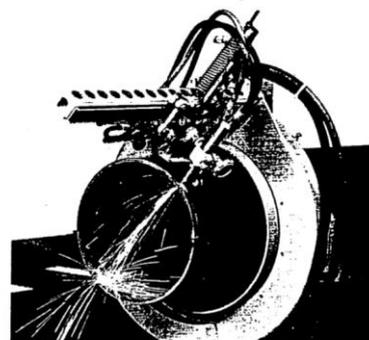
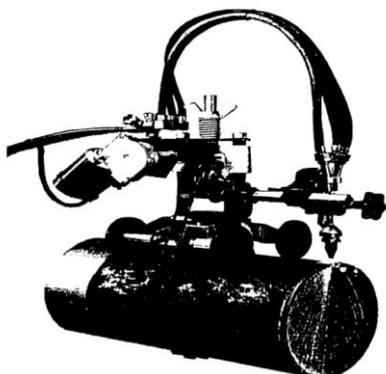
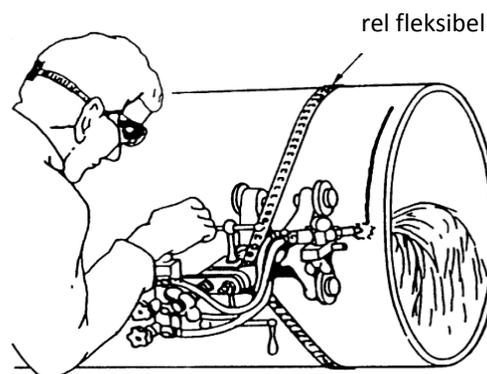
- Produk menengah dan besar dan dapat dipasang untuk pemotong ganda (multi fungsi);
- Untuk memotong bentuk yang kompleks (sulit) secara akurat;
- Untuk memotong “multi-profil” dan bentuk yang sama.

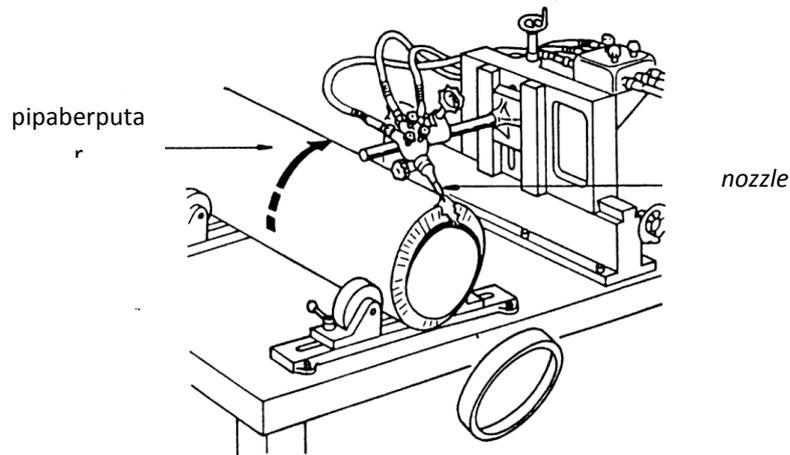
Keterbatasan (kelemahan) mesin potong gas koordinat adalah:

- Harga mesin mahal;
- Hanya dapat memotong permukaan rata (flat);
- Tidak dapat memotong pipa;
- Sulit dipindahkan-pindah.

d. Mesin Potong Pipa (*Pipe Cutting*)

Ada dua tipe mesin pemotong pipa, ada yang mudah dipindah/ dibawa (*portable*) untuk memotong pipa yang tetap (diam) atau mesin yang tetap, di mana biasanya mesin potong pipa *portable* digerakkan secara manual.





Gambar 12. Macam-macam Mesin Potong Pipa

Secara umum penggunaan jenis-jenis mesin potong gas untuk pipa antara lain:

- Membentuk kampuh V untuk persiapan pengelasan;
- Membuat celah pada pipa;
- Beberapa mesin dapat memotong untuk lubang cabang pipa.

Keterbatasannya (kelemahan) mesin-mesin potong pipa adalah:

- Hanya dapat digunakan untuk bentuk lingkaran/ pipa;
- Kebanyakan mesin tidak dapat memotong bentuk yang rumit;
- Kebanyakan mesin terbatas untuk ukuran pipa tertentu.

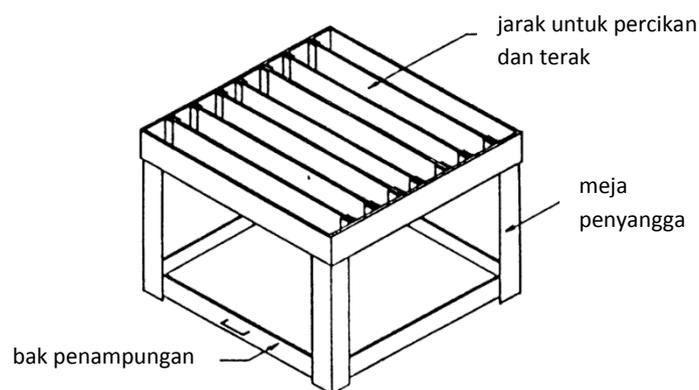
3. Penanganan Distorsi pada Pemotongan dengan Panas

Salah satu kendala pada pemotongan dengan panas adalah terjadinya perubahan bentuk benda kerja atau distorsi. Distorsi dapat terjadi karena tidak seimbang rambatan dan penyusutan yang terjadi selama pemanasan dalam proses pemotongan.

Sangat tidak mungkin untuk terhindar dari masalah ini secara bersamaan, tapi ada beberapa teknik penanganan untuk mengontrol distorsi.

a. Menggunakan Meja Penyangga

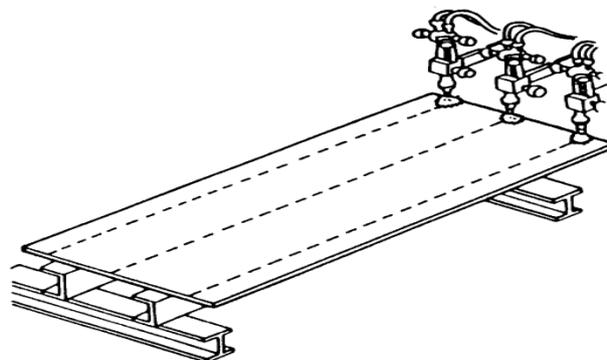
Penggunaan meja penyangga dalam mengontrol distorsi selama pemotongan adalah untuk menyangga keseluruhan benda kerja dengan meja yang dirancang khusus sehingga ada celah untuk percikan api dan terak.



Gambar 13. Meja Penyangga

b. Pemotongan Seimbang

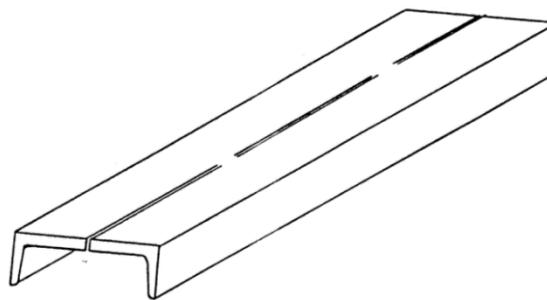
Teknik ini adalah untuk mengontrol distorsi yang tepat digunakan bila memotong benda kerja yang panjang dan kecil. Misalnya bila memotong plat strip dalam waktu yang bersamaan dengan menggunakan tiga pembakar potong yang dioperasikan secara otomatis.



Gambar 14. Contoh Pemotong Seimbang

c. Pemotongan Terputus-putus

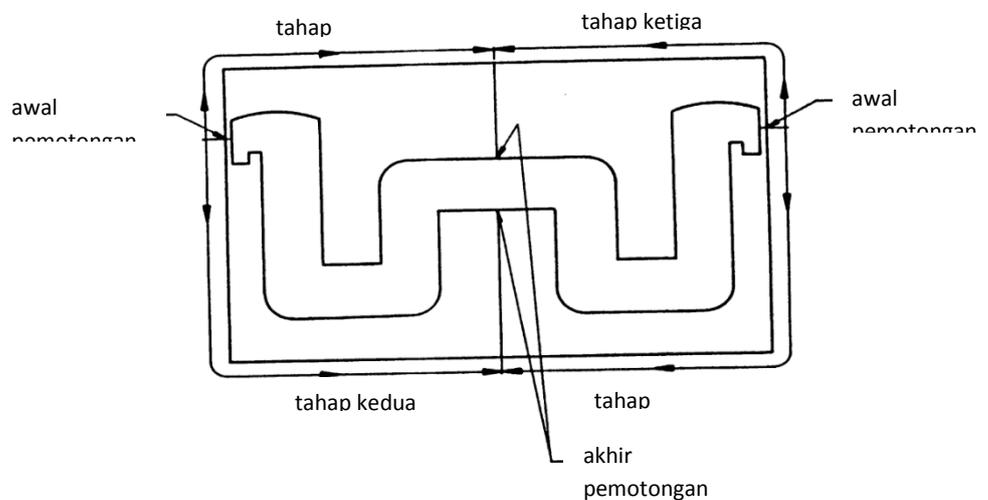
Bila memotong pelat yang kecil atau membelah baja profil, distorsi dapat dikontrol dengan memotong terputus garis potongnya dan meninggalkan bagian yang tidak terpotong antara 2 - 25 mm sebelum menyelesaikan pemotongan secara keseluruhan. Jadi bagian yang tidak terpotong akan mengikat selama proses pendinginan. Setelah keseluruhan panjang benda kerja terpotong, maka bagian yang tidak terpotong dipotong secara terpisah.



Gambar 15. Contoh Pemotongan Terputus-putus

d. Pemotongan Berangkai/ Bertahap

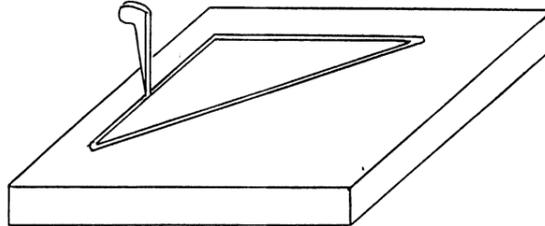
Pemotongan berangkai dibagi atas beberapa tahap pemotongan. Pada contoh diperlihatkan ada empat pemotongan terpisah. Suatu pemotongan kurang baik pada pemotongan tidak lurus adalah bila dilakukan secara ontinyu tanpa merencanakan langkah pemotongannya.



Gambar 16. Contoh Pemotongan Berangkai

e. Penggunaan Baji / Pasak

Penggunaan baji sering digunakan untuk menahan pergerakan bagian yang dipotong.



Gambar 17. Contoh Penggunaan Baji/Pasak

4. Teknik-teknik Pemotongan dengan Gas

a. Prosedur Pemotongan

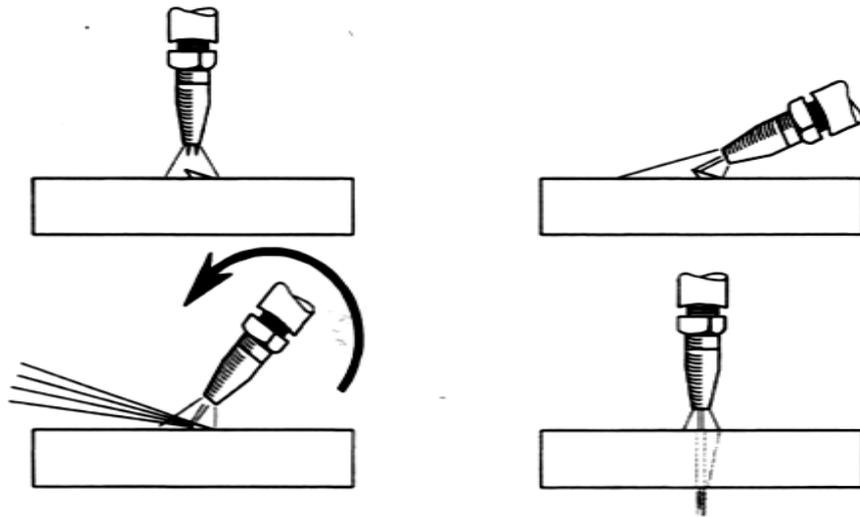
Penerapan teknik-teknik pemotongan dengan gas sangat tergantung pada jenis, bentuk, dan tebal bahan yang akan dipotong. Namun secara umum, pemotongan dapat dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.

- 1) Pemotongan secara manual sedapatnya dimulai pada tepi pelat, karena pada pemotongan dengan gas diperlukan sisi pelat yang terbuka atau panas (pencairan) yang cukup untuk memulai suatu pemotongan.
- 2) Bila pemotongan dilakukan jauh dari tepi atau ditengah pelat, maka pemanasan akan menjadi lama dan jika daerah pemotongan terlalu panas maka akan mempengaruhi kualitas akhir dari potongan. Untuk keadaan ini ada dua cara yang dapat dilakukan :
 - Memakai pahat untuk membuat torehan atau cekungan pada permukaan, sehingga tepi bekas pahatan yang akan memanaskan dan terbakar dengan lebih cepat daripada hanya mencoba memanaskan permukaan yang rata, sehingga dengan demikian dapat dilakukan pemotongan.

- Membuat lubang (bor) kecil sebagai permulaan pada pelat atau bagian dimana pemotongan akan dimulai.

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan agar diperoleh kualitas hasil pemotongan yang baik adalah sebagai berikut:

- a. Pastikan ukuran nozzle yang tepat untuk ketebalan bahan yang akan dipotong;
- b. Atur tekanan gas yang diperlukan (sesuai dengan tabel / tipe pemotong);
- c. Pastikan bahwa nozzle dalam keadaan bersih dan kondisi baik;
- d. Bentuk nyala api harus sesuai ketentuan, dimana saat nyala api (tanpa ada tekanan oksigen) seharusnya panjang nyala kira-kira 30 mm dan nyala untuk pemanasan awal adalah nyala netral;
- e. Ujung dari api pemanasan awal kira-kira 2 mm dari permukaan pelat yang dipotong. Bila memotong lurus, pastikan nozzle tegak lurus terhadap permukaan pelat pada semua arah. Saat memotong miring pastikan pancaran pemotongan pada sudut yang tepat;
- f. Kecepatan pemotongan yang dibutuhkan (dalam potongan lurus) bisa diukur dengan memperhatikan suara dari pancaran dan tampilan dari aliran terak. Pancaran seharusnya membuat suara desiran yang stabil dan aliran terak yang berkepanjangan;
- g. Jika akan menembus lubang (dengan torehan pahat) untuk memulai pemotongan pada permukaan (pada bidang pelat), maka prosedur berikut dapat dilakukan:
 - Panaskan bekas pahatan secara tegak lurus sampai temperatur kira-kira 400⁰ (warna merah) kemudian miringkan kearah garis potong;
 - Tekan oksigen potong sehingga terak potong terbuang dan tidak memantul kearah *nozzle*;
 - Pada saat pemotongan dimulai, pemotong digerakkan perlahan sampai *nozzle* berdiri tegak untuk dapat menembus lubang seluruhnya.



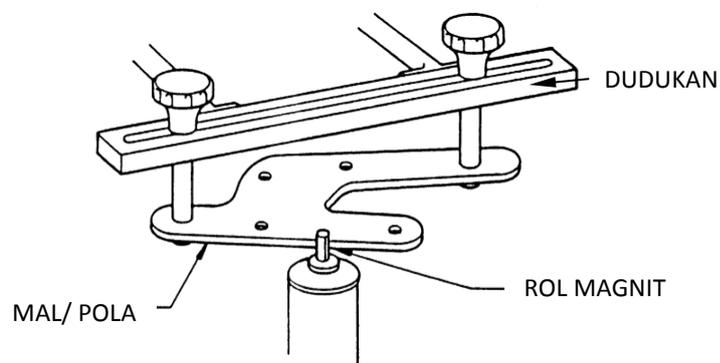
Gambar 18. Teknik Memotong pada Bagian Tengah Pelat

b. Penggunaan Teknik Jiplak

Ada tiga teknik jiplak (tiru) yang digunakan pada pemotongan dengan gas sebagai berikut adalah :

- Menggunakan magnet;
- “photo-electric”/ optik;
- Komputer.

1) Jiplak dengan Magnet



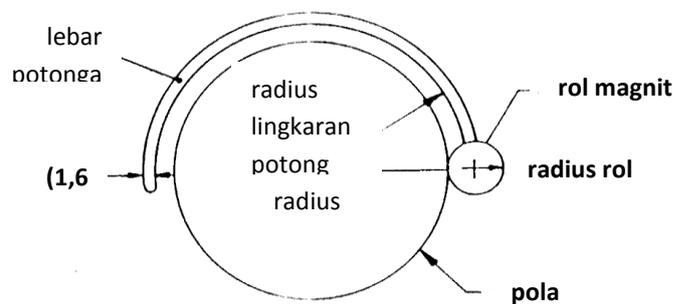
Gambar 19. Alat Jiplak pada Mesin Potong Gas

Proses ini dimulai dengan membuat pola (mal) sesuai bentuk yang akan dipotong; dipasangkan pada suatu alat pengikat pada mesin. Kemudian rol “elektro-magnet” akan kontak dengan pola tersebut dan mengikuti bentuk pola, baik bagian dalam maupun luar.

Pola dapat dibuat dengan cara-cara berikut :

- Buat pola dari pelat baja karena bersifat magnetik;
- Buat dari bahan pelat dengan ketebalan 3-6 mm; jangan terlalu tipis karena akan mudah bengkok atau rusak;
- Bila membuat suatu pola luar (eksternal), maka ukurannya diperkecil setengah dari diameter rol dan ditambah dengan setengah lebar potong.

Contoh cara menghitung pola luar/eksternal:

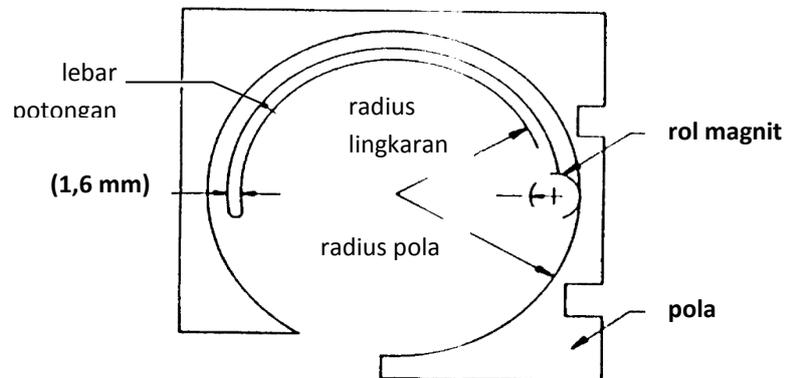


Perhitungan :

Radius lingkaran luar	=	100 mm
½ diameter rol	=	6,5 mm
½ lebar potongan	=	0,8 mm
Radius pola	=	100 – 6,5 mm (1/2 dia.rol)
	=	93,5 mm
	=	93,5 + 0,8 (1/2 lebar potongan)
Pola eksternal	=	<u>94,3 mm</u>

Bila membuat suatu pola bagian dalam (internal), maka ukurannya diperbesar setengah diameter rol dan dikurangi setengah lebar potongan.

Contoh:

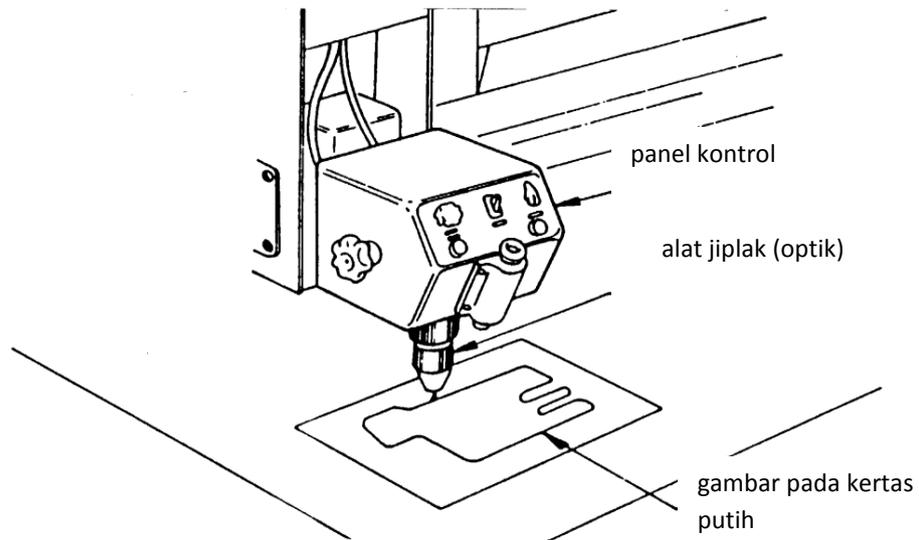


Perhitungan :

Radius lingkaran dalam	= 100 mm
$\frac{1}{2}$ diameter rol	= 6,5 mm
$\frac{1}{2}$ lebar potongan	= 0,8 mm
Radius pola	= 100 – 6,5 mm
	= 106,5 mm
	= 106,5 – 0,8mm
Pola internal	= <u>105,7 mm</u>

2) Jiplak dengan *photo-electric*

Pola "*photo-electric*" atau optik sangat sesuai untuk memotong bahan dalam jumlah besar (sangat banyak), karena beberapa kepala pemotong (*cutting head*) dapat dipasang pada koordinatnya (*cross carriage*).



Gambar 20. Teknik Jiplak dengan “photo-electric”

5. Kualitas Hasil Pemotongan dan Ketentuan Pengoperasian

a. Kualitas Hasil Pemotongan

Kualitas hasil pemotongan merupakan hal terpenting dalam proses pemotongan dengan gas. Adapun faktor-faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pemotongan antara lain adalah pengaturan nyala api potong, kecepatan potong, jarak dan kondisi *nozzle*, dan pemanasan awal.

Berikut ini beberapa bentuk hasil pemotongan yang dapat dijadikan acuan dasar dalam melakukan pemotongan secara manual maupun dengan mesin potong gas.

Tabel 1.1: Bentuk-bentuk Hasil Pemotongan dengan Gas ([Appendix 1](#))

b. Ketentuan Pengoperasian

Berikut ini ketentuan-ketentuan umum dalam melakukan pemotongan dengan gas, yakni berupa data penggunaan gas dan *nozzle* dan spesifikasi pengoperasian untuk pemotongan dengan oksidasi asetilin dan oksidasi-LPG.

Tabel 1.2 : Data Pengoperasian dan Pemakaian Oksi-Asetilin ([Appendix 2](#)) dan Tabel 1.3: Data pengoperasian dan pemakaian Oksi-LPG ([Appendix 3](#)).

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar : Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Pekerjaan pemotongan dengan panas (*thermal cutting*) memegang peranan penting dalam proses fabrikasi logam, terutama pada pekerjaan persiapan dan konstruksi suatu produk. Untuk itu seorang guru pembelajar perlu menguasai kompetensi pemotongan dengan panas, baik menggunakan gas oksasi-asetilen maupun LPG.

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran dan latihan atau mengerjakan latihan/tugas-tugas, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK- 1.0.

Jika Anda telah menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas, maka Anda bisa melanjutkan pembelajaran dengan melakukan Aktivitas Pembelajaran 1 berikut ini.

Aktivitas 1: Diskusi dan menggali informasi tentang peralatan pemotongan dengan panas (gas oksasi-asetilen dan LPG)

Bentuklah kelompok diskusi yang terdiri dari 4-5 orang berkelompok, kemudian masing-masing kelompok mendiskusikan dan menggali informasi tentang peralatan pemotongan dengan panas (gas oksasi asetilen dan LPG) dengan menguraikan/ menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK-1.1.

Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusinya dan kelompok lain memberi tanggapan, dan widyaiswara/fasilitator bersama peserta didik memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Jika memerlukan klarifikasi dan kejelasan tentang materi yang didiskusikan, mintalah widyaiswara/fasilitator untuk memberikan penjelasan tambahan agar semua materi dapat Anda kuasai.

Aktivitas 2: Observasi peralatan pemotongan dengan panas

Setelah Anda memahami proses dan peralatan pemotongan dengan panas, maka masing-masing kelompok melakukan observasi terhadap ketersediaan dan kondisi peralatan yang tersedia di bengkel/ tempat kegiatan praktik akan dilaksanakan. Gunakan LK- 1.2 untuk melakukan kegiatan observasi.

Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil observasinya dan kelompok lain memberi tanggapan, dan widyaiswara/fasilitator bersama peserta didik memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Aktivitas 3: Diskusi dan menggali informasi tentang distorsi dan teknik-teknik pemotongan dengan gas

Bentuklah kelompok diskusi yang terdiri dari 4-5 orang perkelompok, kemudian masing-masing kelompok mendiskusikan dan menggali informasi tentang distorsi dan teknik-teknik pemotongan dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK-1.3. Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusinya dan kelompok lain memberi tanggapan, dan widyaiswara/fasilitator bersama peserta memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Jika memerlukan klarifikasi dan kejelasan tentang materi yang didiskusikan, mintalah widyaiswara/fasilitator untuk memberikan penjelasan tambahan agar semua materi dapat Anda kuasai.

Aktivitas 4: Menilai kualitas hasil pemotongan

Setelah Anda memahami tentang teknik-teknik pemotongan, maka masing-masing kelompok melakukan penilaian terhadap hasil pemotongan dengan mengacu pada bentuk-bentuk hasil pemotongan dengan gas menggunakan Tabel 1.1 ([Appendix 1](#)) Gunakan LK- 1.4 untuk melakukan kegiatan penilaian hasil pemotongan, dan diskusikan dalam kelompok hasil penilaian kelompok Anda.

Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil penilaiannya dan kelompok lain memberi tanggapan/ masukan, dan widyaiswara/fasilitator memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Lembar Kerja KB 1: Pemotongan dengan Panas (*Thermal Cutting*)

LK 1.0 Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

1. Perlengkapan apa saja yang harus Anda siapkan sebelum mempelajari materi pembelajaran ini ?
.....
.....
2. Apa saja pokok-pokok materi yang harus Anda capai dalam mempelajari materi pembelajaran ini ?
.....
.....
3. Siapa ketua kelompok dalam kegiatan diskusi pada kegiatan pembelajaran ini ?
.....
.....

LK 1.1 Peralatan pemotongan dengan panas

Uraikan secara singkat (poin-poin pokok) dari materi berikut (*tuliskan pada kertas yang disediakan*)

1. Fungsi nyala potong panas
2. Peralatan pemotongan dengan panas
3. Keselamatan kerja untuk silinder oksigen, asetilen dan LPG
4. Jenis pembakar potong dan *nozzle*
5. Perbedaan masing-masing mesin potong gas, dilihat dari fungsi dan cara kerjanya.

LK 1.2 Observasi Peralatan

Kelompok :

Anggota Kelompok :

1.
2.
3.
4.
5.

Waktu Observasi : Tanggal; Pukul:

Petunjuk : Isilah tabel berikut sesuai kondisi sebenarnya !

No	Nama Peralatan	Jumlah	Kondisi	Foto (Jika ada)
1.				
2.				
n.				

Anda dapat mengembangkan rincian tabel dan detail observasi sesuai kesepakatan grup.

Keterangan:

1. **Nama Peralatan:** disesuaikan dengan referensi pada Uraian Materi dan hasil diskusi.
2. **Jumlah** : semua peralatan yang sejenis
3. **Kondisi** : kelayakan pakai (dapat dioperasikan, rusak, dalam perbaikan, dll.)
4. **Foto:** sebaiknya dilengkapi dengan foto peralatan tersebut untuk membandingkan dengan referensi yang Anda miliki.

LK 1.3 Distorsi dan teknik-teknik pemotongan dengan gas

Uraikan secara singkat (poin-poin pokok) dari materi berikut (tuliskan pada kertas yang disediakan)

1. Teknik penanganan untuk mengontrol distorsi pada proses pemotongan dengan panas.

2. Penerapan teknik jiplak (tiru) yang digunakan pada pemotongan, termasuk contoh cara menghitung pola luar/ eksternal dan internal.

LK 1.4 Penilaian hasil pemotongan

Petunjuk:

1. Siapkan/ pilihlah beberapa benda kerja (minimal 3 benda kerja) hasil pemotongan dengan panas (sesuai arahan pelatih/ Widyaiswara).
2. Lakukan penilaian dengan mengisi tabel berikut.

No	Jenis bahan	Tebal Bahan	Proses Pemotongan	Penilaian
1.				
2.				
n.				

Anda dapat mengembangkan rincian tabel dan detail observasi sesuai kesepakatan grup.

Keterangan:

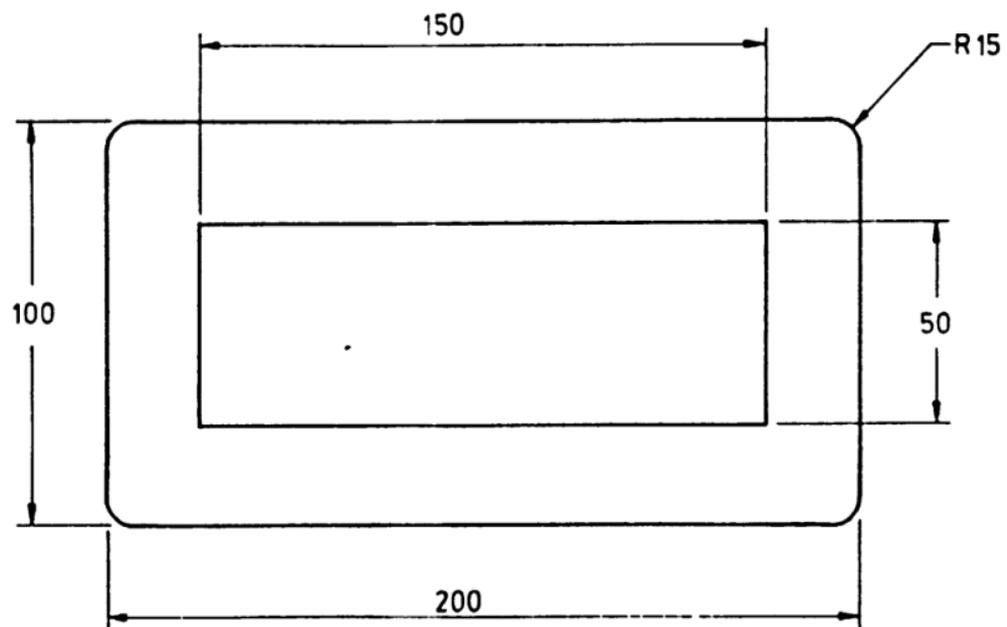
1. **Jenis Bahan:** pelat, profil/ kanal, dll.
2. **Tebal Bahan :** mm
3. **Proses Pemotongan:** menggunakan gas oksi-asetilen atau LPG
4. **Penilaian :** bandingkan dengan bentuk-bentuk hasil pemotongan dengan gas (Tabel 1.1)

E. Latihan

Latihan 1: Perhitungan dan pembuatan pola

Kerjakan soal-soal berikut ini :

1. Hitunglah ukuran (diameter) pola eksternal, menggunakan jiplak magnet untuk pemotongan pelat $\varnothing 217$ mm, jika diketahui :
 - diameter rol = 13 mm
 - lebar potongan (*kerf*) = 1,2 mm
 - buatlah (lukislah) gambar mal/ pola pada kertas A4.
2. Buatlah gambar pola untuk pemotongan menggunakan jiplak magnet sesuai dengan gambar berikut !



Latihan 2: Pemotongan Lurus Secara Manual

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih memotong lurus dengan alat potong gas/ nyala api, guru pembelajar diharapkan akan mampu :

1. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja;
2. Mengatur tekanan kerja untuk pemotongan;
3. Memasang pembakar potong;
4. Mengatur nyala api potong;

5. Memotong lurus tanpa menggunakan alat bantu potong;
6. Memeriksa hasil pemotongan.

ALAT DAN BAHAN

1. Alat :

- Seperangkat alat potong oksi asetilin;
- Alat keselamatan kerja;
- Lembaran kerja/gambar kerja.

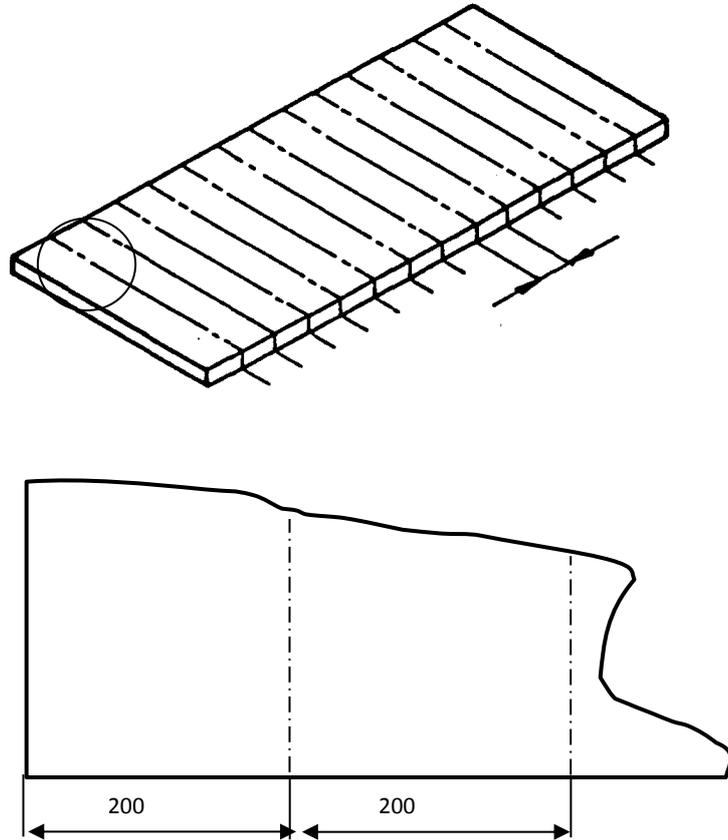
2. Bahan :

- Pelat baja lunak ukuran tebal 8-12 mm

KESELAMATAN KERJA

1. Periksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai penyalaan.
2. Gunakan ukuran *nozzle* sesuai tebal bahan (lihat tabel);
3. Perhatikan peletakan dan posisi pembakar (*cutting torch*) terhadap lingkungan kerja dan benda kerja;
4. Biasakan bekerja dengan bersih dan rapi, tempat kerja yang berantakan akan berpotensi menimbulkan kecelakaan;
5. Jauhkan nyala api, bunga api, dan logam panas dari silinder gas, karena oksigen dan asetilin berpotensi menimbulkan bahaya;
6. Bertanyalah pada Instruktur/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan;
7. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

GAMBAR KERJA



LANGKAH KERJA

1. Siapkan peralatan potong dengan memperhatikan sambungan-sambungan slang pemotongan dan pemasangan regulator serta tekanan kerja yang sesuai dengan pekerjaan.
2. Tempatkan bahan diatas dudukan yang memungkinkan cairan pemotongan dapat bebas terbuang ke bawah.
3. Buat garis potong dengan jarak 200 mm sepanjang bahan yang akan dipotong.
4. Nyalakan pembakar pemotongan dan atur nyala netral kemudian arahkan api pada sisi bahan yang akan dipotong (pada garis potong) untuk melakukan pemanasan awal.
5. Buka katup oksigen potong ketika bahan mulai mencair.

6. Gerakkan pembakar potong sepanjang garis potong serta jaga kecepatan potong tetap stabil.
7. Periksa hasil pemotongan dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan.
8. Lakukan pemotong ulang sesuai petunjuk Instruktur/ pembimbing, jika belum mencapai kriteria.
9. Dinginkan dan bersihkan bahan sebelum diserahkan pada Instruktur/ pembimbing.

KRITERIA PENILAIAN

Aspek yang Diukur	Kriteria Penilaian	K	BK
Ukuran	Penyimpangan $\pm 2\text{mm}$		
Kelurusan pemotongan	Penyimpangan maks. 20%.		
Hasil potongan	Minimum 50% x panjang pemotongan halus dan tajam		
Cacat pemotongan	Tidak ada bagian yang tak putus		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

K = Kompeten

BK = Belum Kompeten

Latihan 3: Pemotongan Miring Menggunakan Alat Bantu

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih memotong miring dengan alat potong gas/ nyala api, guru pembelajar diharapkan akan mampu :

- Menyiapkan dan menggunakan peralatan potong gas secara benar dan sesuai dengan SOP;
- Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja;
- Memotong miring (membuat bevel) menggunakan alat bantu potong;
- Memeriksa hasil pemotongan.

ALAT DAN BAHAN

1. Alat :

- Seperangkat alat potong oksi asetilin.
- Alat keselamatan kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

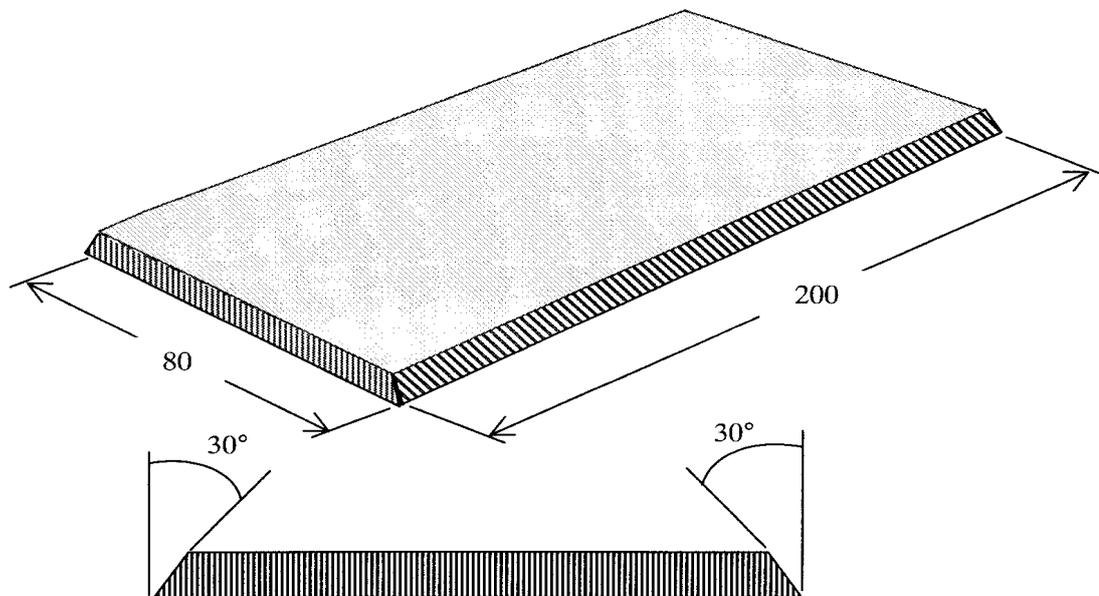
2. Bahan :

- Pelat baja lunak ukuran tebal 10 – 12 mm (dari hasil pemotongan Latihan-1)

KESELAMATAN KERJA

1. Periksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai penyalaan;
2. Gunakan ukuran *nozzle* sesuai tebal bahan (lihat tabel);
3. Perhatikan peletakan dan posisi pembakar (*cutting torch*) terhadap lingkungan kerja dan benda kerja;
4. Biasakan bekerja dengan bersih dan rapi, tempat kerja yang berantakan akan berpotensi menimbulkan kecelakaan;
5. Jauhkan nyala api, bunga api, dan logam panas dari silinder gas, karena oksigen dan asetilin berpotensi menimbulkan bahaya;
6. Bertanyalah pada Instruktur/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan;
7. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

GAMBAR KERJA



LANGKAH KERJA

1. Siapkan peralatan potong yang dilengkapi dengan alat bantu (*attachment*) dan atur sudut 60° terhadap permukaan benda kerja, yaitu untuk membentuk sudut bevel 30° ;
2. Tempatkan bahan diatas dudukan yang memungkinkan cairan pemotongan dapat bebas terbuang ke bawah;
3. Buat garis potong dengan jarak 80 mm pada bahan yang akan dipotong;
4. Gerakkan pembakar potong sepanjang garis potong serta jaga kecepatan potong dan sudut potong tetap stabil;
5. Periksa hasil pemotongan dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan;
6. Lakukan pemotong ulang sesuai petunjuk Instruktur/ pembimbing, jika belum mencapai kriteria;
7. Dinginkan dan bersihkan bahan sebelum diserahkan pada Instruktur/ pembimbing.

KRITERIA PENILAIAN

Aspek yang Diukur	Kriteria Penilaian	K	BK
Ukuran benda kerja	Penyimpangan $\pm 2\text{mm}$		
Sudut bevel	Penyimpangan $+ 5^\circ, - 0^\circ$		
Kelurusan pemotongan	Penyimpangan maks. 20%.		
Hasil potongan	Minimum 50% x panjang pemotongan halus dan tajam		
Cacat pemotongan	Tidak ada bagian yang tak putus		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

Latihan 4: Desain Pola Untuk Jiplak Magnit - 1

TUJUAN

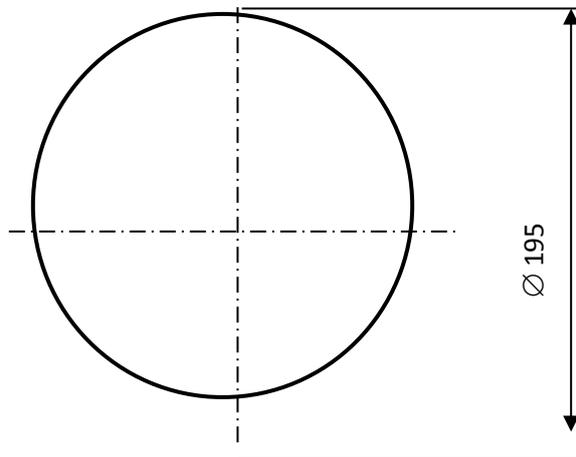
Setelah mempelajari dan berlatih tugas ini, guru pembelajar diharapkan mampu menghitung dan mendisain gambar pola/ mal eksternal untuk pemotongan menggunakan mesin potong gas radial / jiplak (rol) magnit dengan kriteria :

1. sesuai gambar kerja;
2. penyimpangan gambar maksimum 1mm.

ALAT DAN BAHAN

1. Kertas gambar ukuran A4
2. Alat lukis/ gambar

GAMBAR KERJA



TUGAS

1. Hitunglah ukuran (diameter) pola untuk pemotongan eksternal pelat $\varnothing 195$ mm (sesuai gambar), jika :
 - diameter rol = 13 mm
 - lebar potongan (*kerf*) = 1,2 mm
2. Buatlah (lukislah) gambar mal/ pola pada kertas A4.

Latihan 5: Membuat Pola Untuk Jiplak Magnit-2

TUJUAN

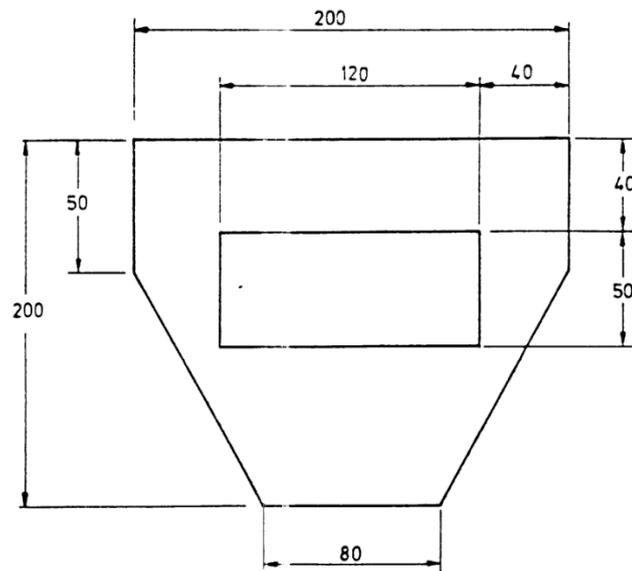
Setelah mempelajari dan berlatih tugas ini, guru pembelajar diharapkan mampu menghitung dan mendisain gambar pola/ mal internal dan eksternal untuk pemotongan menggunakan mesin potong gas radial / jiplak (rol) magnit dengan kriteria :

1. sesuai gambar kerja;
2. penyimpangan gambar maksimum 1mm.

ALAT DAN BAHAN

1. Kertas gambar ukuran A4
2. Alat lukis/ gambar

GAMBAR KERJA



TUGAS

Buatlah gambar mal/ pola untuk pemotongan pelat sesuai dengan gambar di atas pada kertas A4, jika :

1. diameter rol = 10 mm
2. lebar potongan (*kerf*) = 1,2 mm

Latihan 6: Pemotongan Dengan Mesin Potong Gas Lurus

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih tugas ini, guru pembelajar diharapkan mampu memotong bahan dengan menggunakan mesin potong gas lurus (*straight line cutting tractor*) dengan kriteria :

1. penyimpangan ukuran maks. 2mm;
2. hasil potongan halus, rata dan tajam;
3. bebas terak dan percikan terak.

ALAT DAN BAHAN

1. Alat :

- Seperangkat mesin potong gas lurus (oksi-asetilin);
- Alat keselamatan kerja;
- Lembaran kerja/gambar kerja.

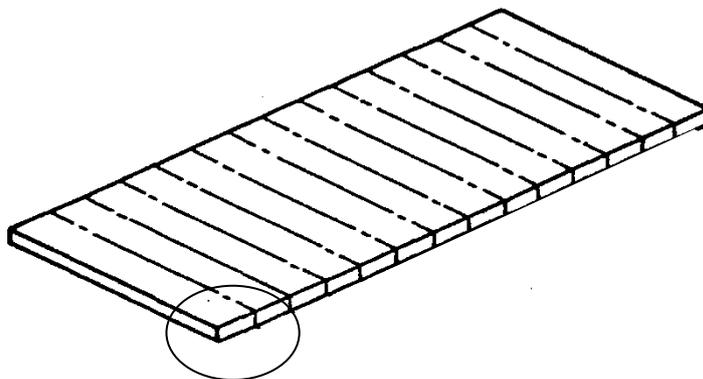
2. Bahan :

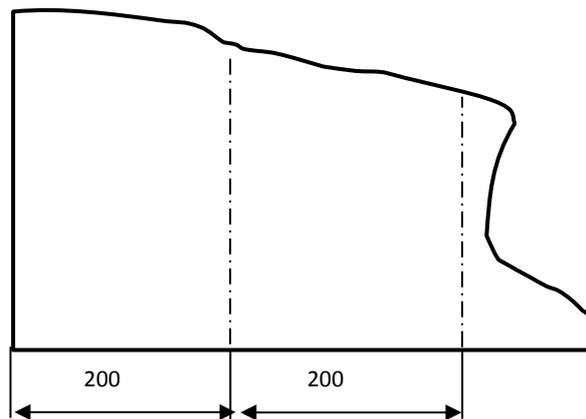
- Pelat baja lunak ukuran tebal 10 – 15 mm.

KESELAMATAN KERJA

1. Periksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai penyalaan;
2. Gunakan ukuran *nozzle* sesuai tebal bahan (lihat tabel);
3. Perhatikan peletakan dan posisi mesin potong terhadap lingkungan kerja dan benda kerja;
4. Biasakan bekerja dengan bersih dan rapi, tempat kerja yang berantakan akan berpotensi menimbulkan kecelakaan;
5. Jauhkan nyala api, bunga api, dan logam panas dari silinder gas, karena oksigen dan asetilin berpotensi menimbulkan bahaya;
6. Bertanyalah pada Instruktur/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan;
7. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

GAMBAR KERJA





LANGKAH KERJA

1. Siapkan mesin potong dengan memperhatikan sambungan-sambungan slang las dan pemasangan regulator serta tekanan kerja yang sesuai dengan pekerjaan;
2. Tempatkan bahan diatas dudukan yang memungkinkan cairan pemotongan dapat bebas terbuang ke bawah;
3. Buat garis potong dengan jarak 200 mm sepanjang bahan yang akan dipotong atau beri tanda kedua ujung pelat;
4. Tempatkan rel mesin di atas meja/ pelat yang dipotong dan atur posisi pembakar tegak lurus pada garis potong;
5. Stel kecepatan potong mesin dengan berpatokan pada tabel kecepatan potong;
6. Nyalakan pembakar las dan atur nyala netral kemudian lakukan pemanasan awal;
7. Buka katup oksigen potong ketika bahan mulai mencair bersamaan dengan hidupnya motor penggerak mesin potong; Periksa hasil pemotongan dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan;
8. Lakukan pemotong ulang sesuai petunjuk Instruktur/ pembimbing, jika belum mencapai kriteria;
9. Dinginkan dan bersihkan bahan sebelum diserahkan pada Instruktur/ pembimbing.

KRITERIA PENILAIAN

Aspek yang Diukur	Kriteria Penilaian	K	BK
Ukuran	Penyimpangan $\pm 2\text{mm}$		
Hasil potongan	Pemotongan halus , rata dan tajam		
Cacat pemotongan	Tidak ada bagian yang tak putus		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

Latihan 7: Pemotongan Dengan Mesin Potong Gas Radial

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih tugas ini, guru pembelajar diharapkan mampu mendisain pola dan mengoperasikan serta memotong bahan menggunakan mesin potong gas radial (*radial cutting*) dengan kriteria :

1. penyimpangan ukuran maks. 1mm;
2. hasil potongan halus, rata dan tajam;
3. bebas terak dan percikan terak.

ALAT DAN BAHAN

1. Alat :

- Seperangkat mesin potong gas radial (oksi-asetilin)
- Alat keselamatan kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan :

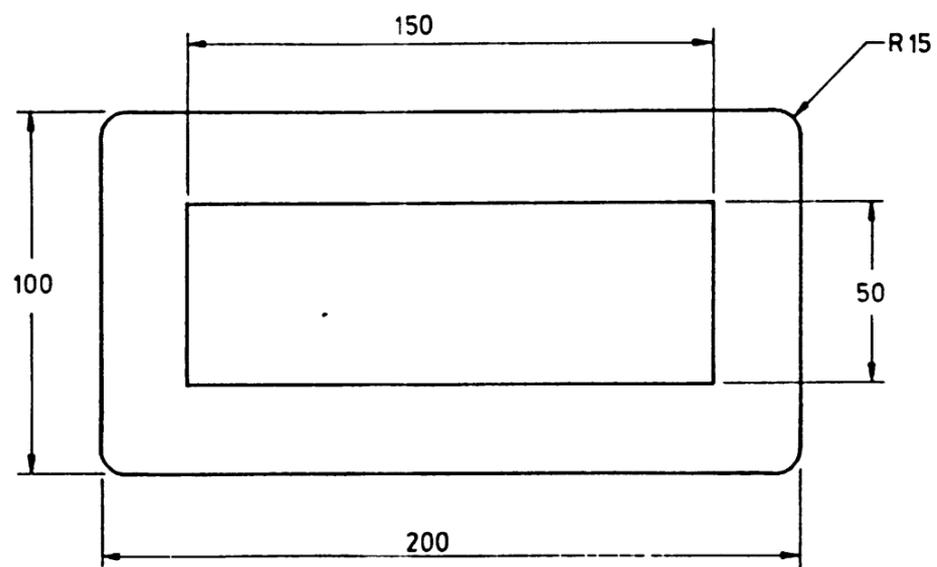
- Pelat baja lunak ukuran tebal 10 – 15 mm

KESELAMATAN KERJA

1. Periksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai penyalaan;
2. Gunakan ukuran *nozzle* sesuai tebal bahan (lihat tabel);
3. Perhatikan peletakan dan posisi mesin potong terhadap lingkungan kerja dan benda kerja;

4. Biasakan bekerja dengan bersih dan rapi, tempat kerja yang berantakan akan berpotensi menimbulkan kecelakaan;
5. Jauhkan nyala api, bunga api, dan logam panas dari silinder gas, karena oksigen dan asetilin berpotensi menimbulkan bahaya;
6. Bertanyalah pada Instruktur/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan;
7. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

GAMBAR KERJA



LANGKAH KERJA

1. Buat pola eksternal dan internal dengan menggunakan pelat baja tebal $\pm 5\text{mm}$ berdasarkan gambar kerja;
2. Siapkan mesin potong dengan memperhatikan sambungan-sambungan slang las dan pemasangan regulator serta tekanan kerja yang sesuai dengan pekerjaan;
3. Pasang pola untuk pemotongan internal pada dudukan pola pada mesin potong gas radial dan yakinkan bahwa pola terpasang secara benar dan cukup kuat;
4. Siapkan bahan yang akan dipotong dengan membuat lubang (dibor) sebagai awal pemotongan internal;

5. Tempatkan bahan diatas dudukan mesin potong radial dan perhatikan peletakan bahan sehingga memungkinkan cairan pemotongan dapat bebas terbuang ke bawah.;
6. Atur posisi awal pemotongan dan arahkan *nozzle* pada titik tersebut;
7. Stel kecepatan potong mesin dengan berpatokan pada tabel kecepatan potong;
8. Nyalakan pembakar las dan atur nyala netral kemudian lakukan pemanasan awal;
9. Buka katup oksigen potong ketika bahan mulai mencair bersamaan dengan hidupnya motor (rol magnet) penggerak mesin potong;
10. Periksa hasil pemotongan dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan;
11. Setelah pemotongan internal dilakukan, maka gantilah pola untuk pemotongan eksternal;
12. Lakukan pemotongan eksternal dengan langkah kerja yang sama dengan pemotongan internal;
13. Jika hasil pemotongan belum mencapai kriteria yang ditetapkan, lakukan pemotong ulang sesuai petunjuk Instruktur/ pembimbing;
14. Dinginkan dan bersihkan bahan sebelum diserahkan pada Instruktur/ pembimbing.

KRITERIA PENILAIAN

Aspek yang Diukur	Kriteria Penilaian	K	BK
Ukuran	Penyimpangan ± 1 mm		
Hasil potong	Pemotongan halus , rata dan tajam		
Cacat pemotongan	Tidak ada bagian yang tak putus		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

F. Rangkuman

Peralatan pemotongan dengan panas secara umum terdiri dari silinder, regulator, slang gas, dan beberapa tipe pembakar. Proses pemotongan dengan panas dapat digunakan dengan gas oksi-asetillen dan gas LPG.

Kecelakaan kerja tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi, untuk itu harus memperhatikan kondisi kesehatan sebelum melakukan pekerjaan. Sama halnya

dengan proses pengelasan dengan oksasi-asetilin, maka kita juga harus peduli terhadap rambu-rambu keselamatan dan memperhatikan penggunaan APD untuk melindungi diri dari resiko mengganggu kesehatan dan kecelakaan, terutama resiko akibat kebocoran gas yang dapat berakibat pada kebakaran.

Untuk melakukan proses pemotongan ada dua pilihan jenis pembakar potong yang biasa dipergunakan: *multi-purpose blowpipe* dan *blowpipe attachment* dengan pilihan *nozzle* standar dan kecepatan tinggi.

Penggunaan mesin-mesin pemotong gas dapat disesuaikan dengan jenis dan kebutuhan pekerjaan. Adapun jenis-jenisnya adalah: mesin potong lurus (*straight line tractor/ cutting machine*), mesin Potong Gas Radial (*Radial Cutting Machine*), mesin Potong Gas Koordinat (*Cross Carriage*), dan mesin Potong Pipa (*Pipe Cutting*).

Salah satu kendala pada pemotongan dengan panas adalah terjadinya perubahan bentuk benda kerja atau distorsi. Sangat tidak mungkin untuk terhindar dari masalah ini secara bersamaan, tapi ada beberapa teknik penanganan untuk mengontrol distorsi, yaitu: menggunakan meja penyangga, pemotongan seimbang, pemotongan terputus-putus, pemotongan berangkai/ bertahap, penggunaan baji / pasak.

Penerapan teknik-teknik pemotongan dengan gas sangat tergantung pada jenis, bentuk, dan tebal bahan yang akan dipotong. Adapun untuk melakukan pemotongan secara cepat dan efisien, dapat dilakukan dengan teknik jiplak yaitu antara lain menggunakan magnet; dan photo-electric"/ optik. Untuk itu, perlu dipahami cara membuat pola jiplak dan cara menghitungnya, baik pola luar/ eksternal maupun internal.

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam pemotongan perlu diperhatikan kualitas pemotongan dengan merujuk pada tabel hasil pemotongan yang dapat dijadikan acuan dasar dalam melakukan pemotongan secara manual maupun dengan mesin potong gas. (lihat Tabel 1.1).

G. Umpan Balik dan Tidak Lanjut

Setelah Anda melakukan semua Kegiatan Pempelaran 1, berilah umpan balik terhadap hal-hal yang telah dipelajari/ temukan selama pembelajaran dan rencana pengembangan (tindak lanjut) terhadap pembelajaran berikutnya.

1. Aspek Pengetahuan

No	Materi yang Dipelajari	K	BK	Tindak Lanjut
1.	Proses pemotongan dengan gas			
2.	Peralatan pemotongan dengan gas			
3.	Penanganan distorsi pada pemotongan dengan panas			
4.	Teknik-teknik pemotongan dengan panas			
5.	Kualitas hasil pemotongan dan ketentuan pengoperasian			
6.	Desain Pola Untuk Jiplak Magnit -1 (Latihan 3)			
7.	Membuat Pola Untuk Jiplak Magnit-2 (Latihan 4)			

2. Aspek Keterampilan

No	Materi yang Dipelajari	K	BK	Tindak Lanjut
1.	Pemotongan lurus secara manual			
2.	Pemotongan miring menggunakan alat bantu			
3.	Pemotongan dengan mesin potong gas lurus			
4.	Pemotongan dengan mesin potong gas radial			

Keterangan:

1. **K** = beri tanda ceklis (√) jika Anda cukup bukti kompeten.
2. **BK** = beri tanda ceklis (√) jika Anda belum kompeten
3. **Tindak Lanjut** = Jika Anda belum kompeten, uraikan rencana pengembangan (tindak lanjut) agar Anda dapat menguasai materi tersebut



KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

PENGALURAN DENGAN GAS

A. Tujuan Pembelajaran

Disediakan bahan ajar (modul), peralatan praktik, dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja, maka setelah mempelajari kegiatan belajar ini, guru pembelajar diharapkan mampu

1. Menguraikan proses pengaluran gas oksi-asetilien menggunakan peralatan pengalur (*flame gouging*)
2. Menguraikan perlengkapan pengaluran gas oksi-asetilien.
3. Menguraikan prosedur dan teknik pengaluran gas oksi-asetilien.
4. Melakukan pengaluran gas oksi-asetilien sesuai SOP.

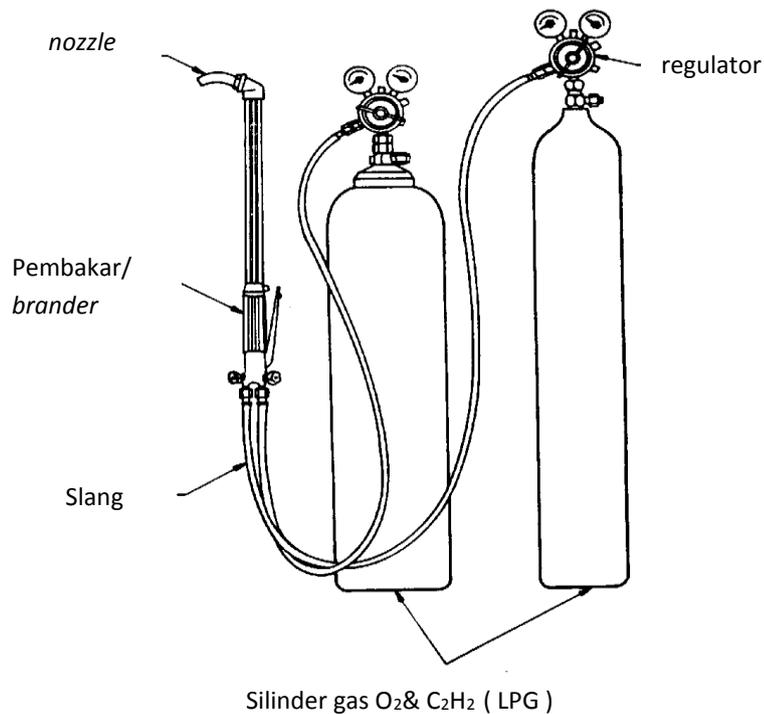
B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)

20.29.3. Melakukan pemotongan, pengaluran, dan pembentukan dengan panas secara manual dan dengan mesin-mesin potong otomatis

C. Uraian Materi

1. Proses Pengaluran

Proses pengaluran menggunakan peralatan oksi-gas atau dengan nyala api (*flame gouging*) merupakan proses yang hampir sama dengan proses pemotongan dengan oksi- bahan bakar gas. Perbedaannya hanya terletak pada bentuk nozzle yang didisain secara khusus melakukan pengaluran (*gouging*).

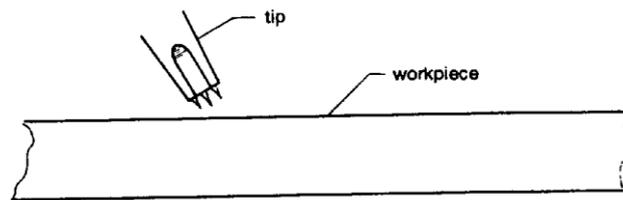


Gambar 21. Peralatan Utama Pengaluran dengan Gas

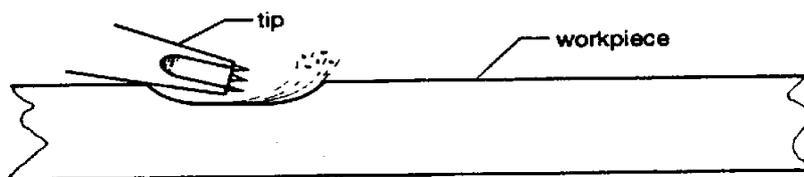
Proses pengaluran dirancang untuk membuat alur pada permukaan logam. Mulut oksigen potong yang agak lebih besar menyediakan oksigen potong untuk daerah yang luas. Penyaluran dengan nyala api membutuhkan volume oksigen yang lebih banyak pada kecepatan rendah dan kemudian proses pengaluran dengan nyala netral. Proses ini menghasilkan suatu alur yang dangkal pada permukaan logam.

Adapun prosedur/ langkah-langkah pengaluran adalah sebagai berikut.

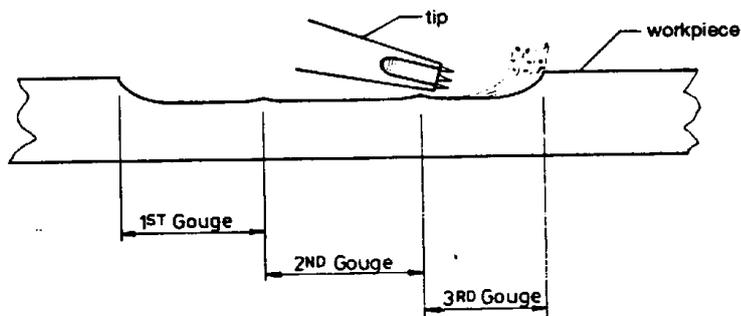
Langkah 1 : Pemanasan awal permukaan pelat



Langkah 2 : Awal Pengaluran



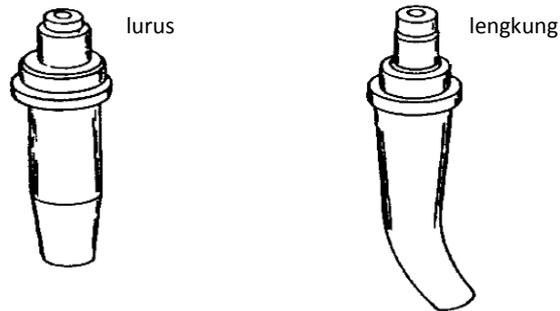
Langkah 3 : Mendorong secara kontinyu



2. Nozzle Pengalur

Nozzle mempunyai tip yang lengkung dan lurus. Seperti *nozzle* potong, tip pengalur dicap (stempel) dengan huruf dan nomor seri untuk membedakan tipe dan ukurannya. *Nozzle* untuk pengaluran lurus di stempel GS, Tip yang lengkung di stempel GB.

Diameter oksigen pengaluran (dalam mm) biasanya juga dituliskan/ tertera pada *nozzle* (dalam bentuk angka).



Gambar 22. Nozzle Pengalur

3. Tekanan Gas

Pada pekerjaan pengaluran dibutuhkan panas dan konsumsi oksigen yang lebih besar, karena disamping untuk memotong juga diperlukan untuk mendorong bahan yang dibuang yang relatif lebih banyak bila dibandingkan dengan proses pemotongan. Dengan demikian konsumsi bahan bakar gas (asetilin) dan oksigen dibutuhkan lebih banyak.

Berikut ini adalah pengaturan tekanan kerja masing-masing untuk gas asetilin dan oksigen :

Ukuran Tip	Asetilin (kPa)	Oksigen (kPa)
32 GB	100	500
48 GB	100	600
65 Gb	100	600

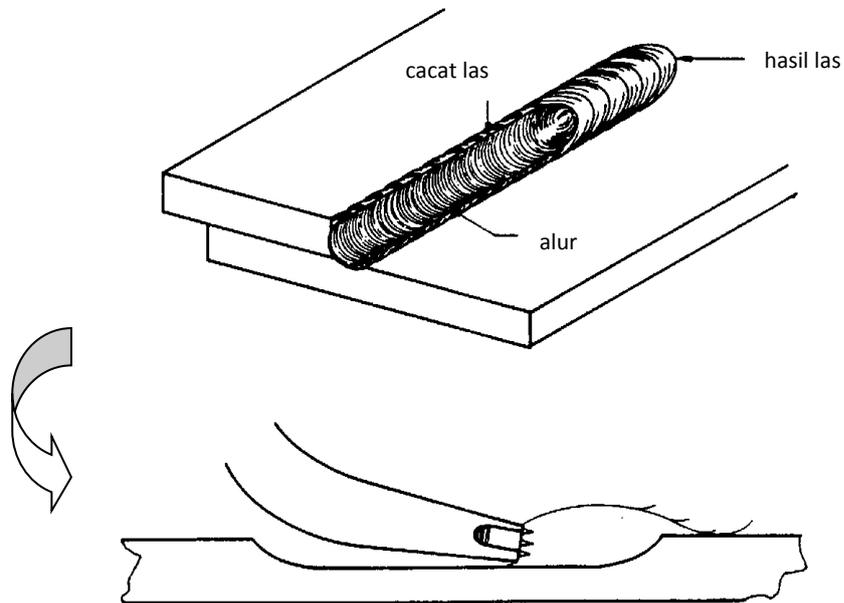
4. Teknik Pengaluran

Secara umum ada tiga teknik pengaluran, yaitu:

- Pengaluran setempat (*spot*);
- Pengaluran memanjang;
- Pengaluran dalam (*deep*).

a. Pengaluran Setempat

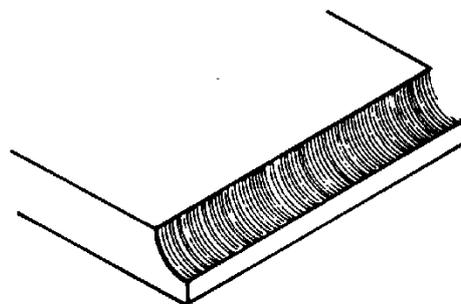
Digunakan untuk membuang bagian yang salah pada proses pengelasan dan retak pada bagian yang kecil atau pendek.



Gambar 23. Contoh Pengaluran

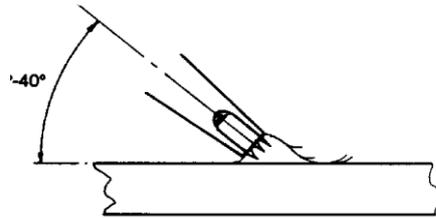
b. Pengaluran Memanjang

Pengaluran memanjang adalah membuat suatu alur kontinyu sepanjang permukaan bahan. Digunakan untuk mengalur bagian belakang dari hasil sambungan las sebelum pengisian jalur las dan untuk persiapan pengelasan.

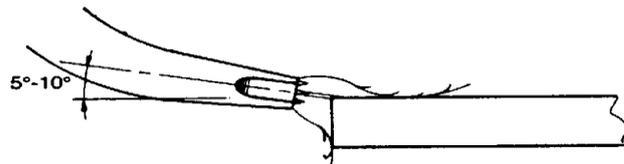


Tahapan:

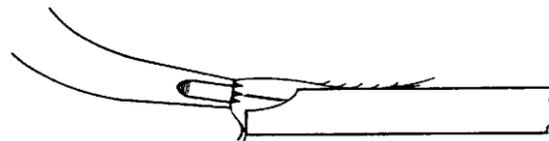
1.



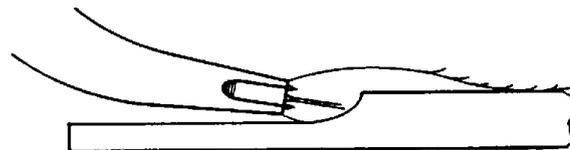
2.



3.

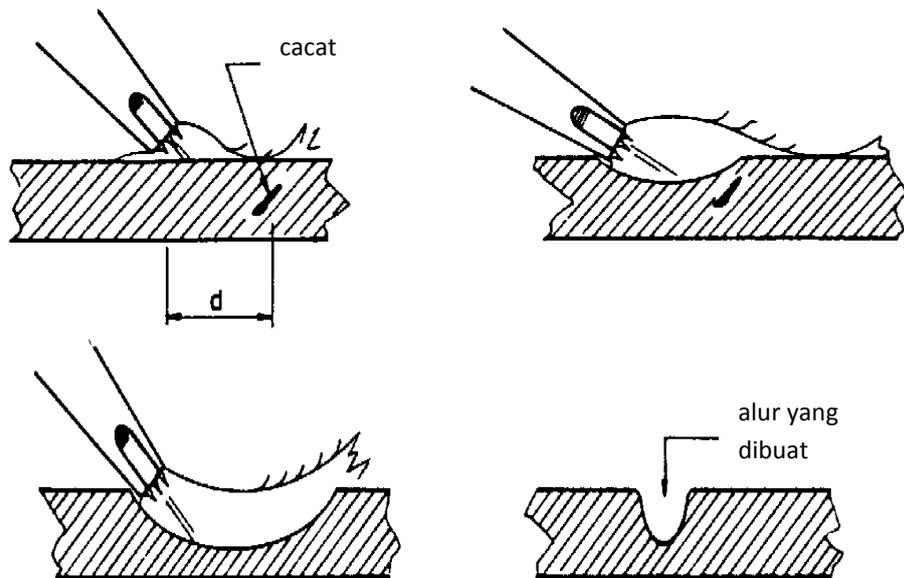


4.



c. Pengaluran Dalam

Pengaluran dalam adalah kombinasi antara teknik pengaluran setempat dan memanjang. Digunakan untuk membuang bagian (cacat) yang terletak dibagian dalam seperti terak yang terperangkap, retak dan hasil las yang rusak (kurang baik). Pada pengaluran yang dalam sudut *nozzle* lebih besar (tegak).



Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ukuran dan Bentuk Alur:

a. Ukuran *Nozzle*

Jumlah logam yang terbuang tergantung pada ukuran *nozzle*. *Nozzle*

yang lebih besar mempunyai diameter untuk yang lebih besar, sehingga ukuran tip yang lebih besar akan dapat mengalir lebih besar.

b. Sudut *Nozzle*

Secara umum pengaluran dilakukan pada sudut 5° s.d. 10° dari permukaan benda kerja. Dimungkinkan untuk mengontrol kedalaman alur dengan menambah (mengatur) sudut *nozzle*.

Menambah sudut berarti memperdalam alur dan membuang logam lebih banyak.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas 1: Diskusi dan menggali informasi tentang teknik-teknik pengaluran dengan gas

Bentuklah kelompok diskusi yang terdiri dari 4-5 orang berkelompok, kemudian masing-masing kelompok mendiskusikan dan menggali informasi tentang pengaluran dengan gas yang meliputi tentang: proses pengaluran, nozzle pengalur, tekanan gas, dan teknik pengaluran dengan menguraikan/ menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK-2.1.

Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusinya dan kelompok lain memberi tanggapan, dan widyaiswara/fasilitator bersama peserta didik memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Jika memerlukan klarifikasi dan kejelasan tentang materi yang didiskusikan, mintalah widyaiswara/fasilitator untuk memberikan penjelasan tambahan agar semua materi dapat Anda kuasai.

Aktivitas 2: Menilai kualitas hasil pengaluran

Setelah Anda memahami tentang teknik-teknik pengaluran, maka masing-masing kelompok melakukan penilaian terhadap hasil pengalurannya.

Gunakan LK- 2.2 untuk melakukan kegiatan penilaian hasil pengaluran, dan diskusikan dalam kelompok hasil penilaian kelompok Anda.

Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil penilaiannya dan kelompok lain memberi tanggapan/ masukan, dan widyaiswara/fasilitator memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Lembar Kerja KB 2: Pengaluran dengan Gas

LK 2.1 Pengaluran dengan Gas

Uraikan secara singkat (poin-poin pokok) dari materi berikut (*tuliskan pada kertas yang disediakan*)

1. Proses pengaluran
2. Nozzle pengalur
3. Tekanan gas
4. Teknik pengaluran

Untuk menambah wawasan Anda, carilah referensi lain (buku atau *searching* via internet) tentang bentuk-bentuk *nozzle* pengalur dari berbagai merk/ produk dan rekomendasi penggunaan gas.

LK 2.2 Penilaian hasil pengaluran

Petunjuk:

1. Siapkan/ pilihlah beberapa benda kerja (minimal 1 benda kerja) hasil pengaluran dengan gas (sesuai arahan pelatih/ Widyaiswara).
2. Lakukan penilaian dengan mengisi tabel berikut.

No	Aspek yang Dinilai	Penilaian
1.	80% jalur alur halus, lurus dan rata	
2.	Toleransi lebar alur $\pm 2\text{mm}$	
3.	Kedalaman 4, $\pm 1\text{mm}$	
4.	Cacat maks. 10%	

Anda dapat mengembangkan rincian aspek penilaian sesuai kesepakatan grup/ penjelasan widyaiswara/pelatih.

E. Latihan

Pengaluran dengan Gas Secara Manual

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih tugas ini, guru pembelajar diharapkan mampu mengalur permukaan pelat pada posisi di bawah tangan (*flat*) menggunakan peralatan pengalur gas manual dengan memenuhi kriteria :

1. Hasil pengaluran rata, halus dan lurus
2. Lebar alur 8mm
3. Kedalaman alur 5mm
4. Bebas terak

ALAT DAN BAHAN

1. Alat

- Seperangkat alat pengalur dengan nyala api (*flame gouging*) manual, termasuk tip pengalur ukuran 32GB.
- Satu set alat keselamatan dan kesehatan kerja pengaluran dengan gas.
- Satu set alat bantu untuk pengaluran

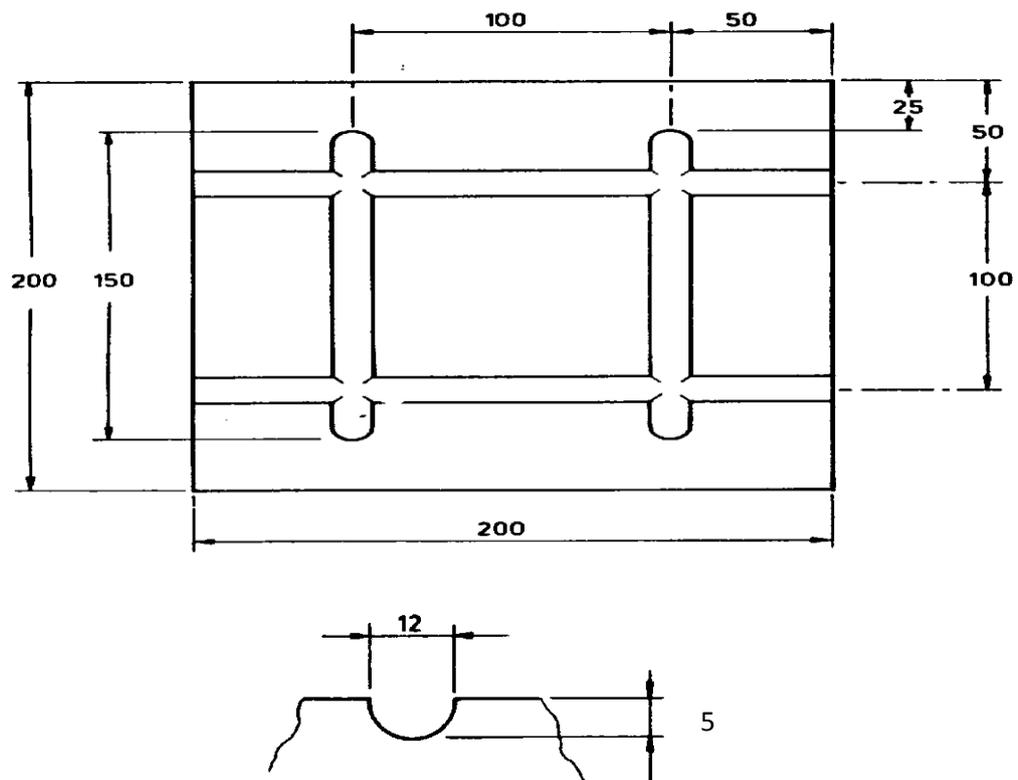
2. Bahan

- Pelat baja lunak ukuran 200 x 200 x 10mm
- Satu set gas asetilin dan oksigen

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

1. Gunakan kaca mata yang sesuai (*shade 4-5*)
2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.
3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.
5. Hati-hati dengan benda panas hasil pengaluran.

GAMBAR KERJA



LANGKAH KERJA

1. Siapkan bahan ukuran 200 x 200 x 10 mm;
2. Lukis garis alur sesuai gambar kerja, dan jika perlu beri tanda dengan menggunakan penitik;
3. Siapkan peralatan pengaluran, peralatan keselamatan dan kesehatan kerja serta alat-alat bantu yang diperlukan;
4. Atur tekanan .kerja : C₂H₂ = 100 kPa dan O₂ = 500 kPa;
5. Lakukan pengaluran sesuai gambar kerja dengan metode pengaluran seperti yang telah didemonstrasikan pembimbing/ instruktur;
6. Periksa hasil pengaluran dengan mengacu pada kriteria yang telah ditentukan;
7. Rapihkan sisi-sisi alur dengan menggunakan pahat (jika perlu) dan/atau kikir;
8. Bersihkan dan dinginkan benda kerja;
9. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa;
10. Ulangi pekerjaan jika belum mencapai kriteria yang ditetapkan.

KRITERIA PENILAIAN

Aspek yang Diukur	Kriteria Penilaian	K	BK
Ukuran bahan	200 x 200 x 10, \pm 3mm		
Hasil pengaluran	- Halus, lurus dan rata - Lebar 8, \pm 2mm - Kedalaman 4, \pm 1mm - Cacat maks. 10%		
Kerapian pekerjaan	Tidak ada sisi yang tajam dan bebas terak		

F. Rangkuman

Pada dasarnya peralatan pengaluran relatif sama dengan peralatan pemotongan dengan panas. Perbedaan hanya pada bentuk nozzle yang didisain secara khusus. Demikian juga dalam hal penanganan peralatannya dan resiko kecelakaan kerja, untuk itu harus memperhatikan kondisi kesehatan sebelum melakukan pekerjaan, serta harus memperhatikan penggunaan APD untuk melindungi diri dari resiko mengganggu kesehatan dan kecelakaan, terutama resiko akibat kebocoran gas yang dapat berakibat pada kebakaran.

Untuk melakukan proses pengaluran ada dua pilihan nozzle yakni nozzle untuk pengaluran lurus di stempel GS, Tip yang lengkung di stempel GB.

Pada pekerjaan pengaluran dibutuhkan panas dan konsumsi oksigen yang lebih besar, bila dibandingkan dengan proses pemotongan, yakni antara 500 – 600 kPa sedangkan untuk asetilen adalah sama, yakni 100 kPa. Adapun penerapannya sangat tergantung kasus pekerjaan sehingga ada tiga teknik pengaluran yang dapat diterapkan: pengaluran setempat (*spot*), pengaluran memanjang, dan pengaluran dalam (*deep*).

G. Umpan Balik dan Tidak Lanjut

Setelah Anda melakukan semua Kegiatan Pempelaran 2, berilah umpan balik terhadap hal-hal yang telah dipelajari/ temukan selama pembelajaran dan rencana pengembangan (tindak lanjut) terhadap pembelajaran berikutnya.

No	Materi yang Dipelajari	K	BK	Tindak Lanjut
1.	Proses pengaluran			
2.	Nozzle pengalur			
3.	Tekanan gas			
4.	Teknik pengaluran			
5.	Pengaluran dengan gas secara manual (Latihan)			

Keterangan:

1. **K** = beri tanda ceklis (√) jika Anda cukup bukti kompeten.
2. **BK** = beri tanda ceklis (√) jika Anda belum kompeten
3. **Tindak Lanjut**= Jika Anda belum kompeten, uraikan rencana pengembangan (tindak lanjut) agar Anda dapat menguasai materi tersebut



PEMBELAJARAN 3

PEMOTONGAN DENGAN BUSUR PLASMA

A. Tujuan Pembelajaran

Disediakan bahan ajar (modul), peralatan praktik dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja, maka setelah mempelajari kegiatan belajar ini, guru pembelajar diharapkan mampu

1. Menguraikan proses pemotongan dengan busur plasma (*plasma cutting*)
2. Menguraikan perlengkapan pemotongan dengan busur plasma.
3. Menguraikan prosedur pemotongan dengan busur plasma.
4. Melakukan pemotongan dengan busur plasma.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)

20.29.4. Melakukan pemotongan dengan busur plasma (*plasma cutting*).

C. Uraian Materi

1. Proses Pemotongan dengan Busur Plasma (*Plasma Cutting*)

Proses pemotongan dengan busur plasma (*plasma cutting*) adalah penemuan/teknologi yang relatif baru dari pada proses pemotongan dengan panas yang lainnya, yakni sebagai perbaikan teknologi pemotongan logam. Di kalangan industri maju telah digunakan selama kurang lebih 30 tahun pada industri di bidang fabrikasi logam untuk memotong logam bukan besi (*non ferro*) seperti aluminium, tembaga dan baja tahan karat (*stainless steel*).

Istilah plasma adalah pembentukan ionisasi gas. Apabila suatu gas mengalir pada suatu busur listrik menimbulkan arus kuat yang bermuatan partikel gas. Arus kuat ini menimbulkan energi panas yang diperlukan untuk memotong.

Suatu busur pengarah (*pilot arc*) yang berfrekuensi tinggi, menarik busur api antara pusat elektroda tungsten dan benda kerja.

Gaya ini menimbulkan gas plasma dengan kecepatan tinggi mengalir melalui lubang yang kecil. Begitu arus utama mengalir gas membentuk ion dengan listrik konduksi, busur menyembur dengan kuat dan berpusat pada daerah yang sempit pada benda kerja. Panas yang terus menerus mencairkan logam dan menghembuskannya dengan tekanan yang besar pada garis pemotong, hasil pemotongannya bagus dan benar-benar sangat cepat.

2. Perlengkapan Pemotongan dengan Busur Plasma

a. Sumber Tenaga

Sumber tenaga (*power source*) yang paling besar/ banyak dipakai sebagai adalah transformator/ rectifier, di mana pada alat ini dirancang agar arus AC dirubah menjadi arus keluar DC. Untuk menyetel kebutuhan arus dipasang pengatur amper dan pengarah busur untuk memulai pekerjaan pemotongan.

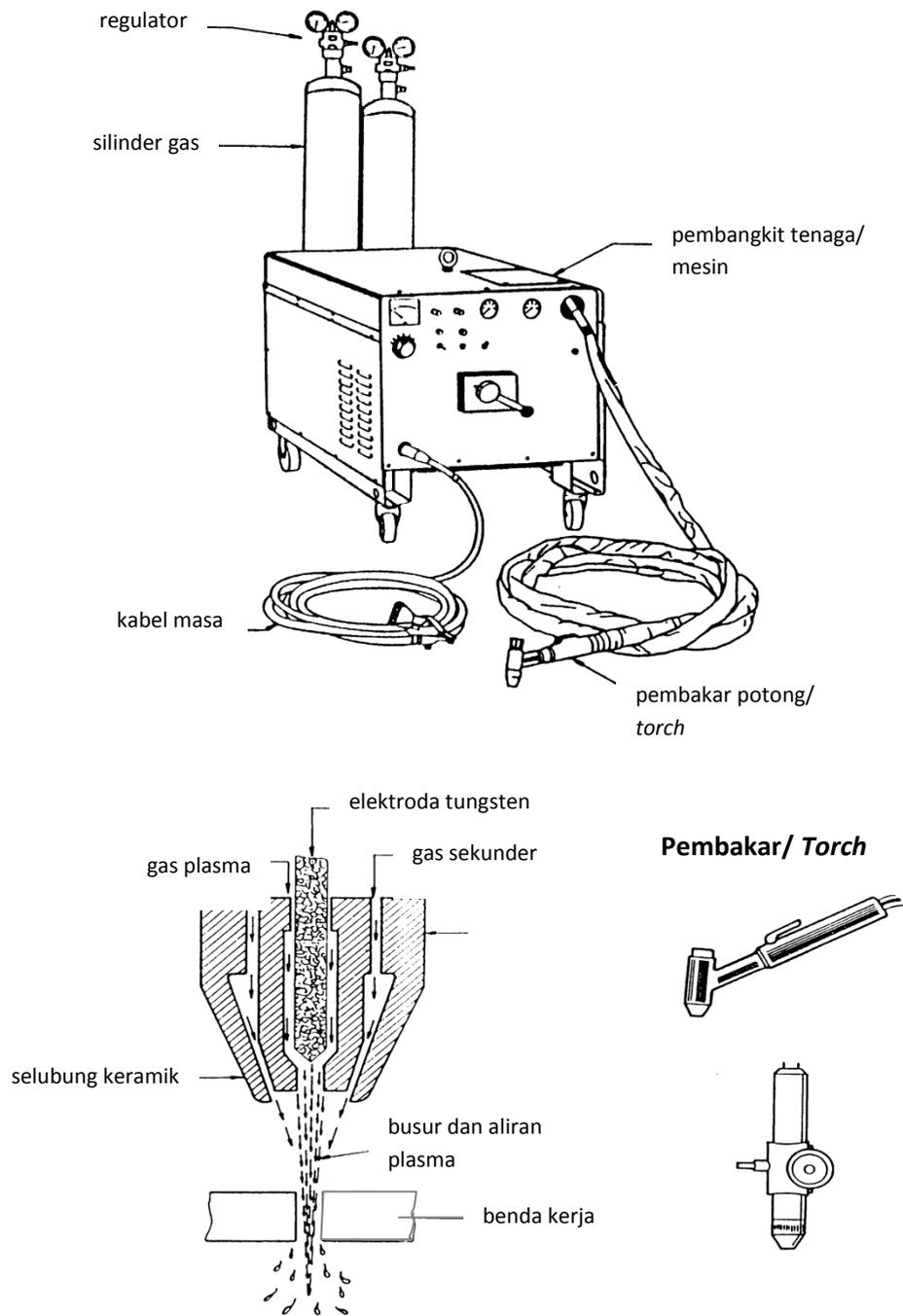
b. Pembakar

Pembakar plasma hampir sama dengan pembakar gas manual. Ada beberapa bagian: *nozzle*, cincin, penyekat, elektroda, tutup dan cincin O agar udara tidak bocor.

c. Elektroda Tungsten

Yang dipakai pada pemotongan plasma adalah tungsten thoriated yang khusus dirancang untuk operasi DC -Negatif polarity.

Elektroda ini termasuk jenis elektroda tidak habis, dipasang/ terpusat dimulut pembakar, membentuk dan menjaga agar busur nyala tetap pada benda kerja.



Gambar 24. Mesin Pemotong Busur Plasma dan Perlengkapannya

d. Gas Potong

Pada pemotongan dengan plasma memerlukan gas. Gas yang dipilih untuk pemotongan dengan busur plasma tergantung dari pada mesin yang dipakai, jenis bahan yang dipotong serta hasil akhir yang diinginkan.

Ada mesin potong plasma yang sangat ekonomis hanya menggunakan udara kompresi sebagai media pemotong, sedangkan yang lainnya dibutuhkan campuran gas yang berbeda-beda untuk memotong dan sebagai gas pelindung.

Mesin dengan tegangan rendah (untuk benda yang relatif tipis) dipakai udara kompresi sebagai gas pemotong. Mesin dengan tegangan besar (untuk pengerjaan mekanis yang cepat), digunakan beberapa gas pelindung yang murni atau gas campur untuk membentuk plasma dan untuk sebagai gas pelindung sekunder (melindungi busur potong dan benda kerja dari kontaminasi udara luar). Berikut ini adalah tabel penggunaan gas plasma dan gas pelindung.

Tabel 1. Penggunaan Gas Plasma dan Gas Pelindung

GAS	PEMAKAIAN
Udara kompresi (kompresor)	Paling banyak dipakai sebagai gas plasma juga sebagai gas pelindung sekunder karena sangat murah dalam pemakaiannya.
Nitrogen	Sering dipakai sebagai pembentuk plasma karena : mudah didapat dan ekonomis.
Carbon dioksida	Biasa dipakai sebagai gas pelindung sekunder karena : mudah diperoleh dan ekonomis.
Argon/hydrogen	Dugunakan baik sebagai plasma maupun sebagai gas pelindung sekunder, tetapi sedikit lebih mahal dari pada gas yang lainnya.

e. Regulator

Semua operasi pemotongan dan pengelasan, regulator diperlukan untuk mengatur tekanan gas yang tinggi di dalam silinder kepada tekanan kerja yang sesuai. Regulator pada pemotongan plasma tergantung jenis gas yang dipakai; untuk itu tata cara dan ketentuan penggunaan regulator harus sesuai dengan manual yang ditentukan.

3. Keuntungan, Keterbatasan Pemotong Busur Plasma

Pemotong dengan busur plasma secara luas digunakan untuk memotong jenis bahan yang sulit dipotong jika menggunakan pemotong gas. Adapun jenis bahan yang dapat dipotong adalah bahan besi maupun bukan besi (*ferro* dan *non ferro*) seperti:

- Baja karbon;
- Baja paduan rendah;
- Baja tahan karat (*stainless steel*);
- Besi tuang;
- Aluminium;
- Tembaga;
- Campuran/paduan nikel;
- Titanium.

a. Keuntungannya :

- Kecepatannya lebih tinggi dibanding memotong dengan gas;
- Dapat memotong besi dan bukan besi;
- Dapat mengurangi penyebaran panas. Sehingga mengurangi distorsi dan pengaruh perubahan sifat bahan yang dipotong.

b. Keterbatasannya

- Biaya tinggi dibanding dengan menggunakan bahan bakar gas, yaitu untuk penyediaan sumber tenaga pada unit/mesin plasma;

- Pemotongan dengan plasma permukaannya tidak siku benar karena pengaruh pusaran gas, salah satu sisinya bisa rata tapi sisi yang lainnya agak miring beberapa derajat.

c. Penggunaan Pemotong Busur Plasma

Pemotongan dengan busur plasma bisa dilakukan pada segala jenis logam, sama halnya seperti pemotongan dengan gas oksigen memotong pada baja. Dapat dilakukan secara mekanis maupun manual.

- Memotong bahan profil atau menurut ukuran yang diinginkan;
- Memotong sudut kumpuh untuk pengelasan;
- Membuat lubang atau mengalur;
- Memotong benda yang berdempet/ lengket satu sama lain;
- Memotong benda kerja, menurut perubahan posisi (posisi diatas kepala dan posisi tegak pada konstruksi berdiri dan sebagainya).

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas 1: Diskusi dan menggali informasi tentang pemotongan dengan busur plasma

Bentuklah kelompok diskusi yang terdiri dari 4-5 orang perkelompok, kemudian masing-masing kelompok mendiskusikan dan menggali informasi tentang pemotongan dengan busur plasma (*plasma cutting*) yang meliputi: proses, perlengkapan, keuntungan/keterbatasan pemotong busur plasma, dengan menguraikan/ menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK-3.1.

Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusinya dan kelompok lain memberi tanggapan, dan widyaiswara/fasilitator bersama peserta didik memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Jika memerlukan klarifikasi dan kejelasan tentang materi yang didiskusikan, mintalah widyaiswara/fasilitator untuk memberikan penjelasan tambahan agar semua materi dapat Anda kuasai.

Aktivitas 2 : Observasi peralatan pemotongan dengan busur plasma

Setelah Anda memahami proses dan peralatan pemotongan dengan busur plasma, maka masing-masing kelompok melakukan observasi terhadap ketersediaan dan spesifikasi mesin potong busur plasma yang tersedia di bengkel/ tempat kegiatan praktik akan dilaksanakan.

Gunakan LK- 3.2 untuk melakukan kegiatan observasi.

Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil observasinya dan kelompok lain memberi tanggapan, dan widyaiswara/fasilitator bersama peserta didik memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Lembar Kerja KB 3: Pemotongan dengan Busur Plasma

LK 3.1 Pemotongan dengan Busur Plasma

Uraikan secara singkat (poin-poin pokok) dari materi berikut (*tuliskan pada kertas yang disediakan*)

1. Proses pemotongan dengan busur plasma
2. Perlengkapan pemotongan dengan busur plasma
3. Keuntungan dan keterbatasan pemotong busur plasma

LK 3.2 Observasi Perlengkapan Pemotong Busur Plasma

Kelompok :

Anggota Kelompok :

1.
2.
3.
4.
5.

Waktu Observasi : Tanggal; Pukul:

Petunjuk : Isilah tabel berikut sesuai kondisi sebenarnya !

No	Nama Komponen	Kondisi	Foto (Jika ada)
1.			
2.			
n.			

Anda dapat mengembangkan rincian tabel dan detail observasi sesuai kesepakatan grup.

Keterangan:

1. **Nama Komponen:** disesuaikan dengan referensi pada Uraian Materi (lihat Gambar 3.1: Mesin Pemotong Busur Plasma dan Perlengkapannya
2. **Kondisi :** kelayakan pakai (dapat dioperasikan/ berfungsi dengan baik, rusak, dalam perbaikan, dll.)
3. **Foto:** sebaiknya dilengkapi dengan foto peralatan tersebut untuk membandingkan dengan referensi yang Anda miliki.

E. Latihan

Latihan 1: Pemotongan Pelat Baja Karbon Dengan Busur Plasma

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih tugas ini, guru pembelajar diharapkan mampu melukis pola pada pelat dan mengoperasikan serta memotong bahan pelat baja karbon menggunakan peralatan busur plasma (*plasma cutting*) dengan kriteria :

1. pola sesuai dengan gambar kerja;
2. penyimpangan ukuran maks. 1mm;
3. hasil potongan halus, rata dan tajam;
4. bebas terak dan percikan terak.

ALAT DAN BAHAN

1. Alat :

- Seperangkat mesin potong busur plasma
- Alat keselamatan kerja.
- Lembaran kerja/ gambar kerja

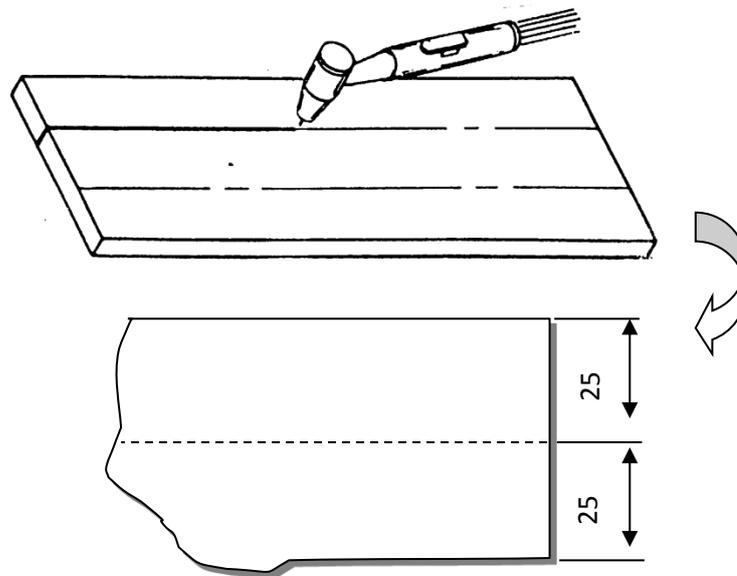
2. Bahan :

- Pelat baja karbon tebal 6 - 8 mm ukuran :
 - 75 x 200 mm
 - 200 x 200 mm

KESELAMATAN KERJA

1. Gunakan pakaian kerja, kaca mata pelindung serta pengaman telinga (*ear plug*);
2. Biasakan bekerja dengan bersih dan rapi, tempat kerja yang berantakan akan berpotensi menimbulkan kecelakaan;
3. Jauhkan nyala api, bunga api, dan logam panas dari bahan-bahan mudah terbakar (berbahaya);
4. Bertanyalah pada Instruktur/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan;
5. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

GAMBAR KERJA



LANGKAH KERJA

1. Lukislah pola pada kedua benda kerja (pelat) dengan menggunakan spidol atau alat lukis yang sesuai dengan mengacu pada gambar kerja;
2. Periksakan pola yang dibuat kepada pembimbing/ instruktur;
3. Siapkan peralatan/ mesin potong busur plasma, dan yakinkan bahwa pembakar potong/ *nozzle* dalam keadaan bersih;
4. Tempatkan bahan pertama (untuk pemotongan lurus) diatas meja potong dan perhatikan peletakan bahan sehingga memungkinkan cairan pemotongan dapat bebas terbuang ke bawah;
5. Atur posisi awal pemotongan dan arahkan *nozzle* pada titik/ garis awal pemotongan tersebut;
6. Lakukan pemotongan secara manual sesuai petunjuk/ demonstrasi pembimbing/ instruktur;
7. Periksa hasil pemotongan dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan;
8. Jika hasil pemotongan belum mencapai kriteria yang ditetapkan, lakukan pemotong ulang sesuai petunjuk Instruktur/ pembimbing;
9. Dinginkan dan bersihkan bahan sebelum diserahkan pada Instruktur/ pembimbing.

KRITERIA PENILAIAN

Aspek yang Diukur	Kriteria Penilaian	K	BK
Ukuran	Penyimpangan ± 1 mm		
Hasil potongan	Pemotongan halus , rata dan tajam		
Cacat pemotongan	Tidak ada bagian yang tak putus		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

K = Kompeten

BK= Belum Kompeten

Latihan 2: Pemotongan Pelat *Stainless Steel* dengan Busur Plasma

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih tugas ini, guru pembelajar diharapkan mampu melukis pola pada pelat dan mengoperasikan serta memotong bahan pelat baja tahan karat (*stainless steel*) menggunakan peralatan busur plasma (*plasma cutting*) dengan kriteria :

1. pola sesuai dengan gambar kerja;
2. penyimpangan ukuran maks. 1mm;
3. hasil potongan halus, rata dan tajam;
4. bebas terak dan percikan terak.

ALAT DAN BAHAN

1. Alat :

- Seperangkat mesin potong busur plasma
- Alat keselamatan kerja.
- Lembaran kerja/ gambar kerja

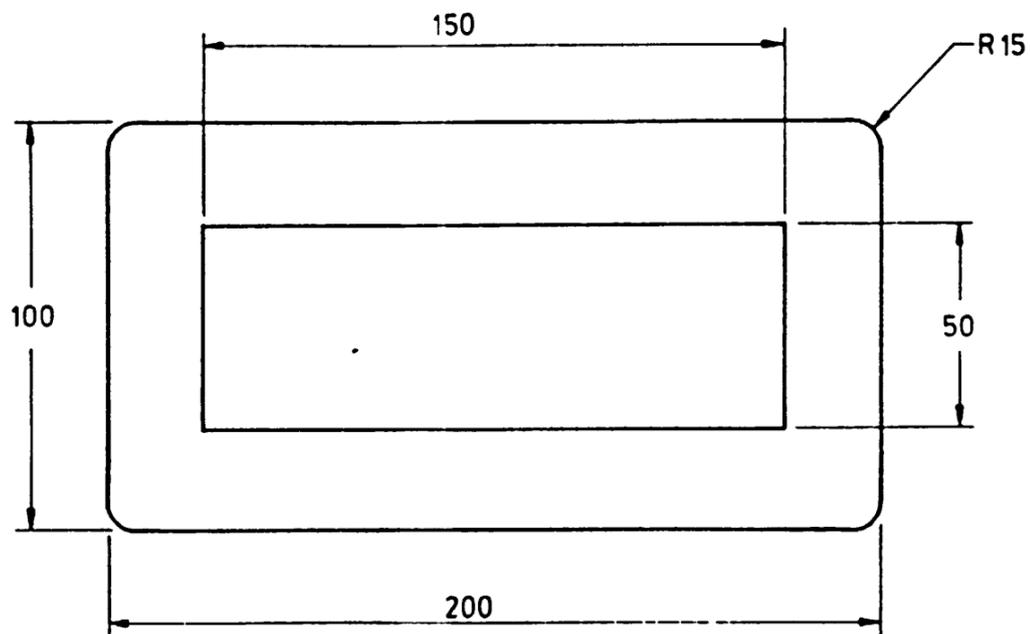
2. Bahan :

- Pelat *stainless steel* tebal 6 - 10 mm ukuran $\pm 110 \times 210$ mm

KESELAMATAN KERJA

1. Gunakan pakaian kerja, kaca mata pelindung serta pengaman telinga (*ear plug*);
2. Biasakan bekerja dengan bersih dan rapi, tempat kerja yang berantakan akan berpotensi menimbulkan kecelakaan;
3. Jauhkan nyala api, bunga api, dan logam panas dari bahan-bahan mudah terbakar (berbahaya);
4. Bertanyalah pada Instruktur/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan;
5. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

GAMBAR KERJA



LANGKAH KERJA

1. Lukislah pola pada benda kerja (pelat) dengan menggunakan spidol atau alat lukis yang sesuai dengan mengacu pada gambar kerja.
2. Periksakan pola yang dibuat kepada pembimbing/ instruktur.
3. Siapkan peralatan/ mesin potong busur plasma, dan yakinkan bahwa pembakar potong/ *nozzle* dalam keadaan bersih.
4. Tempatkan bahan diatas meja potong dan perhatikan peletakan bahan sehingga memungkinkan cairan pemotongan dapat bebas terbuang ke bawah.
5. Atur posisi awal pemotongan dan arahkan *nozzle* pada titik/ garis potong awal tersebut.
6. Lakukan pemotongan secara manual sesuai petunjuk/ demonstrasi pembimbing/ instruktur.
7. Periksa hasil pemotongan dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan.
8. Jika hasil pemotongan belum mencapai kriteria yang ditetapkan, lakukan pemotong ulang sesuai petunjuk Instruktur/ pembimbing.
9. Dinginkan dan bersihkan bahan sebelum diserahkan pada Instruktur/ pembimbing.

KRITERIA PENILAIAN

Aspek yang Diukur	Kriteria Penilaian	K	BK
Ukuran	Penyimpangan ± 1 mm		
Hasil potongan	Pemotongan halus , rata dan tajam		
Cacat pemotongan	Tidak ada bagian yang tak putus		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

F. Rangkuman

Istilah plasma adalah pembentukan ionisasi gas. Apabila suatu gas mengalir pada suatu busur listrik menimbulkan arus kuat yang bermuatan partikel gas. Arus kuat ini menimbulkan energi panas yang diperlukan untuk memotong benda kerja, terutama digunakan untuk memotong logam bukan besi (non ferro) seperti aluminium, tembaga dan baja tahan karat (*stainless steel*).

Perlengkapan pemotong busur plasma terdiri dari: 1) Pumber tenaga (*power source*) berupa transformator/ rectifier untuk merubah arus AC menjadi DC yang dapat diatur, 2) Pembakar (*torch*) plasma yang terdiri dari beberapa bagian, yakni *nozzle*, cincin, penyekat, elektroda, tutup dan cincin O, 3) Elektroda tungsten jenis thoriated yang yang khusus dirancang untuk operasi DC -Negatif polarity.

Penggunaan gas pada pemotongan dengan plasma tergantung pada mesin yang dipakai, jenis bahan serta hasil yang diinginkan. Yang paling ekonomis hanya menggunakan udara kompresi, yakni untuk mesin dengan tegangan rendah (untuk benda yang relatif tipis).

Untuk mesin dengan tegangan besar (untuk pengerjaan mekanis yang cepat) digunakan beberapa gas pelindung murni atau gas campuran, antara lain: Nitrogen, Carbon dioksida, dan Argon/hydrogen.

Secara umum kelebihan/keuntungan pemotong busur plasma adalah: kecepatannya lebih tinggi; dapat memotong besi dan bukan besi (ferro dan non ferro); distrosi lebih sedikit. Adapun keterbatasan yang utama adalah: biaya lebih tinggi dibanding bila dibandingkan dengan pemotong gas.

G. Umpan Balik dan Tidak Lanjut

Setelah Anda melakukan semua Kegiatan Pempelaran 3, berilah umpan balik terhadap hal-hal yang telah dipelajari/ temukan selama pembelajaran dan rencana pengembangan (tindak lanjut) terhadap pembelajaran berikutnya.

No	Materi yang Dipelajari	K	BK	Tindak Lanjut
1.	Proses pemotongan dengan busur plasma			
2.	Perlengkapan pemotong busur plasma			

3.	Keuntungan dan keterbatasan pemotong busur plasma			
4.	Pemotongan pelat baja karbon dengan busur plasma (Latihan 1)			
5.	Pemotongan pelat <i>stainless steel</i> dengan busur plasma (Latihan 2)			

Keterangan:

1. **K = beri tanda ceklis (√) jika Anda cukup bukti kompeten.**
2. **BK = beri tanda ceklis (√) jika Anda belum kompeten**
3. **Tindak Lanjut=** Jika Anda belum kompeten, uraikan rencana pengembangan (tindak lanjut) agar Anda dapat menguasai materi tersebut



KEGIATAN PEMBELAJARAN 4

LAS BUSUR MANUAL LANJUT

A. Tujuan Pembelajaran

Disediakan bahan ajar (modul), maka setelah mempelajari kegiatan belajar ini, guru pembelajar diharapkan mampu

1. Memilih penggunaan elektroda untuk berbagai jenis bahan las sesuai referensi
2. Menentukan cara-cara merekondisi elektroda las busur manual sesuai referensi.
3. Menerapkan teknik penyimpanan elektroda las busur manual sesuai referensi..
4. Menguraikan berbagai istilah las dalam proses pengelasan dengan busur manual sesuai referensi.
5. Menerapkan penggunaan simbol las dalam pekerjaan fabrikasi logam sesuai referensi.
6. Melakukan pengelasan sambungan sudut pada pelat posisi tegak dan di atas kepala sesuai SOP
7. Melakukan pengelasan sambungan tumpul kampuh V pada pelat posisi tegak dan di atas kepala sesuai SOP.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)

- 20.25.2. Menganalisis karakteristik penggunaan elektroda pada berbagai jenis bahan las sesuai referensi
- 20.25.3. Membaca dan mengaplikasikan penggunaan simbol las dalam pekerjaan fabrikasi logam
- 20.25.5. Mengelas pada posisi 3F/PF, 4F/PD, 3G/PF, 4G/PE sesuai standar operational procedure (SOP).

C. Uraian Materi

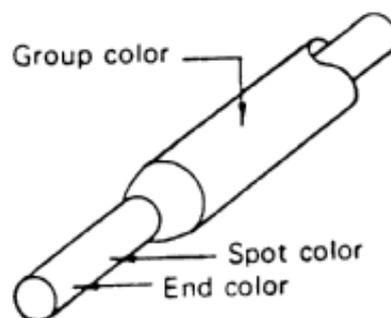
1. Pemilihan Elektroda

Banyak hal yang dijadikan dasar dalam menentukan tipe elektroda yang akan digunakan pada suatu pengelasan. Namun secara umum penetapan penggunaan elektroda didasarkan atas hal-hal berikut ini :

- a. Bentuk/ jenis pekerjaan yang akan dibuat, yaitu : disain, jenis bahan, tebal bahan.
- b. Tipe mesin las yang akan dipakai.
- c. Karakteristik pengelasan, antara lain: banyaknya pengisian, kekuatan, kedalaman penetrasi, kemudahan penyalaan, level percikan, volume terak dan kemudahan dalam membersihkannya, dan emisi asap.

Disamping hal-hal yang tersebut di atas, seorang teknisi las juga perlu memahami dan mengenali fisik elektroda secara baik, baik ukuran panjang, diameter serta warna tiap-tiap jenis elektroda, agar tidak terjadi kesalahan dalam penggunaannya.

Khusus untuk warna elektroda, menurut AWS dibedakan atas warna salutan (*group color*), warna kawat inti (*spot color*) dan warna ujung kawat inti (*end color*).



Gambar 25. Warna Elektroda

Adapun untuk menentukan ukuran (diameter) elektroda terkait dengan besaran arus las, pada dasarnya teknisi/ operator las dapat menentukan dengan mudah sesuai dengan pengalamannya, namun tabel berikut ini dapat digunakan acuan dasar dalam menentukan besar arus las yang sesuai dengan diameter elektroda. Tabel berikut dapat membantu dalam menentukan dan menetapkan jenis elektroda yang akan digunakan dalam pengelasan.

Tabel 4.1: Perbandingan Diameter Elektroda dengan Besar Arus Las ([Appendix 4](#))

Tabel 4.2: Karakteristik Elektroda ([Appendix 5](#))

2. Rekondisi Elektroda

Kondisi yang kurang baik dari elektroda akan berdampak terhadap proses dan hasil las, misalnya kadar air pada elektroda terlalu tinggi (lembab). Jika penanganan elektroda kurang diperhatikan, hal ini akan berdampak pada hasil pengelasan, antara lain dapat menyebabkan keropos (*porosity*) dan/ atau keretakan pada hasil las, disamping menimbulkan masalah-masalah pada saat pengelasan, antara lain:

- busur las tidak stabil
- banyak percikan dan asap las
- terak sulit dibersihkan

Untuk menghindari timbulnya hal-hal tersebut di atas, maka elektroda perlu selalu dijaga kondisinya sesuai dengan ketentuan masing-masing jenis elektroda.

Jika elektroda terlalu lembab, dapat dilakukan rekondisi dan dikering ulang dengan menggunakan alat pengering (oven) yang dapat diatur temperaturnya; dengan catatan, untuk jenis elektroda tertentu membutuhkan sedikit kelembaban agar salutannya tidak rusak.

Berikut ini adalah ketentuan umum dalam merekondisi elektroda (biasanya **rekondisi** elektroda direkomendasikan oleh pabrik pembuatnya)

a. Elektroda Rutile

Elektroda *rutile* membutuhkan sedikit kelembaban untuk menghasilkan pengelasan yang baik. Ini dilakukan pada saat proses produksi.

Pengeringan ulang untuk elektroda jenis *rutile* dilakukan pada temperatur antara 70°C sampai dengan 170°C selama ± 30 menit.

b. Elektroda Cellulose

Elektroda ini membutuhkan sedikit lebih banyak kelembaban untuk menghasilkan pengelasan yang baik. Jika terlalu kering akan mempengaruhi busur las dan karakteristik pemakaian.

Oleh karena itu, maka elektroda jenis *cellulose* tidak disarankan untuk dikeringkan dengan oven, tapi cukup pada udara terbuka.

c. Elektroda Low Hydrogen

Elektroda *low hydrogen* harus digunakan dalam keadaan kering, sehingga jika lembab maka harus dikering ulang pada temperatur antara 300°C s.d. 350°C selama satu jam dan jika melebihi temperatur maksimal, akan mengakibatkan berubahnya sifat kimia dan akan bersifat tetap.

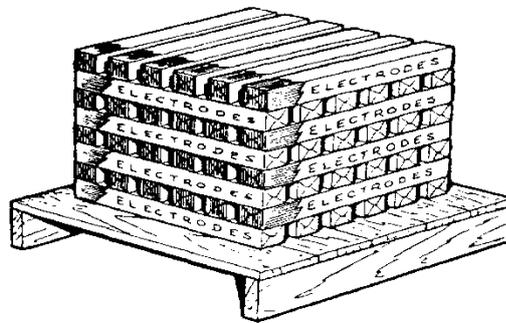
d. Elektroda Serbuk Besi

Elektroda serbuk besi harus digunakan dalam keadaan yang relatif kering, sehingga jika lembab maka harus dikering ulang pada temperatur sekitar 150°C selama satu jam.

3. Penyimpanan Elektroda

Elektroda perlu ditangani dengan baik, agar elektroda bertahan lama sebelum digunakan. Untuk itu, elektroda perlu disimpan secara baik dan benar. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menyimpan elektroda adalah sebagai berikut:

- a. Simpan elektroda pada tempat yang kering dengan kemasan yang masih tertutup rapi (kemasan tidak rusak).
- b. Jangan disimpan langsung pada lantai. Beri alas sehingga ada jarak dari lantai
- c. Yakinkan, bahwa udara dapat bersirkulasi di bawah tempat penyimpanan (rak).
- d. Hindarkan dari benda-benda lain yang memungkinkan terjadinya kelembaban.
- e. Temperatur ruangan penyimpanan sebaiknya sekitar 5° C diatas temperatur rata-rata udara luar.
- f. Bila elektroda tidak dapat disimpan pada tempat yang memenuhi syarat, maka sebaiknya beri bahan pengikat kelembaban, seperti *silica gel* pada tempat penyimpanan tersebut.

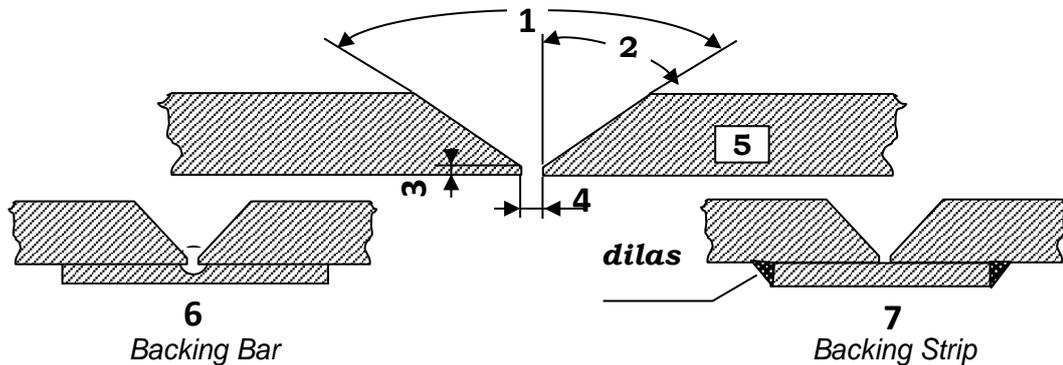


Gambar 26. Contoh Cara Penyimpanan Elektroda

4. Istilah Las

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

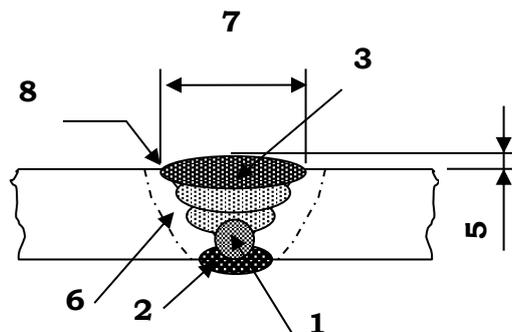
a. Istilah-Istilah pada Persiapan Pengelasan

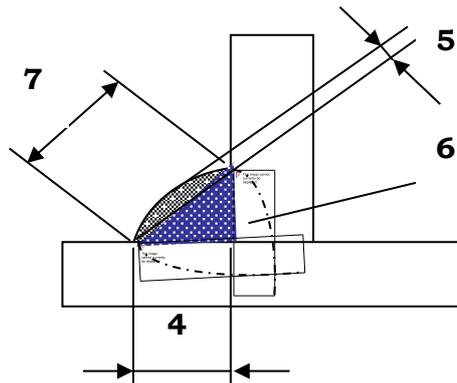


Keterangan :

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

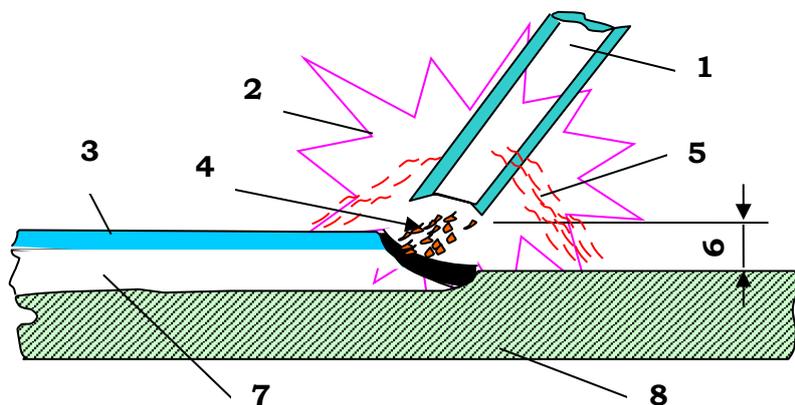
b. Istilah-Istilah pada Proses Pengelasan





Keterangan :

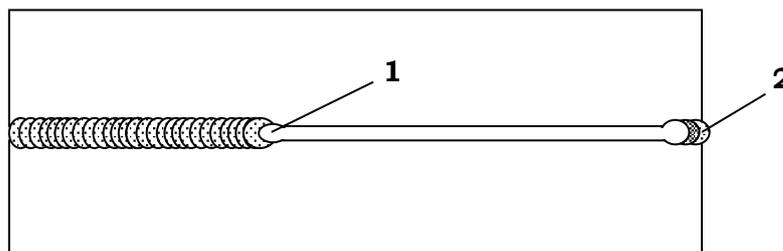
1. *Root run*= jalur pertama
2. *Sealing run*= jalur pengisi di bagian belakang
3. *Sealing weld*= jalur las pengisi
4. *Leg length*= kaki las
5. *Reinforcement*= penguatan
6. *Heat affected zone (HAZ)* = daerah pengaruh panas
7. *Weld width* = lebar las
8. *Toe* = kaki jalur las



Keterangan :

1. *Electrode core wire* = kawat inti elektroda
2. *Arc flame* = nyala busur

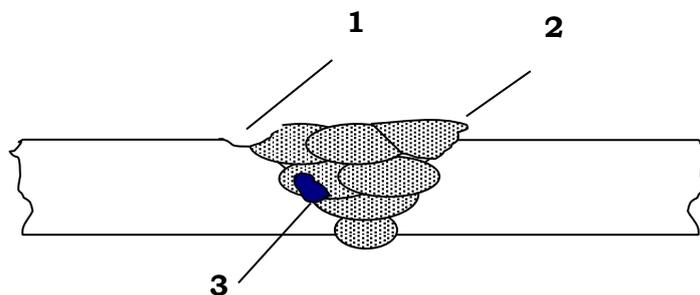
3. *Slag* = terak
4. *Path of molten metal* = cairan elektroda yang jatuh pada benda kerja
5. *Protective gases* = gas-gas pelindung
6. *Arc length* = jarak antara benda kerja dengan elektroda
7. *Weld metal* = logam las (hasil las)
8. *Base metal* = logam dasar (yang dilas)



Keterangan :

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

c. Istilah pada Hasil Las



Keterangan :

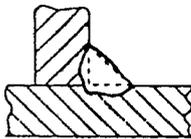
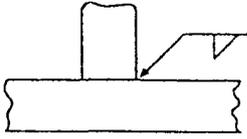
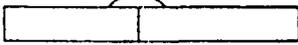
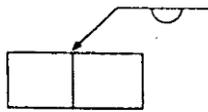
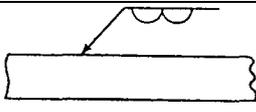
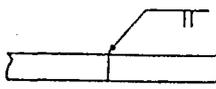
1. ***Undercut*** = takik las (termakan)
2. ***Overlap*** = logam las yang menumpang pada benda kerja (tidak berpadu)
3. ***Lack of fusion*** = sebagian kecil lasan yang tidak berpadu

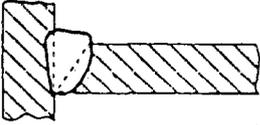
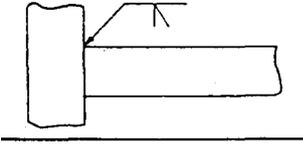
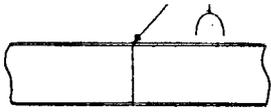
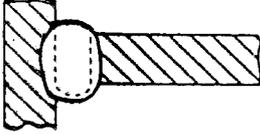
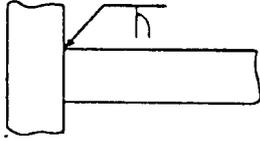
5. Simbol Las

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

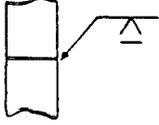
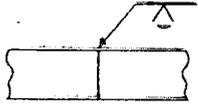
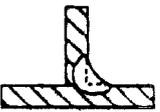
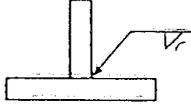
Berikut ini adalah macam-macam simbol las secara umum/ dasar yang digunakan dalam berbagai konstruksi pengelasan.

Tabel 1. Simbol Las Secara Umum

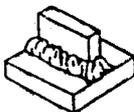
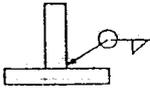
Bentuk Pengelasan	Gambar	Simbol
Sambungan sudut (fillet)		
Jalur las		
Penebalan permukaan		
Sambungan tumpul (<i>umum</i>)	(<i>Penetrasi penuh pada sambungan tumpul</i>)	
Sambungan tumpul (<i>Kampuh I</i>)		

Bentuk Pengelasan	Gambar	Simbol
Sambungan tumpul (<i>Kampuh V</i>)		
Sambungan T (<i>di bevel</i>)		
Sambungan tumpul (<i>Kampuh U</i>)		
Sambungan T (<i>Kampuh J</i>)		

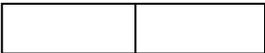
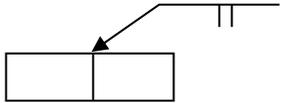
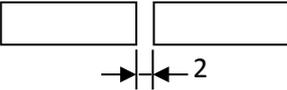
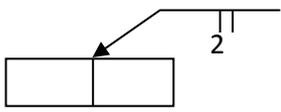
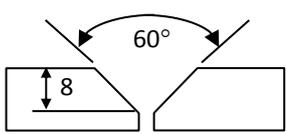
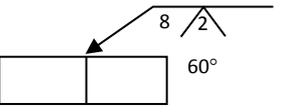
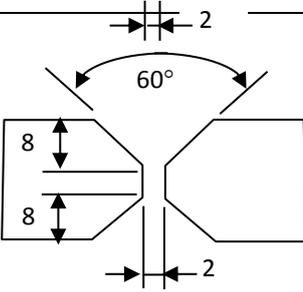
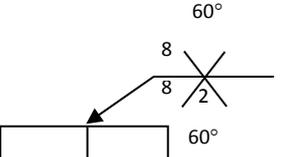
Bentuk Permukaan Jalur Las (*capping*) :

Tipe Pengelasan	Gambar	Simbol
Rata		
Cembung		
Cekung		

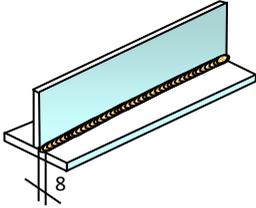
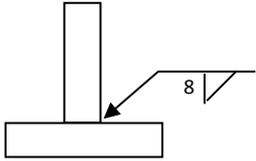
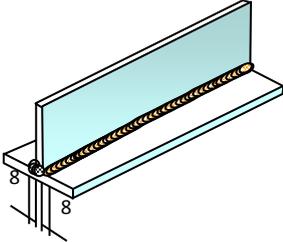
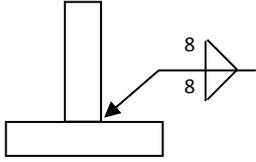
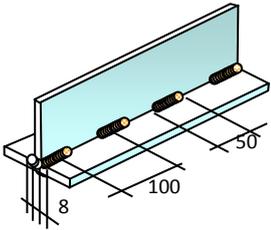
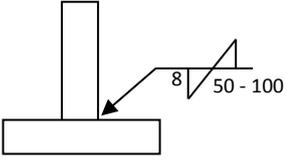
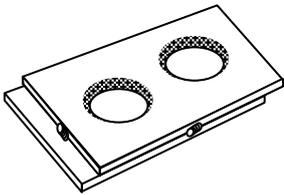
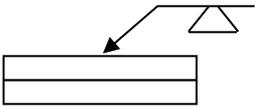
Simbol Tambahan (Suplemen) :

Tipe Pengelasan	Gambar	Simbol
Fillet		

Contoh Penerapan Simbol Las pada Sambungan Tumpul:

No.	Bentuk Sambungan	Gambar	Simbol
1.	Kampuh tertutup		
2.	Kampuh terbuka		
3.	Kampuh V		
4.	Kampuh X		

Contoh Penerapan Simbol Las pada Sambungan Sudut:

No.	Bentuk Sambungan	Gambar	Simbol
1.	Bentuk T dilas kontinu pada satu sisi		
2.	Bentuk T dilas kontinu pada dua sisi		
3.	Bentuk T dilas tidak kontinu pada satu sisi		
4.	Sumbat		

6. Prosedur Pengelasan Pelat Posisi Tegak

Prosedur pengelasan yang benar dan sesuai merupakan salah satu hal terpenting untuk mencapai kualitas pengelasan secara maksimum dan efisien/ ekonomis. Oleh sebab itu sebelum dilakukan pengelasan, maka perlu dipahami terlebih

dahulu prosedur pengelasannya agar proses dan hasil las dapat mencapai standar yang diharapkan.

a. Prosedur Umum

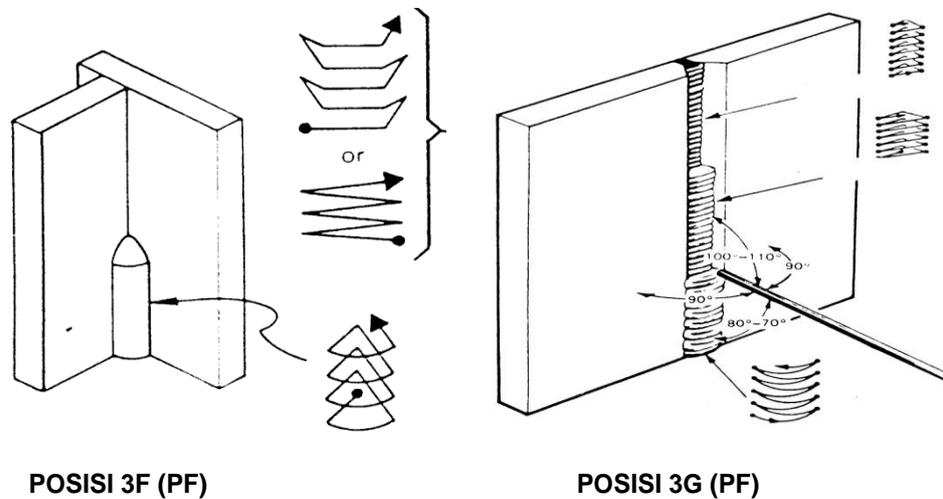
Secara umum, prosedur-prosedur yang harus dilakukan setiap kali akan, sedang dan setelah pengelasan adalah meliputi hal-hal berikut ini:

- 1) Adanya prosedur pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) dan prosedur penanganan kebakaran yang jelas/ tertulis.
- 2) Periksa sambungan-sambungan kabel las, yaitu dari mesin las ke kabel las dan dari kabel las ke benda kerja/ meja las serta sambungan dengan tang elektroda.. Harus diyakinkan, bahwa tiap sambungan terpasang secara benar dan rapat.
- 3) Periksa saklar sumber tenaga, apakah telah dihidupkan.
- 4) Pakai pakaian kerja yang aman.
- 5) Konsentrasi dengan pekerjaan.
- 6) Setiap gerakan elektroda harus selalu terkontrol.
- 7) Berdiri secara seimbang dan dengan keadaan rileks.
- 8) Periksa, apakah penghalang sinar las/ ruang las sudah tertutup secara benar.
- 9) Tempatkan tang elektroda pada tempat yang aman jika tidak dipakai.
- 10) Selalu gunakan kaca mata pengaman (bening) selama bekerja.
- 11) Bersihkan terak dan percikan las sebelum melanjutkan pengelasan berikutnya.
- 12) Matikan mesin las bila tidak digunakan.
- 13) Jangan meninggalkan tempat kerja dalam keadaan kotor dan kembalikan peralatan yang dipakai pada tempatnya.

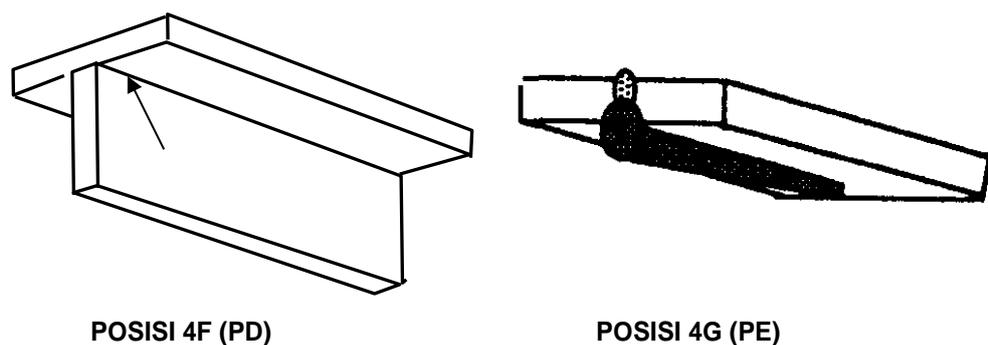
b. Penempatan Bahan Las

Penempatan bahan pada pengelasan pelat posisi tegak adalah posisi di mana bahan atau bidang yang dilas ditempatkan secara tegak (*vertikal*) atau sejajar dengan bidang tegak, sedangkan penempatan bahan pada pengelasan posisi di atas kepala adalah penempatan di mana bidang yang dilas rata dengan

peletakan lebih tinggi dari kepala, dan pengelasan dilakukan dari arah bawah ke atas. Berikut ini adalah gambar-gambar penempatan bahan las untuk posisi-posisi tersebut.



Gambar 27. Penempatan Bahan Posisi 3F (PF) dan 3G (PF)



Gambar 28. Penempatan Bahan Posisi 4F (PD) dan 4G (PE)

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas 1: Menguji Karakteristik Elektroda

Masing-masing Anda diminta untuk menyiapkan beberapa jenis elektroda, yakni *rutile*, *cellulose*, dan *basic (low hydrogen)*. Jika memungkinkan beberapa fabrikasi (produk

yang berbeda). Kemudian masing-masing Anda mencoba menyalakan dan mengamati karakteristik masing-masing elektroda tersebut. Sebagai panduan bagi Anda, gunakan LK-4.1.

Selanjutnya Anda diskusikan hasil ujicoba Anda dengan kelompok Anda. Sebagai referensi, gunakan Tabel 4.2: Karakteristik Elektropa (**Appendix 5**) untuk membandingkan hasil uji coba Anda.

Jika memerlukan klarifikasi dan kejelasan tentang materi yang didiskusikan, mintalah widyaiswara/fasilitator untuk memberikan penjelasan tambahan agar semua materi dapat Anda kuasai.

Aktivitas 2: Diskusi dan menggali informasi tentang istilah dan simbol las

Bentuklah kelompok diskusi yang terdiri dari 4-5 orang perkelompok, kemudian masing-masing kelompok mendiskusikan dan menggali informasi tentang istilah dan simbol las dengan menguraikan/ menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK-4.2.

Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusinya dan kelompok lain memberi tanggapan, dan widyaiswara/fasilitator bersama peserta didik memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Jika memerlukan klarifikasi dan kejelasan tentang materi yang didiskusikan, mintalah widyaiswara/fasilitator untuk memberikan penjelasan tambahan agar semua materi dapat Anda kuasai.

Lembar Kerja KB 4: Las Busur Manual Lanjut

LK 4.1 Uji coba Karakteristik Elektroda

Petunjuk:

1. Bacalah secara seksama Materi 1-3.
2. Siapkan peralatan las busur manual dan bahan sambungan fillet sesuai keperluan pengelasan
3. Siapkan elektroda las, masing-masing minimal 3 batang elektroda untuk tiap-tiap jenis (*rutile, cellulose, dan low hydrogen*)
4. Sesuaikan besaran arus dengan diameter elektroda (Appendix 4)
5. Lakukan pengelasan posisi di bawah tangan (1F), dan catatlah karakter pengelasan menggunakan tabel berikut.
6. Beri penilaian 1-10 tiap karakter elektroda (1 = rendah/ tidak baik, 10= tinggi/baik)

Jenis Elektroda	Uji Coba	A	B	C	D	E	F
Elektroda Rutile	1.						
Elektroda Rutile	2.						
Elektroda Rutile	3						
Elektroda Cellulose	1						
Elektroda Cellulose	2						
Elektroda Cellulose	3						
Elektroda Low Hydrogen	1						
Elektroda Low Hydrogen	2						
Elektroda Low Hydrogen	3						

Keterangan:

- A. Tingkat (kecepatan) pengisian
- B. Kehalusan rigi las
- C. Percikan
- D. Kemudahan melepas terak
- E. Tingkat suara

LK 4.2 Istilah dan Simbol Las

Kerjakan/ uraikan secara singkat (poin-poin pokok) dari materi berikut (*tuliskan pada kertas yang disediakan*)

1. Istilah-istilah pada persiapan pengelasan
2. Istilah-Istilah pada proses pengelasan
3. Istilah pada hasil las
4. Gambarkan simbol las sambungan sudut bentuk T pada pelat tebal 12 mm, kaki las 12mm, dilas sekeliling menggunakan proses las busur manual.
5. Gambarkan simbol las sambungan tumpul kampuh V pada pelat tebal 12 mm, dengan gap 3mm dan sudut kampuh 60°.

E. Latihan

Latihan 1: Pengelasan Pelat Posisi 3F -Satu Jalur

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, guru pembelajar diharapkan mampu membuat sambungan T satu jalur pada pelat posisi vertikal (3F) menggunakan elektroda *rutile* dengan memenuhi kriteria:

1. lebar kaki las 6 mm
2. kaki las (*reinforcement*) seimbang dan rata
3. sambungan jalur rata
4. *undercut* maksimum 10 % dari panjang pengelasan
5. tidak ada *overlap*
6. perubahan bentuk / distorsi maksimum 5°.

ALAT DAN BAHAN

1. Alat :

- Seperangkat mesin las busur manual
- Peralatan bantu
- Peralatan keselamatan & kesehatan kerja

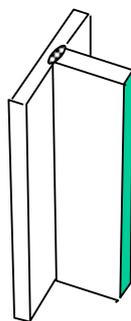
2. Bahan :

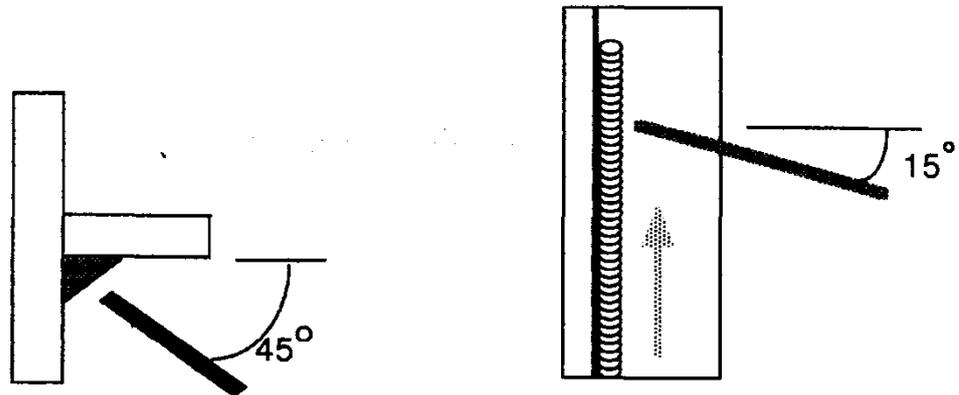
- Pelat baja lunak, ukuran 8 x 70 x 200 mm, 2 buah
- Elektroda jenis rutile (E 6013) \varnothing 3,2 mm

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

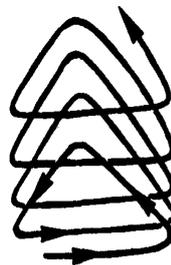
1. Gunakan helm/ kedok las yang sesuai (shade 10-11).
2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.
3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.
5. Ikuti langkah kerja secara benar
6. Hati-hati dengan benda panas hasil pengelasan.
7. Tanyakan hal-hal yang belum difahami kepada pembimbing sebelum melakukan pekerjaan.

GAMBAR KERJA





Posisi benda kerja dan elektroda



Ayunan elektroda

LANGKAH KERJA

1. Menyiapkan 2 buah bahan /pelat baja lunak ukuran 70 x 200 x 8 mm .
2. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya dengan kikir atau grinda.
3. Merakit sambungan membentuk T (sudut 90°)
4. Membuat las catat pada ke dua ujung dan bersihkan hasil las catat menggunakan palu terak dan sikat baja.
5. Memeriksa kembali kesikuan sambungan.
6. Mengatur posisi benda kerja pada posisi 3F.
7. Melakukan pengelasan sambungan T satu jalur menggunakan elektroda E 6013 Ø3,2mm arah naik dengan penekanan pada konsistensi gerakan/ ayunan elektroda.
8. Memeriksa hasil pengelasan tiap jalur yang dikerjakan kepada pembimbing/ instruktur.

9. Mengulangi job tersebut jika hasil pengelasan belum mencapai kriteria minimum yang ditentukan.
10. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.

LEMBAR PENGAMATAN PROSES

Lama Pengerjaan : tanggal pukul s/d

NO	ASPEK YANG DIAMATI	KRITERIA	CEKLIS	
			Benar	Salah
1.	Keselamatan dan kesehatan kerja	Menggunakan kaca mata pengaman yang sesuai.		
		Memakai pakaian kerja		
		Memakai sepatu kerja		
2.	Peralatan kerja	Alat las diset sesuai SOP		
3.	Peletakan bahan	Vertikal		
4.	Pemilihan elektroda	AWS E 6013 Ø 3,2mm		
5.	Posisi elektroda	± 45° terhadap pelat dan 5 - 15° terhadap garis horizontal		
6.	Ayunan/ gerakan elektroda	Bentuk segi-tiga		
7.	Benda kerja setelah selesai dilas	Didinginkan dan dibersihkan		
8.	Akhir pekerjaan	Semua peralatan dirapikan		

LEMBAR PENILAIAN HASIL

NO	ASPEK YANG DINILAI	KRITERIA	CHECK LIST	
			K	BK
1.	Lebar kaki las	6mm, + 2, - 0mm		
2.	Bentuk jalur las	Seimbang dan rata		

NO	ASPEK YANG DINILAI	KRITERIA	CHECK LIST	
			K	BK
3.	Beda permukaan	0,5mm, \pm 0,5mm		
4.	<i>Undercut</i>	Maks. 0,5 x 10% panjang pengelasan		
5.	<i>Overlap</i>	0 %		
6.	Distorsi	Maksimum 5°		
7.	Terak terperangkap	Maksimum 2 mm ²		
8.	Kerapian pekerjaan	Bersih dan bebas percikan		

K= Kompeten

BK= Belum Kompeten

..... 20...

Penilai,

Latihan 2 : Pengelasan Pelat Posisi 3F -Dua Layer

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, guru pembelajar diharapkan mampu membuat sambungan T dua jalur bertumpuk (dua *layer*) pada pelat posisi vertikal (3F) menggunakan elektroda *rutile* dengan memenuhi kriteria:

1. lebar kaki las 8 mm
2. kaki las (*reinforcement*) seimbang dan rata
3. sambungan jalur rata
4. *undercut* maksimum 10 % dari panjang pengelasan
5. tidak ada *overlap*
6. terak terperangkap maksimum 2 mm².
7. perubahan bentuk / distorsi maksimum 5°.

ALAT DAN BAHAN

1. Alat :

- Seperangkat mesin las busur manual
- Peralatan bantu
- Peralatan keselamatan & kesehatan kerja

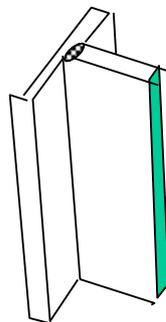
2. Bahan :

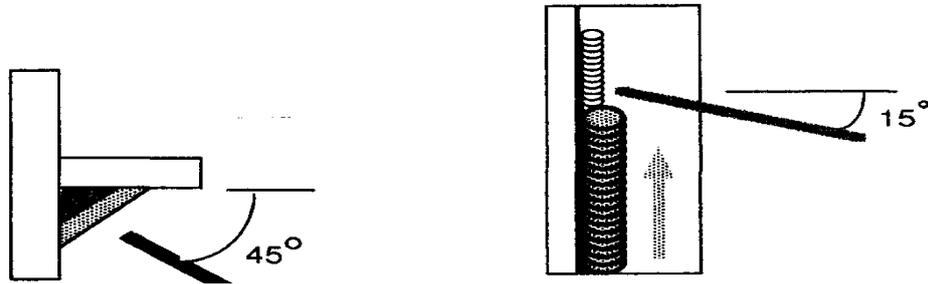
- Pelat baja lunak, ukuran 70 x 200 x 8 atau 10mm, 2 buah
- Elektroda jenis rutile (E 6013) \varnothing 3,2 mm

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

1. Gunakan helm/ kedok las yang sesuai (shade 10-11).
2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.
3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.
5. Ikuti langkah kerja secara benar
6. Hati-hati dengan benda panas hasil pengelasan.
7. Tanyakan hal-hal yang belum difahami kepada pembimbing sebelum melakukan pekerjaan.

GAMBAR KERJA





Posisi benda kerja dan elektroda



Ayunan elektroda pada jalur ke dua

LANGKAH KERJA

1. Menyiapkan 2 buah bahan /pelat baja lunak ukuran 70 x 200 x 8 atau 10 mm.
2. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya dengan kikir atau grinda.
3. Merakit sambungan membentuk T (sudut 90°)
4. Membuat las catat pada ke dua ujung dan bersihkan hasil las catat menggunakan palu terak dan sikat baja.
5. Memeriksa kembali kesikuan sambungan.
6. Mengatur posisi benda kerja pada posisi 3F.
7. Melakukan pengelasan sambungan T dua jalur bertumpuk menggunakan elektroda *rutile* E 6013 \varnothing 3,2mm arah naik dengan terlebih dahulu mengelas pada jalur pertama dengan cara yang sama dengan tugas 2.

Penekanan pengelasan ini adalah konsistensi pada gerakan/ ayunan elektroda dan lebar kaki las.

8. Memeriksa hasil pengelasan tiap jalur yang dikerjakan kepada pembimbing/ instruktur.

9. Mengulangi job tersebut jika hasil pengelasan belum mencapai kriteria minimum yang ditentukan.
10. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.

Lembar Pengamatan Proses

Nama Pekerjaan : _____

Nama Guru pembelajar : _____

No. I.D. Guru pembelajar : _____

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal pukul
Selesai tanggal pukul

NO	ASPEK YANG DIAMATI	KRITERIA	CEKLIS	
			Benar	Salah
1.	Keselamatan dan kesehatan kerja	Menggunakan kaca mata pengaman yang sesuai.		
		Memakai pakaian kerja		
		Memakai sepatu kerja		
2.	Peralatan kerja	Alat las diset sesuai SOP		
3.	Peletakan bahan	Vertikal		
4.	Pemilihan elektroda	AWS E 6013 Ø 3,2mm		
5.	Posisi elektroda	± 45° terhadap pelat dan 5 - 15° terhadap garis horizontal		
6.	Ayunan/ gerakan elektroda	Zig-zag		
7.	Benda kerja setelah selesai dilas	Didinginkan dan dibersihkan		
8.	Akhir pekerjaan	Semua peralatan dirapikan		

Lembar Penilaian Hasil

Nama Pekerjaan :
Nama Guru pembelajar :
No. I.D. Guru pembelajar :
Lama Pengerjaan : Mulai tanggal..... pukul
Selesai tanggal pukul

NO	ASPEK YANG DINILAI	KRITERIA	CHECK LIST	
			K	BK
1.	Lebar kaki las	8mm, +2, - 0 mm		
2.	Bentuk jalur las	Seimbang dan rata		
3.	Beda permukaan	0,5mm, \pm 0,5mm		
4.	<i>Undercut</i>	Maks. 0,5 x 10% panjang pengelasan		
5.	<i>Overlap</i>	0 %		
6.	Distorsi	Maksimum 5°		
7.	Terak terperangkap	Maksimum 2 mm ²		
8.	Kerapian pekerjaan	Bersih dan bebas percikan		

K= Kompeten

BK= Belum Kompeten

.....,20...

Penilai,

Latihan 3: Pengelasan Pelat Posisi 3G

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, guru pembelajar diharapkan mampu membuat sambungan tumpul kampuh V posisi tegak (3G) dilas satu sisi pada pelat menggunakan elektroda *rutile* dengan memenuhi kriteria :

1. lebar jalur las (*capping*) 16 mm
2. tinggi jalur las 2mm
3. sambungan jalur rata
4. penetrasi minimum 90%
5. undercut maksimum 10 % dari panjang pengelasan
6. tidak ada overlap
7. terak terperangkap maksimum 2 mm².
8. perubahan bentuk / distorsi maksimum 5°.

ALAT DAN BAHAN

1. Alat

- Seperangkat mesin las busur manual (SMAW)
- Satu set alat keselamatan dan kesehatan kerja las busur manual
- Satu set alat bantu las busur manual.

2. Bahan

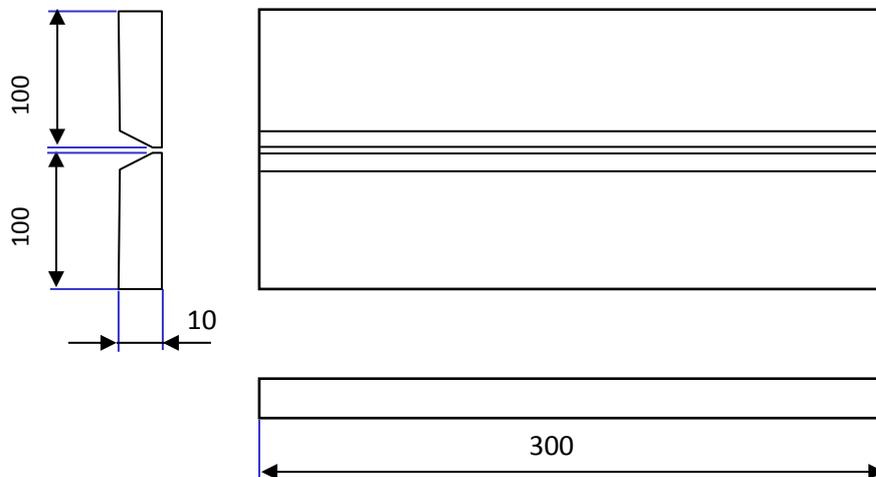
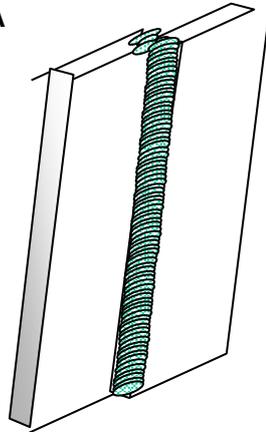
- Pelat baja lunak ukuran 100 x 300 x 10mm, dibevel 30°-35°.
- Elektroda AWS-E 6013 Ø 3,2mm dan Ø 2,6mm.
- Elektroda AWS-E 6010/11 Ø 3,2mm.

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

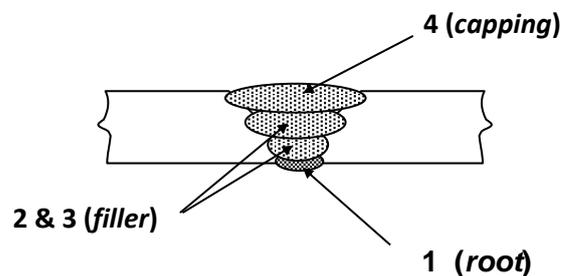
1. Gunakan helm/ kedok las yang sesuai (shade 10-11).
2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.
3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.
5. Ikuti langkah kerja secara benar

6. Hati-hati dengan benda panas hasil pengelasan.
7. Tanyakan hal-hal yang belum difahami kepada pembimbing sebelum melakukan pekerjaan.

GAMBAR KERJA

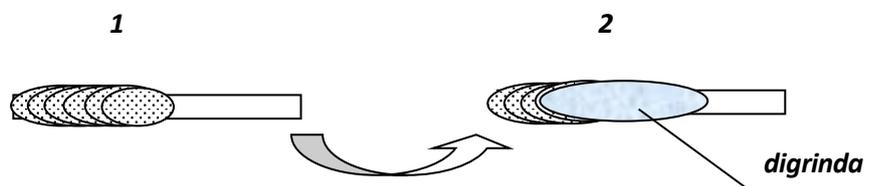


Urutan pengelasan :



LANGKAH KERJA

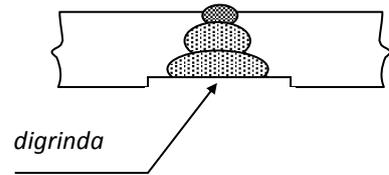
1. Siapkan peralatan las busur manual dan alat-alat bantu.
2. **Sebelum Anda melanjutkan pengelasan, lakukan terlebih dahulu latihan membuat jalur las posisi tegak ([Appendix 6](#))**
3. Siapkan minimum dua buah bahan las ukuran 100 x 300 x 10mm dibevel 30° - 35°, dan besar *root face* ± 1,5mm.
4. Tempatkan benda kerja pada posisi tegak dengan menggunakan alat bantu atau klem benda kerja.
5. Atur arus pengelasan sesuai dengan diameter elektroda (90 – 140 Amp.) atau lihat tabel rekomendasi besaran arus las pada bungkus elektroda.
6. Lakukan las catat pada tiga tempat dengan menggunakan elektroda AWS E 7016 atau 6010/11.
7. Bersihkan las cacat dengan sikat baja dan grinda agar penampang las catat sedikit tirus.



8. Lakukan pengelasan sesuai urutan pengelasan (*lihat Gambar Kerja*) menggunakan elektroda AWS E 6013 atau 7018 Ø 3,2mm atau Ø 2,6mm
9. Periksa hasil las pada pembimbing sebelum melanjutkan pada jalur berikutnya.

10. Lakukan menyetelan kembali pada mesin las jika diperlukan.

11. Sebelum dilakukan pengelasan *capping* grinda permukaan jalur las sehingga tersisa antara 0,5 – 1 mm dari permukaan bahan, yakni untuk menghasilkan *capping* yang rata dan seimbang.



12. Lanjutkan pengelasan sampai selesai, dan bertanyalah pada pembimbing bila ada hal-hal yang kurang difahami, terutama tentang teknik pengelasannya.

13. Bersihkan dan dinginkan benda kerja .

14. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.

15. Ulangi pekerjaan jika belum mencapai kriteria yang ditetapkan.

Lembar Pengamatan Proses

Nama Pekerjaan :

Nama Guru pembelajar :

No. I.D. Guru pembelajar :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal pukul

Selesai tanggal pukul

NO	ASPEK YANG DIAMATI	KRITERIA	CEKLIS	
			Benar	Salah
1.	Keselamatan dan kesehatan kerja	Menggunakan kaca mata pengaman yang sesuai.		
		Memakai pakaian kerja		
		Memakai sepatu kerja		
2.	Peralatan kerja	Alat las diset sesuai SOP		
3.	Peletakan bahan	Vertikal		
4.	Pemilihan elektroda	Jalur 1 (penetrasi): AWS E 7016 atau 6010/11 \varnothing 2,6 atau 3,2mm		

NO	ASPEK YANG DIAMATI	KRITERIA	CEKLIS	
			Benar	Salah
		Jalur 2 dst (pengisan dan <i>capping</i>): AWS E 7018 atau 6013 Ø 2,6 atau 3,2mm		
5.	Posisi elektroda	5- 15° terhadap garis vertikal		
6.	Ayunan/ gerakan elektroda	Setengah lingkaran dan/ atau Zig-zag		
7.	Benda kerja setelah selesai dilas	Didinginkan dan dibersihkan		
8.	Akhir pekerjaan	Semua peralatan dirapikan		

Lembar Penilaian Hasil

Nama Pekerjaan :
 Nama Guru pembelajar :
 No. I.D. Guru pembelajar :
 Lama Pengerjaan : Mulai tanggal pukul
 Selesai tanggal pukul

NO	ASPEK YANG DINILAI	KRITERIA	CHECK LIST	
			Benar	Salah
1.	Lebar jalur las (<i>capping</i>)	16mm, ±2mm.		
2.	Tinggi jalur	2mm, ± 1mm		
3.	Penetrasi	Minimum 90% dan berpadu/ cair		
4.	Bentuk jalur las	Lurus dan cembung		
5.	Undercut	Maks. 0,5 x 10% panjang pengelasan		
6.	Overlap	Tidak ada bagian yang overlap		

7.	Distorsi	Maksimum 5°		
8.	Keropos	Maksimum 4mm ²		
9.	Kerapian pekerjaan	Bersih dan bebas terak		

.....20...

Penilai,

Latihan 4: Pengelasan Pelat Posisi 4F – Dua Layer

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, guru pembelajar diharapkan mampu membuat sambungan T tiga jalur-dua layer pada pelat posisi di atas kepala (4F) menggunakan elektroda *rutile* dan *low hydrogen* dengan memenuhi kriteria:

1. lebar kaki las 8 mm
2. kaki las (*reinforcement*) seimbang dan rata
3. sambungan jalur rata
4. undercut maksimum 10 % dari panjang pengelasan
5. tidak ada overlap
6. terak terperangkap maksimum 2 mm².
7. perubahan bentuk / distorsi maksimum 5°.

ALAT DAN BAHAN

1. **Alat :**
 - Seperangkat mesin las busur manual
 - Peralatan bantu
 - Peralatan keselamatan & kesehatan kerja

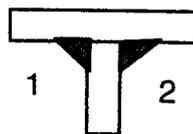
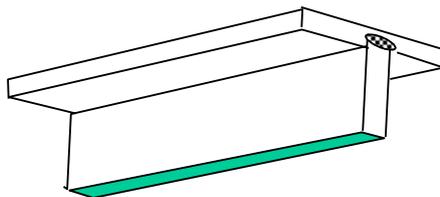
2. Bahan :

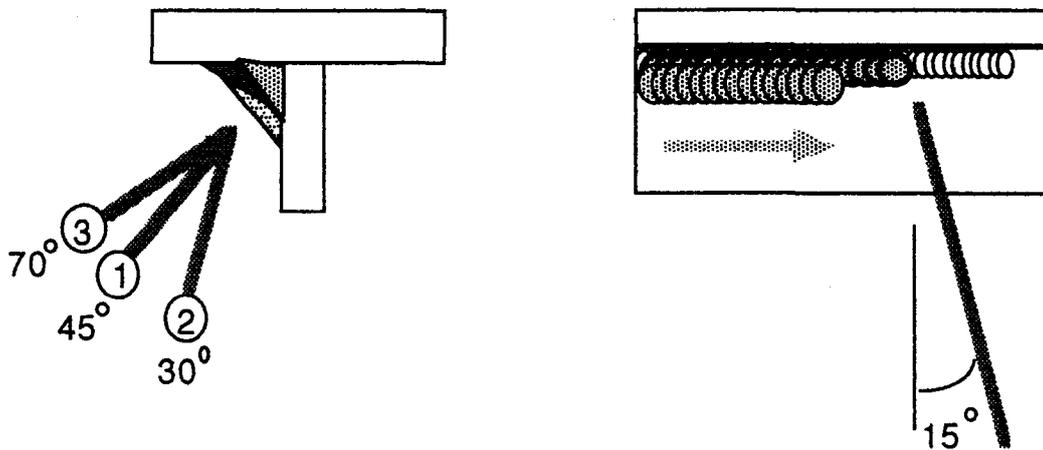
- Pelat baja lunak, ukuran 70 x 200 x 8 atau 10mm, 2 set
- Elektroda jenis *rutile* (E 6013) \varnothing 3,2 mm
- Elektroda jenis *low hydrogen* (E 7018) \varnothing 3,2 mm

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

1. Gunakan helm/ kedok las yang sesuai (shade 10-11).
2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.
3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.
5. Ikuti langkah kerja secara benar
6. Hati-hati dengan benda panas hasil pengelasan.
7. Tanyakan hal-hal yang belum difahami kepada pembimbing sebelum melakukan pekerjaan.

GAMBAR KERJA





Posisi benda kerja dan elektroda

LANGKAH KERJA

1. Menyiapkan 2 set (4 buah) pelat baja lunak ukuran 70 x 200 x 8 atau 10 mm .
2. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya dengan kikir atau grinda.
3. Merakit sambungan membentuk T (sudut 90°)
4. Membuat las catat pada kedua ujung dan bersihkan hasil las catat menggunakan palu terak dan sikat baja.
5. Memeriksa kembali kesikuan sambungan.
6. Mengatur posisi benda kerja pada posisi 4F.
7. Melakukan pengelasan sambungan T tiga jalur menggunakan elektroda *rutile* E 6013 Ø 3,2mm dengan terlebih dahulu mengelas pada jalur pertama (satu jalur).
8. Memeriksa hasil pengelasan tiap jalur yang dikerjakan kepada pembimbing/ instruktur.
9. Melakukan pengelasan sambungan T tiga jalur menggunakan elektroda *low hydrogen* E 7018 Ø 3,2mm dengan terlebih dahulu mengelas pada jalur pertama dengan cara yang sama dengan latihan pengelasan menggunakan elektroda *rutile* E 6013.
10. Mengulangi job tersebut jika hasil pengelasan belum mencapai kriteria minimum yang ditentukan.
11. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.

Lembar Pengamatan Proses

Nama Pekerjaan :
Nama Guru pembelajar :
No. I.D. Guru pembelajar :
Lama Pengerjaan : Mulai tanggal pukul
Selesai tanggal pukul

NO	ASPEK YANG DIAMATI	KRITERIA	CEKLIS	
			Benar	Salah
1.	Keselamatan dan kesehatan kerja	Menggunakan kaca mata pengaman yang sesuai.		
		Memakai pakaian kerja		
		Memakai sepatu kerja		
2.	Peralatan kerja	Alat las diset sesuai SOP		
3.	Peletakan bahan	Vertikal		
4.	Pemilihan elektroda	AWS E 6013 dan 7018 \emptyset 3,2mm		
5.	Posisi elektroda	$\pm 45^\circ$ terhadap pelat dan 5 - 15° terhadap garis vertikal		
6.	Ayunan/ gerakan elektroda	Tidak diayun (<i>no weaving</i>)		
7.	Benda kerja setelah selesai dilas	Didinginkan dan dibersihkan		
8.	Akhir pekerjaan	Semua peralatan dirapikan		

Lembar Penilaian Hasil

Nama Pekerjaan :
Nama Guru pembelajar :
No. I.D. Guru pembelajar :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal pukul
 Selesai tanggal pukul

NO	ASPEK YANG DINILAI	KRITERIA	CHECK LIST	
			Benar	Salah
1.	Lebar kaki las	8mm, +2, - 0 mm		
2.	Bentuk jalur las	Seimbang dan rata		
3.	Beda permukaan	0,5mm, ± 0,5mm		
4.	Undercut	Maks. 0,5 x 10% panjang pengelasan		
5.	Overlap	0 %		
6.	Distorsi	Maksimum 5°		
7.	Terak terperangkap	Maksimum 2 mm ²		
8.	Kerapian pekerjaan	Bersih dan bebas percikan		

Catatan: Penilaian dilakukan 2 kali: menggunakan elektroda E 6013 dan E 7018

.....20...
 Penilai,

Latihan 5: Pengelasan Pelat Posisi 4G

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih dengan tugas ini, guru pembelajar diharapkan mampu membuat sambungan tumpul kampuh V posisi di atas kepala (4G) dilas satu sisi (*single side*) pada pelat menggunakan elektroda *rutiledan low hydrogendengan* memenuhi kriteriai :

1. lebar jalur las (*capping*) 14 mm

2. tinggi jalur las 2mm
3. sambungan jalur rata
4. penetrasi minimum 90%
5. undercut maksimum 10 % dari panjang pengelasan
6. tidak ada overlap

7. terak terperangkap maksimum 2 mm².
8. perubahan bentuk / distorsi maksimum 5°.

ALAT DAN BAHAN

1. Alat

- Seperangkat mesin las busur manual (SMAW)
 - Satu set alat keselamatan dan kesehatan kerja las busur manual
 - Satu set alat bantu las busur manual.

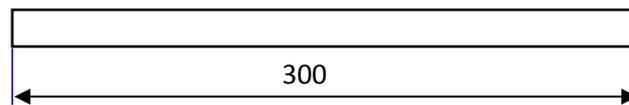
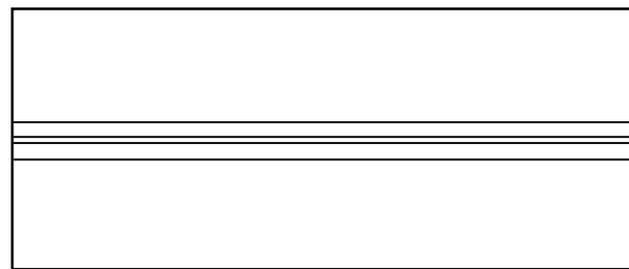
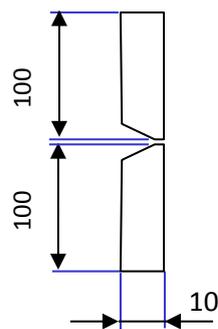
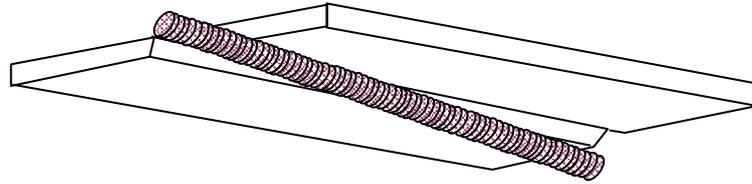
2. Bahan

- Pelat baja lunak ukuran 100 x 300 x 10mm, dibevel 30°-35°.
- Elektroda AWS-E 6013 dan E 7018 Ø 3,2mm dan Ø 2,6mm.
- Elektroda AWS-E 6010/11 dan/ atau E 7016 Ø 2,6mm

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

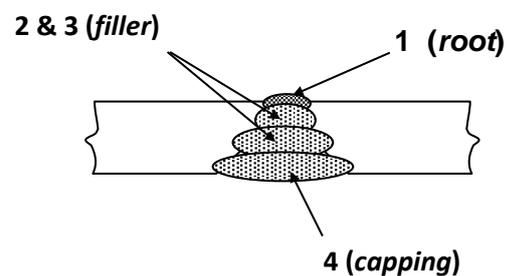
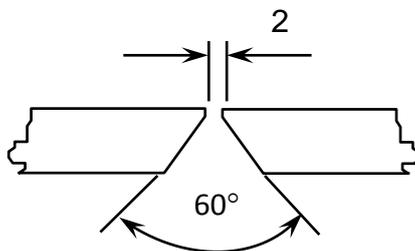
1. Gunakan helm/ kedok las yang sesuai (shade 10-11).
2. Rapihkan sisi-sisi tajam pelat dengan grinda atau kikir.
3. Pakailah pakaian kerja yang aman dan sesuai.
4. Gantilah kaca filter jika sudah rusak.
5. Ikuti langkah kerja secara benar
6. Hati-hati dengan benda panas hasil pengelasan.
7. Tanyakan hal-hal yang belum difahami kepada pembimbing sebelum melakukan pekerjaan.

GAMBAR KERJA



Persiapan kumpuh :

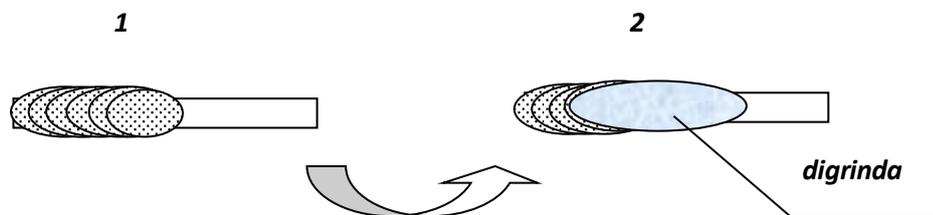
Urutan pengelasan :

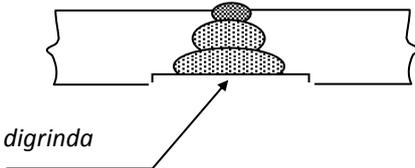


LANGKAH KERJA

1. Siapkan peralatan las busur manual dan alat-alat bantu.
2. Siapkan minimum dua buah bahan las ukuran 100 x 300 x 10mm dibevel 30° - 35°, dan besar *root face* ± 2mm.
3. Tempatkan benda kerja pada posisi di atas kepala dengan menggunakan alat bantu atau klem benda kerja.

4. Atur amper pengelasan sesuai dengan diameter elektroda (90 – 120 Amp) atau lihat tabel amper las pada bungkus elektroda.
5. Lakukan las catat pada tiga tempat dengan menggunakan elektroda AWS E 6010/11 (*cellulose*) atau dengan elektroda E 7016 (*low hydrogen*)
6. Bersihkan las cacat dengan sikat baja dan grinda agar penampang las catat sedikit tirus.



7. Lakukan pengelasan sesuai urutan pengelasan (*lihat Gambar Kerja*) menggunakan elektroda AWS E 6013 \varnothing 3,2mm atau \varnothing 2,6mm
8. Periksa hasil las pada pembimbing sebelum melanjutkan pada jalur berikutnya.
9. Lakukan menyetelan kembali pada mesin las jika diperlukan.
10. Sebelum dilakukan pengelasan *capping* grinda permukaan jalur las sehingga tersisa antara 0,5 – 1 mm dari permukaan bahan, yakni untuk menghasilkan *capping* yang rata dan seimbang. 
11. Lanjutkan pengelasan sampai selesai, dan bertanyalah pada pembimbing bila ada hal-hal yang kurang difahami, terutama tentang teknik pengelasannya.
12. Lakukan pengelasan dengan prosedur yang sama dengan menggunakan elektroda E 7018 sebagai bahan pengisi (*filler*) dan *capping*.
13. Bersihkan dan dinginkan benda kerja .
14. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.
15. Ulangi pekerjaan jika belum mencapai kriteria yang ditetapkan.

Lembar Pengamatan Proses

Nama Pekerjaan :
 Nama Guru pembelajar :
 No. I.D. Guru pembelajar :

Lama Pengerjaan : Mulai tanggal pukul
 Selesai tanggal pukul

NO	ASPEK YANG DIAMATI	KRITERIA	CEKLIS	
			Benar	Salah
1.	Keselamatan dan kesehatan kerja	Menggunakan kaca mata pengaman yang sesuai.		
		Memakai pakaian kerja		
		Memakai sepatu kerja		
2.	Peralatan kerja	Alat las diset sesuai SOP		
3.	Peletakan bahan	Di atas kepala (<i>over head</i>)		
4.	Pemilihan elektroda	Jalur 1 (penetrasi): AWS E 7016 atau 6010/11 Ø 2,6 atau 3,2mm		
		Jalur 2 dst (pengisian dan <i>capping</i>): AWS E 7018 atau 6013 Ø 2,6 atau 3,2mm		
5.	Posisi elektroda	80- 85° terhadap garis horizontal		
6.	Ayunan/ gerakan elektroda	Jalur penetrasi: setengah lingkaran <i>no weaving</i>		
		Pengisian dan <i>capping</i> : ditarik/ <i>no weaving</i>		
7.	Benda kerja setelah selesai dilas	Didinginkan dan dibersihkan		
8.	Akhir pekerjaan	Semua peralatan dirapikan		

Lembar Penilaian Hasil

Nama Pekerjaan :
Nama Guru pembelajar :
No. I.D. Guru pembelajar :
Lama Pengerjaan : Mulai tanggal pukul
Selesai tanggal pukul

NO	ASPEK YANG DINILAI	KRITERIA	CHECK LIST	
			Benar	Salah
1.	Lebar jalur las (<i>capping</i>)	14mm, + 2, - 0mm.		
2.	Tinggi jalur	2mm, ± 1mm		
3.	Penetrasi	Minimum 90%		
4.	Bentuk jalur las	Lurus dan cembung		
5.	Undercut	Maks. 0,5 x 10% panjang pengelasan		
6.	Overlap	Tidak ada bagian yang overlap		
7.	Distorsi	Maksimum 5°		
8.	Keropos	Maksimum 4mm ²		
9.	Kerapian pekerjaan	Bersih dan bebas terak		

..... 20 ...
Penilai,

F. Rangkuman

Penanganan/ penyimpanan elektroda perlu menjadi perhatian, karena salutan elektroda peka terhadap lembab, oleh karena itu elektroda yang telah dibuka dari bungkusnya disimpan dalam kabinet pemanas (oven) yang bersuhu kira-kira 15° C lebih tinggi dari suhu udara luar. Apabila tidak demikian, maka kelembaban akan menyebabkan salutan mudah terkelupas sehingga sulit untuk menyalakan atau busur tidak stabil,serta percikan yang berlebihan.

Istilah-istilah yang digunakan pada pengelasan dengan proses las busur manual pada dasarnya relatif sama dengan proses-proses las yang lain. Anda perlu memahami berbagai istilah las tersebut agar tidak terjadi kesalahan dalam pengerjaan persiapan, pelaksanaan dan pemeriksaan atau pengujian hasil las.

Istilah yang banyak digunakan pada persiapan pengelasan antara lain: *included angle*, *angle of bevel*, *root gap*, *backing bar* dan *backing strip*. Pada proses pengelasan digunakan istilah-istilah: *root run*, *sealing run*, *leg length*, *reinforcement*, HAZ, dan *toe*. *slag*, *arc length*, *key hole*, *tack weld*, dsb. Sedangkan padahasil pengelasan ada istilah: *undercut*, *overlap*, dan *lack of fusion*.

Disamping itu, pemahaman tentang simbol las juga sangat diperlukan oleh operator/ teknisi las, karena sangat berhubungan dengan pekerjaan las, terutama bila pekerjaan tersebut berupa “*project work*” yang membutuhkan kemampuan membaca gambar kerja. Untuk itu, Anda perlu memahami bentuk-bentuk sambungan las, aplikasi simbol las dalam pengelasan.

Pengelasan pelat posisi tegak dan di atas kepala terdiri dari sambungan sudut (*fillet*) dan sambungan tumpul kampuh V (*V-butt welding*), yakni posisi 3F, 4F, 3G dan 4G.

G. Umpan Balik dan Tidak Lanjut

Setelah Anda melakukan semua Kegiatan Pempelaran 4, berilah umpan balik terhadap hal-hal yang telah dipelajari/ temukan selama pembelajaran dan rencana pengembangan (tindak lanjut) terhadap pembelajaran berikutnya.

No	Materi yang Dipelajari	K	BK	Tindak Lanjut
1.	Pemilihan elektroda			
2.	Rekondisi elektroda			
3.	Penyimpanan elektroda			
4.	Istilah las			
5.	Simbol las			
6.	Pengelasan sambungan sudut posisi 3F			
7.	Pengelasan sambungan sudut posisi 4F			
8.	Pengelasan sambungan tumpul posisi 3G			
9.	Pengelasan sambungan sudut posisi 4G			
10.	Pengelasan sambungan sudut posisi 4F			

Keterangan:

1. **K** = beri tanda ceklis (√) jika Anda cukup bukti kompeten.
2. **BK** = beri tanda ceklis (√) jika Anda belum kompeten
3. **Tindak Lanjut**= Jika Anda belum kompeten, uraikan rencana pengembangan (tindak lanjut) agar Anda dapat menguasai materi tersebut



KEGIATAN PEMBELAJARAN 5

PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN HASIL LAS

A Tujuan Pembelajaran

Disediakan bahan ajar (modul), maka setelah mempelajari kegiatan belajar ini, guru pembelajar diharapkan mampu:

1. Melakukan pengelasan sambungan sudut pada pelat posisi tegak dan di atas kepala sesuai SOP
2. Melakukan pengelasan sambungan tumpul kampuh V pada pelat posisi tegak dan di atas kepala sesuai SOP.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)

20.25.6. Memeriksa dan menguji hasil las sesuai SOP

C. Uraian Materi

1. Pemeriksaan dan Pengujian Hasil Las Secara Tidak Merusak

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

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

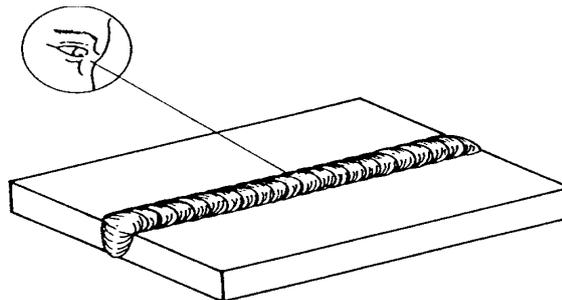
Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui apakah hasil pekerjaan telah sesuai dengan standar yang diakui.

Metode-metode yang biasa dilakukan dalam memeriksa dan menguji hasil las dirancang untuk dapat memeriksa kualitas hasil pengelasan baik pada bagian luar maupun bagian dalam tanpa merusak (*non destructive/NDT*) benda kerja. Adapun pemeriksaan dan pengujian tersebut terdiri dari :

- Pemeriksaan secara Visual (*visual inspection*)
- Pengujian dengan Pewarna (*liquid / dye penetrant testing*)
- Pengujian dengan partikel magnet (*magnetic particle testing*)
- Pengujian ultrasonik (*ultrasonic testing*)
- Pengujian dengan Radiografi / Sinar X (*radiographic examination*)

Walaupun ada beberapa jenis tes untuk pengujian tidak merusak akan tetapi hanya ada tiga jenis pengujian yang banyak dilaksanakan di lapangan, yaitu:

a. Pemeriksaan secara Visual

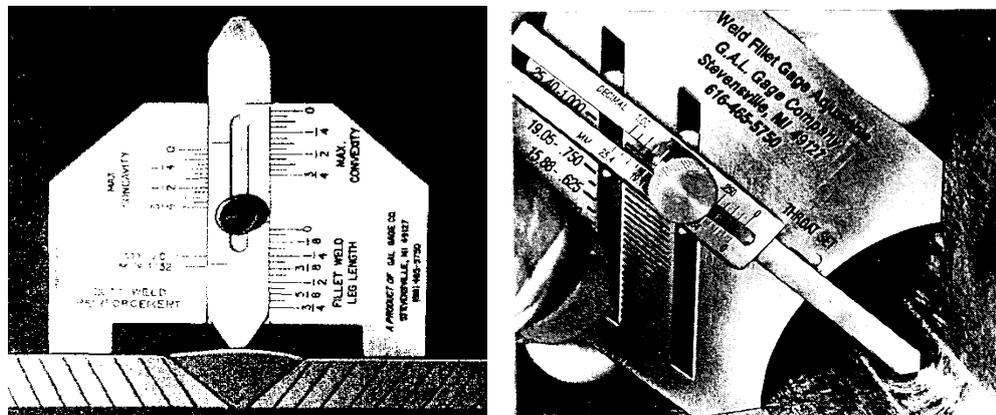


Dalam pemeriksaan visual ini, operator atau petugas pemeriksa perlu menggunakan alat-alat bantu sederhana seperti yang ditunjukkan pada gambar: Contoh memeriksa ukuran hasil las.

Pemeriksaan visual meliputi :

- Ukuran hasil las
- Bentuk rigi las
- Cacat las, dll

Contoh memeriksa ukuran hasil las :

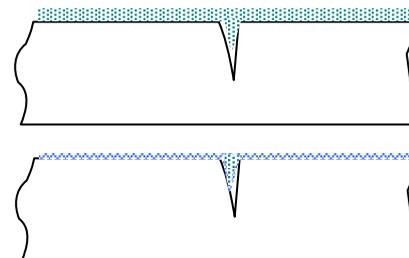


Gambar 29. Pemeriksaan Hasil Las dengan “Welding Gauge”

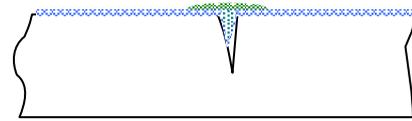
b. Pengujian dengan Pewarna

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui cacat las seperti retak atau rongga yang terbuka sampai ke permukaan. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- Membersihkan permukaan benda kerja, sehingga terbebas dari debu, minyak, dll
- Bersihkan zat pewarna yang berlebihan dari permukaan benda kerja
- Laburkan zat pengembang berwarna putih pada permukaan.
- Menyemprotkan zat pewarna dengan daya rembes yang tinggi (biasanya berwarna merah).
- Membersihkan zat pewarna yang berlebihan dari permukaan benda kerja.



- Menyemprotkan zat pengembang (biasanya berwarna putih) untuk menarik keluar zat pewarna dari retak.



Jika memang terdapat cacat, zat pewarna yang terperangkap akan terhisap keluar daerah yang retak atau pori-pori dan akan tercetak pada zat pengembang berwarna putih.

c. Pengujian dengan Partikel Magnet

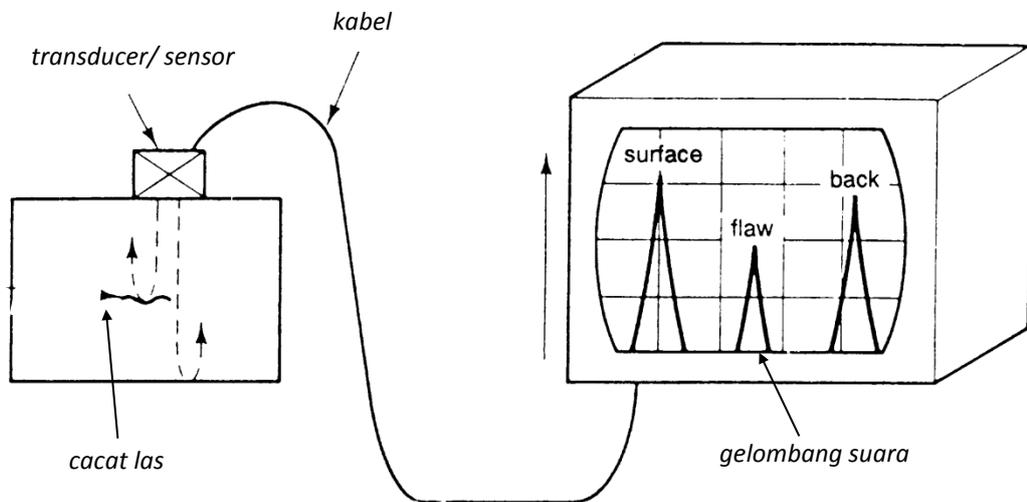
Pengujian dengan partikel magnet hanya untuk pengujian pada bahan magnetik, yaitu untuk melihat cacat las yang terjadi pada permukaan benda kerja dan juga cacat-cacat lain yang berdekatan dengan permukaan tersebut.

Cairan yang berisikan butiran/ partikel besi yang sangat halus atau serbuk hasil pengikiran yang kering (metode kering) disemprotkan atau diratakan dengan sikat baja pada daerah yang akan diuji. Kemudian arus listrik dilewatkan sehingga menciptakan/ membentuk medan magnet pada daerah yang diuji tersebut. Jika terbentuk patahan atau lingkaran medan magnet yang baru, maka di daerah tersebut berarti terjadi cacat las yang perlu mendapat perhatian selanjutnya oleh penguji.

d. Pengujian Ultrasonik (UT)

Pengujian ultrasonik dilakukan dengan cara melewatkan gelombang suara frekuensi tinggi pada hasil las. Setelah dilewatkan pada permukaan bahan tersebut, maka pada layar "*oscilloscope*" akan tergambar gelombang-gelombang yang kemudian dapat dianalisis karakteristiknya.

Gelombang suara yang lewat pada keseluruhan tebal bahan akan lebih panjang dibandingkan gelombang suara yang terputus oleh adanya cacat las, sehingga dengan demikian, maka penguji dapat memastikan di mana terdapat cacat las pada pengelasan tersebut.

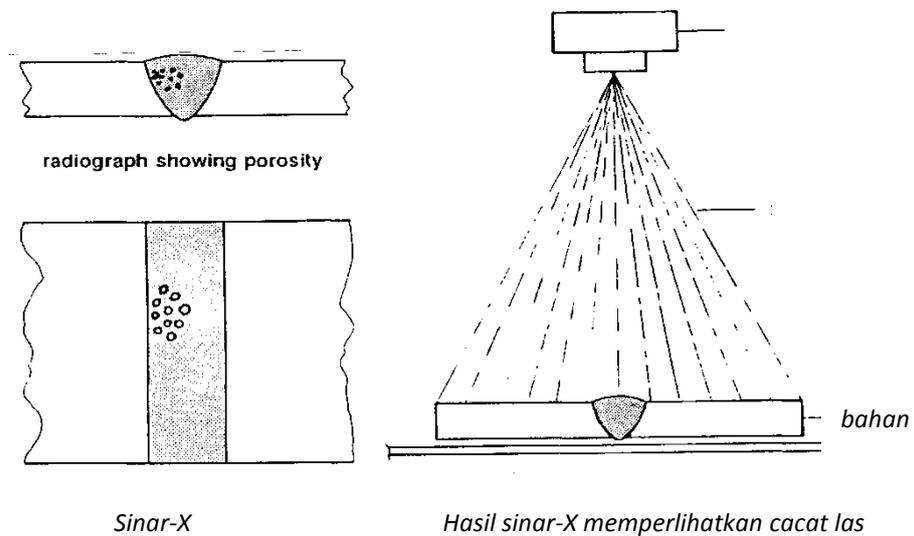


Gambar 30. Pemeriksaan Hasil Las dengan UT

c. Pengujian Radiografi (sinar X)

Pengujian dengan radiografi (*radiographic examination*) adalah tehnik pengujian tidak merusak dengan menggunakan sinar X yang tidak bisa dilihat, yakni untuk mengamati ciri-ciri internal suatu sambungan las. Prosesnya sama dengan fotografi biasa, kecuali bahwa disini digunakan sinar X, bukan cahaya, untuk pencahayaan film. Dalam pemeriksaan sinar X pada sebuah hasil pengelasan, film diletakkan dibawah benda uji. Film tersebut akan terkena pencahayaan sinar x yang menembus sambungan las, setelah proses pencahayaannya film dicuci dan film negatifnya akan menunjukkan citra profil hasil lasan beserta cacatnya.

Pemeriksaan radiografi banyak dipakai karena cara ini dapat dilakukan pada semua jenis bahan dan film negatifnya dapat disimpan sebagai dokumentasi yang permanen.



Gambar 31. Pengujian dengan Radiografi

2. Pengujian Secara Merusak

Pengujian secara merusak (*destructive test/DT*) dilakukan untuk memeriksa kualitas bahan, struktur, ataupun sambungan las, sehingga akan dapat mengukur:

- Kemampuan teknisi/ tukang/ juru las
- Proses dan prosedur pengelasan apakah sesuai dengan pekerjaannya
- Kualitas elektroda/kawat las

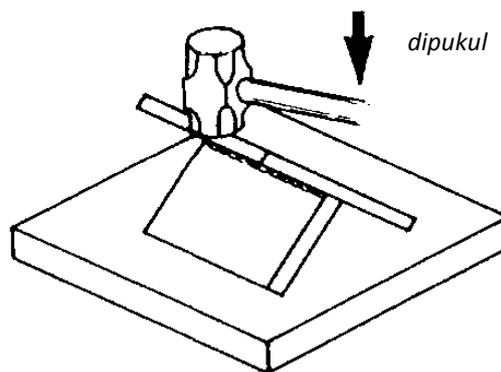
Dalam pengujian merusak antara lain ini meliputi :

- Pengujian pematihan sambungan sudut (*fillet break*)
- Pengujian pematihan kampuh las (*nick break*)
- Pengujian pelengkungan (*bend test*)
- Pengujian makro (*macro test*)

Sedangkan pengujian merusak dengan cara pengujian kekerasan, pengujian pukul kejut dan tegangan tarik tidak dibahas, mengingat tes-tes tersebut tidak banyak dilakukan di lapangan.

a. Pengujian Pematahan Las Sudut (*Fillet Break*)

Las tumpang (dilaskan pada satu sisi saja) dites dengan menekan sambungan atau memukulnya dengan palu untuk mematahkan hasil las. Bagian dalam rigi las kemudian diamati untuk menentukan kualitas dan kelayakannya.



Gambar 32. Pengujian Pematahan pada Sambungan Sudut

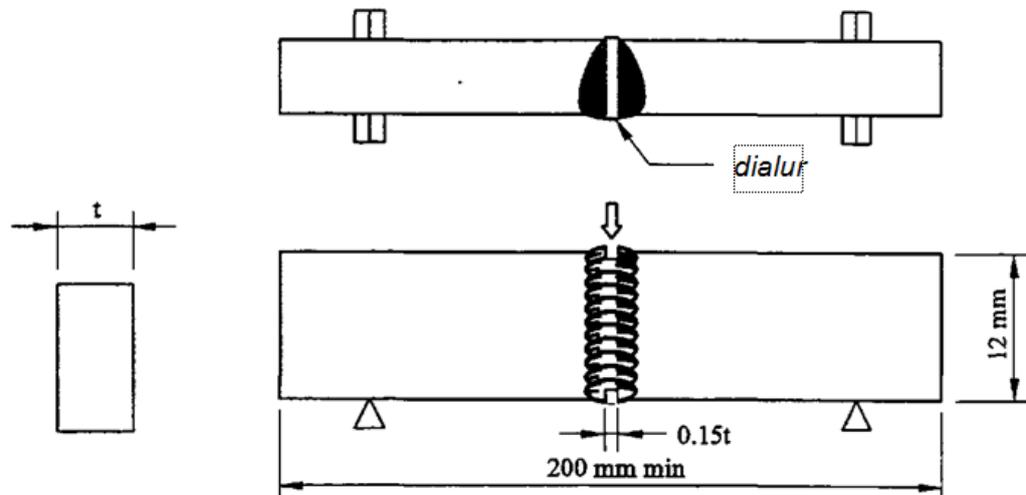
Tes pematahan pada sambungan *fillet* akan menunjukkan cacat-cacat las berikut ini :

- Kurangnya peleburan
- Rongga
- Terperangkapnya terak las
- Penembusan atau penetrasi yang kurang

b. Pengujian Pematahan Kampuh Las (*Nick Break*)

Pengujian pematahan kampuh las (*nick break*) ini mengukur kualitas internal penampang melintang dari sambungan las yang sudah selesai dikerjakan. Rigi las diiris/ dialur sedikit untuk memastikan agar bisa patah sepanjang rigi las.

Bagian ini dipatahkan dengan dipres atau ditahan pada ragum dan dipukul dengan palu.



Gambar 33. Pengujian Pematahan pada Sambungan Tumpul (*Nick Break*)

Pengujian ini akan menunjukkan cacat las sebagai berikut :

- Kurangnya penetrasi
- Rongga
- Terperangkapnya terak

c. Pengujian Pelengkungan (*Bend Test*)

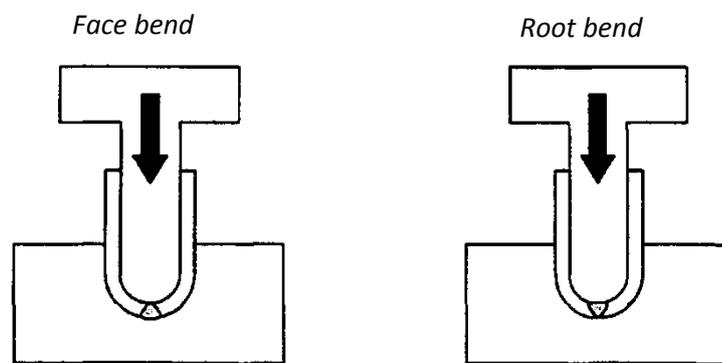
Tes pelengkungan (*root dan face bend-test*) adalah untuk mengetahui keliatan dan cacat las. Keliatan adalah sifat mekanis logam untuk dapat diregang dan dilengkungkan tanpa menjadi patah.

Suatu sampel diambil dari bagian yang sudah dilas serta digerinda atau dikikir halus sebelum dilengkungkan. Sampel tersebut kemudian diletakkan dibawah alat pres dan dilengkungkan tanpa menjadi patah atau retak.

Tes pelengkungan yang banyak dilakukan adalah :

- Pelengkungan permukaan rigi las (*capping*)

- Pelengkungan akar rigi las (*root*)
- Pelengkungan sisi rigi las

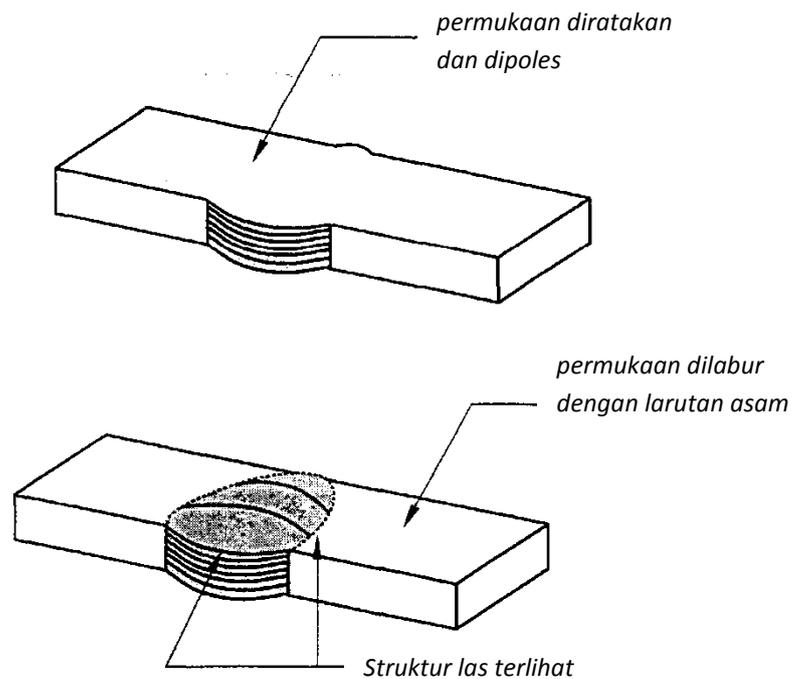


Gambar 34. Pengujian Pengungkungan (Bend Test)

d. Pengujian Makro (Macro Test)

Logam yang disambung dengan sambungan sudut dan sambungan tumpul dites dengan pengamatan makro untuk mengetahui hasil las, daerah peleburan, dan daerah disekitarnya. Suatu penampang melintang kecil dipotongkan dari hasil pengelasan dan digosok dengan kertas amplas dan dipoles dengan berbagai tingkatan kehalusan sampai permukaannya menyerupai cermin. Permukaan tersebut kemudian dilabur dengan larutan asam tertentu. Cara ini akan memunculkan :

- Jalur las
- Jumlah jalur las (run) pada sambungan
- Tingkat penembusan dan daerah peleburan
- Daerah pengaruh panas (HAZ / *Heat Affected Zone*)
- Cacat las



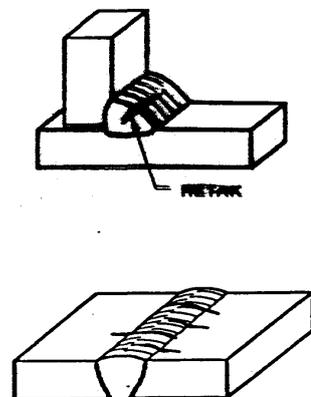
Gambar 35. Pengujian Makro (Macro Test)

3. Pengenalan Cacat Las

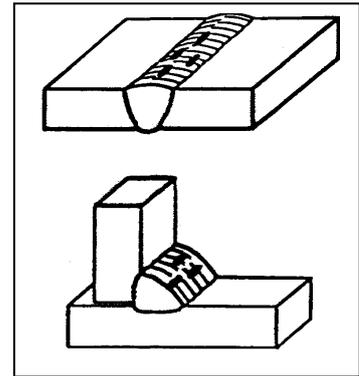
Yang dimaksud dengan cacat las adalah kerusakan hasil las yang pada umumnya dapat diamati/ dilihat secara visual.

a. Jenis Cacat Las dan Penyebabnya

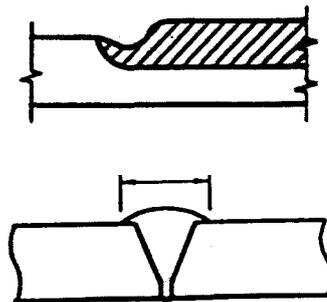
- 1) **Retak (*crack*)**, yaitu celah atau gap yang memutuskan atau memisahkan hasil las yang dapat terjadi pada jalur las atau pertemuan jalur las atau pada daerah pengaruh panas, hal ini disebabkan oleh pendinginan atau tegangan, jenis elektroda yang tidak sesuai dengan logam dasar.



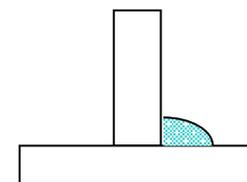
2) **Terak terperangkap (inclusion)**, yaitu suatu benda asing (bahan logam/kotoran) yang terperangkap dan berada di antara logam las. Hal ini dapat disebabkan oleh persiapan yang kurang baik atau teknik pengelasan yang salah/ tidak sesuai ketentuan.



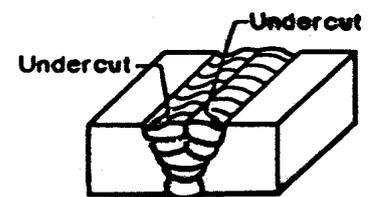
3) **Lubang pada akhir jalur las (crater)**, yaitu suatu titik atau beberapa titik lubang yang biasanya terjadi pada akhir jalur las, ini akibat oksidasi dari oksigen udara luar terhadap cairan logam atau sudut elektroda yang salah pada ujung jalur las.



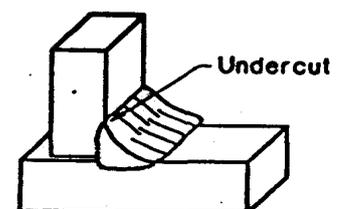
4) **Jalur las terlalu lebar**, yaitu kelebihan ukuran lebar jalur pada sambungan tumpul, ini dapat terjadi apabila gerakan/ayunan elektroda terlalu jauh atau tarikan elektroda terlalu pelan atau arus terlalu besar atau gabungan dari hal-hal di atas.



5) **Ukuran kaki las tidak sama**, yaitu kelebihan dan/atau kekurangan ukuran salah satu atau kedua kaki las pada sambungan sudut, hal ini di mungkinakan oleh sudut pengelasan yang tidak sesuai dengan ketentuan.

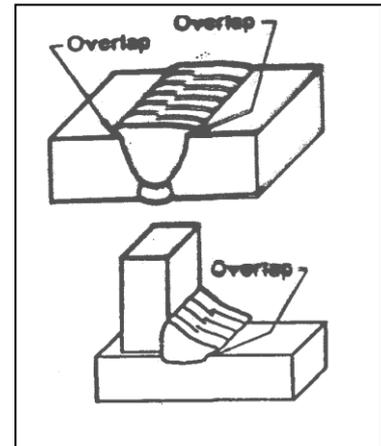


6) **Undercut**, yaitu suatu alur yang terjadi pada kaki las (toe), hal ini dapat terjadi antara lain karena penggunaan arus

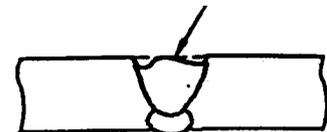


yang tidak sesuai atau gerakan/ayunan elektroda yang terlalu cepat.

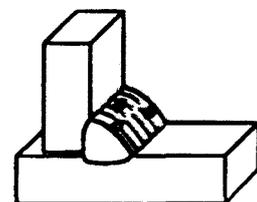
- 7) **Overlap**, yaitu kelebihan logam las pada bagian tepi yang menempel logam dasar dan tidak terjadi perpaduan antara logam las. Hal ini dapat terjadi karena arus yang terlalu rendah, sudut atau ayunan/gerakan elektroda yang salah.



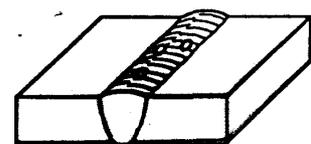
- 8) **Cekungan pada akar las (root concavity)**, yaitu suatu alur yang terjadi pada jalur penetrasi (*root*) sambungan tumpul yang diakibatkan oleh penggunaan jenis elektroda yang kurang sesuai, pengisian yang tidak sempurna, sudut elektroda yang salah atau karena *arc length* yang terlalu jauh.



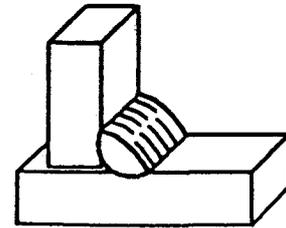
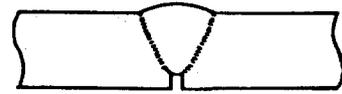
- 9) **Pengisian jalur kurang**, yaitu suatu alur atau celah panjang kontinyu atau terputus-putus pada sambungan tumpul yang disebabkan terutama oleh pengisian yang terlalu cepat dan ayunan/gerakan elektroda yang salah.



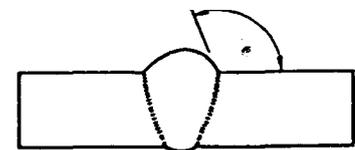
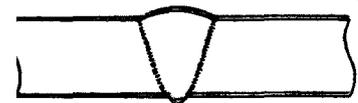
- 10) **Keropos (porosity)**, yaitu satu atau beberapa lubang udara yang terdapat di antara logam las. Hal ini dapat disebabkan terutama oleh faktor elektroda, a.l : terlalu lembab, berkarat atau tidak sesuai dengan jenis bahan yang dilas.



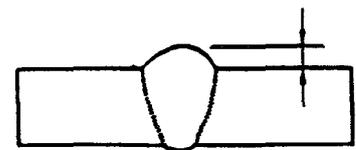
11) **Kurang penetrasi**, yaitu tidak terjadinya perpaduan di antara logam yang disambung yang terdapat pada dasar logam yang disebabkan karena arus pengelasan terlalu rendah, persiapan kampuh yang salah/ *gap* terlalu kecil, *arc length* terlalu jauh, atau karena gerakan elektroda terlalu cepat.



12) **Kelebihan penetrasi**, yaitu akar las pada sambungan tumpul yang terlalu tinggi/menonjol yang disebabkan oleh arus pengelasan terlalu tinggi, persiapan kampuh yang salah/ *gap* terlalu besar atau karena gerakan elektroda terlalu lambat.



13) **Bentuk penguat/ jalur las tidak simetris**, yaitu sudut yang di bentuk antara permukaan benda kerja dan garis singgung pada sisi penguat tidak sama, hal ini dimungkinkan karena sudut elektroda tidak sama.



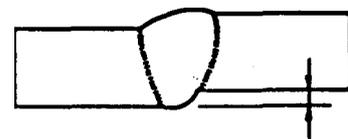
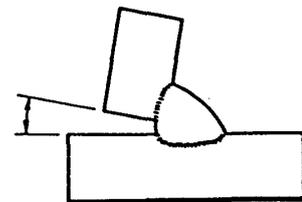
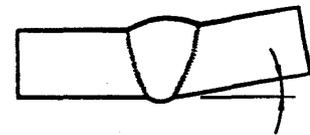
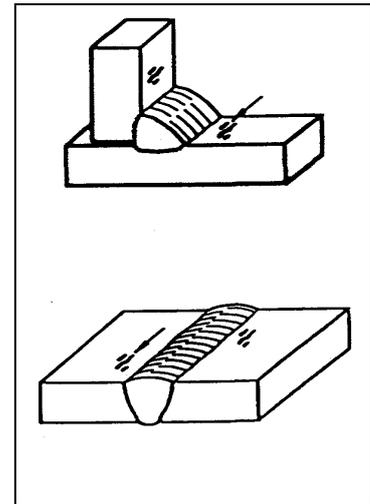
- 14) **Kelebihan pengisian**, yaitu jalur pengisian/ penguat pada sambungan tumpul terlalu tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena arus pengelasan agak rendah atau pengelasan terlalu lambat.

Kerusakan lain yang tidak berhubungan dengan logam las, akan tetapi termasuk pada kelompok cacat las adalah :

- 15) **Bekas pukulan**, yaitu kerusakan permukaan benda kerja di luar jalur las yang disebabkan oleh pukulan saat membersihkan terak atau saat persiapan.

- 16) **Penyimpangan sudut/distorsi**, yaitu perubahan bentuk pada dua bagian yang disambung sehingga membentuk sudut. Ini disebabkan oleh distorsi yang tidak terkontrol saat pengelasan atau persiapan yang kurang memperhitungkan distorsi yang akan terjadi

- 17) **Tidak segaris lurus**, yaitu hasil pengelasan di mana dua bagian yang disambung tidak satu bidang/ level atau seperti paralel. Hal ini terutama disebabkan oleh persiapan yang salah atau distorsi saat pengelasan.



4. Kriteria Hasil Las

Cacat las pada hasil las adalah sesuatu yang sangat mungkin terjadi dengan berbagai penyebab.

Selanjutnya untuk mengetahui sejauh mana kualitas hasil las yang dapat diterima perlu ada batasan cacat las tersebut dan dinamakan kriteria hasil las, artinya apabila suatu hasil las memenuhi kriteria minimum, maka hasil las tersebut dinyatakan dapat diterima dan sebaliknya apabila suatu hasil las tidak memenuhi kriteria minimum, hasil las tersebut dinyatakan tidak diterima dan pengelasannya dianggap belum memenuhi kompetensi yang diperlukan.

Adapun kriteria hasil las yang dimaksud adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Kriteria Hasil Las

NO.	CACAT LAS	KRITERIA HASIL LAS
1.	Retak	0 mm ² (Tidak ada retak)
2.	Terak terperangkap	Tidak lebih dari dua buah terak dengan luas 2mm ² untuk panjang pengelasan 200 mm.
3.	Lubang pada akhir jalur las	Tidak ada lubang pada akhir jalur las
4.	Jalur las terlalu lebar	Lebar jalur las pada sambungan tumpul tidak boleh lebih dari 3 mm dari pinggir kampuh las
5.	Ukuran kaki las tidak sama	Kaki las = tebal bahan dengan toleransi 2mm
6.	<i>Undercut</i>	Kedalaman <i>undercut</i> kurang dari 1,0 mm dengan panjang maksimum 10% dari 200mm panjang pengelasan.
7.	<i>Overlap</i>	Tidak ada bagian yang <i>overlap</i>

NO.	CACAT LAS	KRITERIA HASIL LAS
8.	Cekungan pada akar las	Kedalaman cekungan pada akar las maks. 1mm dan panjang cekungan maksimum 10% dari 200mm panjang pengelasan.
9.	Pengisian jalur kurang	Tinggi pengisian minimum sama/ rata dengan permukaan bahan yang di las/tidak ada cekungan pada pengisian jalur.
10.	Keropos	Tidak ada keropos/porositas pada logam las.
11.	Kurang penetrasi	Kekurangan penetrasi maksimum 15 mm untuk panjang pengelasan 200 mm.
12.	Kelebihan penetrasi	Ketinggian/kelebihan penetrasi maks. $2 \begin{smallmatrix} +2 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm
13.	Bentuk jalur las tidak simetris	Permukaan jalur las mempunyai bentuk teratur/ simetris dengan sudut tidak kecil dari 135°.
14.	Kelebihan tinggi pengisian	Tinggi pengisian pada sambungan tumpul dari permukaan benda kerja tidak boleh lebih dari 3 mm.
15.	Bebas pukulan	Tidak tampak bekas pukulan
16.	Penyimpangan/distorsi	Permukaan benda kerja tidak segaris kurang dari 2 mm penyimpangan sudut maksimum 5°.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas 1: Diskusi dan menggali informasi tentang pemeriksaan dan pengujian hasil las

Bentuklah kelompok diskusi yang terdiri dari 4-5 orang perkelompok, kemudian masing-masing kelompok mendiskusikan dan menggali informasi tentang

pemeriksaan dan pengujian hasil las dengan menguraikan/ menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK-5.1.

Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusinya dan kelompok lain memberi tanggapan, dan widyaiswara/fasilitator bersama peserta didik memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Jika memerlukan klarifikasi dan kejelasan tentang materi yang didiskusikan, mintalah widyaiswara/fasilitator untuk memberikan penjelasan tambahan agar semua materi dapat Anda kuasai.

Aktivitas 2: Menilai kualitas hasil pengelasan

Setelah Anda memahami tentang pemeriksaan dan pengujian hasil las, maka masing-masing kelompok melakukan penilaian terhadap hasil pengelasan dengan mengacu pada kriteria hasil las (Tabel 5.1).

Gunakan LK- 5.2 untuk melakukan kegiatan penilaian hasil pemotongan, dan diskusikan dalam kelompok hasil penilaian kelompok Anda.

Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil penilaiannya dan kelompok lain memberi tanggapan/ masukan, dan widyaiswara/fasilitator memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Lembar Kerja KB 5: Pemeriksaan dan Pengujian Hasil Las

LK 5.1 Pemeriksaan dan pengujian hasil las

Uraikan secara singkat (poin-poin pokok) dari materi berikut (*tuliskan pada kertas yang disediakan*)

1. Pemeriksaan dan pengujian hasil las secara tidak merusak
2. Pengujian secara merusak
3. Pengenalan cacat las
4. Kriteria hasil las

LK 5.2 Penilaian hasil pengelasan

Petunjuk:

1. Siapkan/ pilihlah beberapa benda kerja (minimal 2 benda kerja) hasil pengelasan yang terdiri dari sambungan sudut dan sambungan tumpul (sesuai arahan pelatih/ Widyaiswara).
2. Lakukan penilaian dengan mengisi tabel berikut:

No	Jenis Sambungan	Tebal Bahan	Aspek yang Dinilai	Penilaian *)
1.	Sambungan Sudut-1		Lebar kaki las	
			Bentuk jalur las	
			Beda permukaan	
			<i>Undercut</i>	
			<i>Overlap</i>	
			Distorsi	
	Terak terperangkap			
n	Sambungan Sudut-n		sda	
2.	Sambungan Tumpul-1		Lebar jalur las (<i>capping</i>)	
			Tinggi jalur	

No	Jenis Sambungan	Tebal Bahan	Aspek yang Dinilai	Penilaian *)
			Penetrasi	
			Bentuk jalur las	
			Undercut	
			Overlap	
			Distorsi	
n	Sambungan Tumpul-n		sda	

Anda dapat mengembangkan rincian tabel dan detail penilain sesuai kesepakatan grup.

*) **Penilaian** : Tetapkan kriteria penilaian sebelum Anda melakukan penilaian.

E. Latihan

Nil

F. Rangkuman

Pemeriksaan hasil las bertujuan untuk mengetahui kualitas suatu konstruksi, karena seluruh konstruksi harus sering diperiksa selama proses pembuatan/ fabrikasi, Sedangkan pengujian adalah untuk mengetahui apakah hasil pekerjaan telah sesuai dengan standar yang diakui.

Pemeriksaan dan pengujian tersebut terdiri dari: pemeriksaan secara visual (*visual inspection*), pengujian dengan pewarna (*liquid / dye penetrant testing*), pengujian dengan partikel magnet (*magnetic particle testing*), pengujian ultrasonik (*ultrasonic testing*), dan pengujian dengan Radiografi / Sinar X (*radiographic examination*).

Pengujian merusak antara lain ini meliputi: pengujian pematahan sambungan sudut (*fillet break*), pengujian pematahan kampuh las (*nick break*), pengujian pelengkungan (*bend test*), dan pengujian makro (*macro test*).

Adapun pengenalan cacat las adalah terkait dengan sejauh mana suatu hasil las dinyatakan dapat diterima atau hasil las tersebut tidak memenuhi kriteria minimum yang ditetapkan. Beberapa cacat las sangat penting dipahami dalam penilaian hasil las antara lain adalah: retak, *under cut*, *overlap*, *inclusion*, *porosity*, dan penetrasi

G. Umpan Balik dan Tidak Lanjut

Setelah Anda melakukan semua Kegiatan Pembelajaran 5, berilah umpan balik terhadap hal-hal yang telah dipelajari/ temukan selama pembelajaran dan rencana pengembangan (tindak lanjut) terhadap pembelajaran berikutnya.

No	Materi yang Dipelajari	K	BK	Tindak Lanjut
1.	Pemeriksaan dan pengujian hasil las secara tidak merusak			
2.	Pengujian secara merusak			
3.	Pengenalan cacat las			
4.	Kriteria hasil las			

Keterangan:

- K = beri tanda ceklis (√) jika Anda cukup bukti kompeten.**
- BK = beri tanda ceklis (√) jika Anda belum kompeten**
- Tindak Lanjut=** Jika Anda belum kompeten, uraikan rencana pengembangan (tindak lanjut) agar Anda dapat menguasai materi tersebut

KUNCI JAWABAN

Latihan 1: Perhitungan dan pembuatan pola (KB 1)

1. Hitunglah ukuran (diameter) pola eksternal, menggunakan jiplak magnet untuk pemotongan pelat \varnothing 217 mm, jika diketahui :
 - diameter rol = 13 mm
 - lebar potongan (*kerf*) = 1,2 mm
 - buatlah (lukislah) gambar mal/ pola pada kertas A4.

Perhitungan :

Radius lingkaran luar	= 217 mm
$\frac{1}{2}$ diameter rol	= 6,5 mm
$\frac{1}{2}$ lebar potongan	= 0,6 mm
Radius pola	= 217 – 6,5 mm (1/2 dia.rol)
	= 210,5 mm
	= 210,5 + 0,6 (1/2 lebar potongan)
Pola eksternal	= <u>211,1 mm</u>

EVALUASI

Beri tanda silang (X) jawaban yang paling tepat dari pertanyaan-pertanyaan berikut:

A. KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

1. Gas potong yang dapat digunakan untuk pemotongan pelat baja karbon adalah
 - a. Gas C₂H₂ dan O₂ atau Gas C₃H₈ dan O₂
 - b. Gas C₃H₈ dan O₂ atau H₂O dan O₂
 - c. Gas C₃H₈ dan C₂H₂ atau CO₂ dan O₂
 - d. CaC₂ dan O₂ atau Gas C₃H₈ dan CO₂

2. Tekanan kerja untuk pemotongan pelat baja karbon tebal 10mm dengan gas C₂H₂ dan O₂ adalah
 - a. C₂H₂ = 50 kPa; O₂ = 100 kPa
 - b. C₂H₂ = 100 kPa; O₂ = 200 kPa
 - c. C₂H₂ = 200 kPa; O₂ = 100 kPa
 - d. C₂H₂ = 50 kPa; O₂ = 200 kPa

3. Mana dari mesin-mesin berikut yang cocok untuk produksi jumlah banyak (mass product) dalam berbagai bentuk pada pelat rata?
 - a. Mesin potong radial
 - b. Mesin potong pipa
 - c. Mesin potong koordinat
 - d. Mesin potong lurus

4. Yang tidak termasuk penggunaan mesin pemotong lurus adalah....
 - a. Membuat kampuh V
 - b. Memotong lurus
 - c. Membuat pelat strip
 - d. Lingkaran dengan radius besar

5. Apa penyebab hasil potongan menyatu kembali pada proses pemotongan dengan C₂H₂ dan O₂?
 - a. Tekanan kerja gas C₂H₂ terlalu tinggi kecepatan potong tinggi
 - b. Volume gas O₂ terlalu banyak gerakan pemotongan cepat

- c. Volume gas C₂H₂ terlalu banyak dan percepatan potong rendah
 - d. Volume gas O₂ terlalu banyak dan kecepatan potong tinggi.
6. Yang tidak termasuk kelebihan *nozzle* potong kecepatan tinggi adalah
- a. lebar potongan kecil (sempit)
 - b. sedikit logam yang terbang
 - c. desainnya khusus
 - d. sedikit oksigen yang dibutuhkan
7. Perhatikan data pengoperasian untuk pemotongan LPG berikut !

Data-Pengoperasian ^α				Pemakaian ^α		
Tebal-bahan ^α	Ukuran Nozzle ^α	Tekanan-kPa-(psi) ^α		Kecepatan-Potong:-mm/sec-(in/min) ^α	LPG [¶]	Jumlah-oxygen-liter/min ^α
		Oxygen ^α	LPG ^α		(ft ³ /h) ^α	(ft ³ /h) ^α
6-(1/4) [¶]	8 [¶]	180-(15) [¶]	100-(15) [¶]	6-(15) [¶]	3-(6.0) [¶]	16-(32) [¶]
12-(1/2) [¶]	12 [¶]	200-(30) [¶]	100-(15) [¶]	5-(13) [¶]	4-(8.0) [¶]	34-(67) [¶]
20-(3/4) [¶]	12 [¶]	235-(35) [¶]	100-(15) [¶]	5-(12) [¶]	4-(8.0) [¶]	39-(78) [¶]
25-(1) [¶]	15 [¶]	200-(15) [¶]	100-(15) [¶]	5-(10) [¶]	4-(8.5) [¶]	57-(113.5) [¶]

Berdasarkan data di atas, maka

- a. Untuk memotong pelat tebal 20mm dengan mesin potong lurus (*straight line tractor*) diatur kecepatan potong 6 mm/sec dengan pemakaian LPG sebesar 4 liter/min.
- b. Untuk memotong pelat tebal 25mm dengan mesin potong lurus (*straight line tractor*) diatur kecepatan potong 5 mm/sec dengan pemakaian LPG sebesar 4 liter/min
- c. Untuk memotong pelat tebal 20mm dengan mesin potong lurus (*straight line tractor*) diatur kecepatan potong 15 mm/sec dengan pemakaian LPG sebesar 3 liter/min.

- d. Untuk memotong pelat tebal 25mm dengan mesin potong lurus (*straight line tractor*) diatur kecepatan potong 10 mm/sec dengan pemakaian LPG sebesar 3 liter/min.

B. JAWABAN SINGKAT

1. Pada awalnya, gas LPG tidak berbau, kemudian Pertamina menambahkan gas “mercaptan”, yang baunya khas dan menusuk hidung. Apa fungsinya?
.....

2. Tuliskan fungsi dan penggunaan masing-masing mesin potong berikut:
 - a. Pemotong lurus :
.....
.....

 - c. Pemotong radial :
.....
.....

3. Apa faktor-faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pemotongan dengan panas (oksi-asetilen)
.....
.....

C. KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

1. Disain *nozzle* pengalur berbeda dengan *nozzle* pemotong. Pada *nozzle* pengalur mempunyai :
 - a. mulut oksigen potong yang lebih kecil
 - b. beberapa lubang pemanasan awal yang lebih besar
 - c. mulut oksigen potong yang lebih besar
 - d. beberapa lubang pemanasan awal yang lebih kecil

2. Konsumsi oksigen pada proses pengaluran bila dibandingkan dengan proses pemotongan adalah :
 - a. lebih sedikit
 - b. lebih banyak
 - c. sama banyak
 - d. tergantung pada tebal bahan

3. Ukuran dan bentuk alur dipengaruhi
 - a. tekanan gas
 - b. sudut potong
 - c. ukuran nozzle
 - d. semua benar

4. Tekanan gas yang disarankan untuk penggunaan tip 32 GB adalah :
 - a. C₂H₂ = 100 kPa, O₂ = 600 kPa
 - b. C₂H₂ = 100 kPa, O₂ = 500 kPa
 - c. C₂H₂ = 100 kPa, O₂ = 550 kPa
 - d. C₂H₂ = 100 kPa, O₂ = 400 kPa

5. Teknik pengaluran setempat sangat cocok digunakan untuk
 - a. membuang kerusakan kecil
 - b. membuat alur memanjang
 - c. mengalur bagian belakang hasil las sambungan tumpul
 - d. mengalur arah melintang

D. KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

1. Istilah plasma adalah merupakan
 - a. tekanan pada aliran arus listrik
 - b. ionisasi gas
 - c. jenis arus listrik yang digunakan.
 - d. tidak ada satu pun pertanyaan di atas yang benar

2. Sumber tenaga untuk pemotongan busur plasma berasal dari :
 - a. transformator
 - b. generator
 - c. transformator/*rectifier*
 - d. alternator

3. Elektroda untuk busur plasma dibuat dari
 - a. tungsten
 - b. karbon/ grafit
 - c. karbon/ tembaga
 - d. chrom/ titanium

4. Pemotongan dengan busur plasma menggunakan gas pelindung sekunder agar :
 - a. arus mengalir sangat mudah sekali
 - b. mempercepat pemotongan
 - c. menurunkan distorsi
 - d. melindungi busur dan benda kerja dari pengaruh sekelilingnya

5. Gas pelindung sekunder untuk busur plasma digunakan :

a. Oksigen	c. Nitrogen
b. Karbon monoksida	d. Helium

6. Elektroda busur plasma, bekerja dengan :

a. DC Negatif (-)	c. AC Frekuensi Tinggi
b. DC Positif (+)	d. semua benar

JAWABAN SINGKAT

1. Uraikan macam-macam bahan yang dapat dipotong dengan busur plasma...

.....
.....

2. Keuntungan penggunaan pemotongan dengan busur plasma...

.....
.....

E. KEGIATAN PEMBELAJARAN 4

1. Jika penanganan elektroda kurang diperhatikan, akan berdampak pada proses dan hasil pengelasan.

Yang **bukan** merupakan dampak dari kondisi elektroda yang kurang baik adalah....

- dapat menyebabkan keropos (*porosity*)
- keretakan pada hasil las
- overlap*
- banyak percikan dan asap las

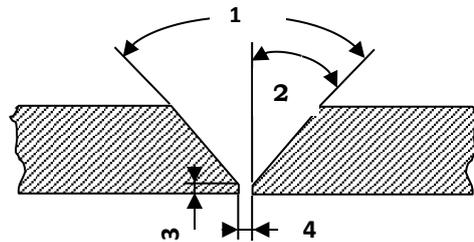
2. Jenis elektroda dengan tingkat kehalusan rigi las dan percikan yang paling sedikit (baik) adalah....

- E 7024 dan 7027
- E 7024 dan 7028
- E 7016 dan 7018
- E 6013 dan 6014

3. Elektroda yang direncanakan untuk penetrasi yang dalam adalah

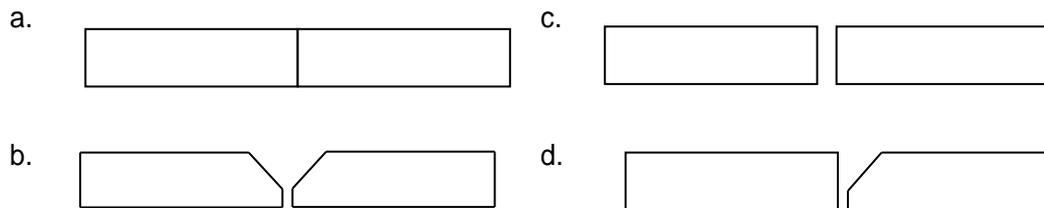
- Cellulose dan serbuk besi
- Serbuk besi dan rutile
- Rutile dan low hydrogen
- Low hydrogen dan cellulose

4. Perhatikan gambar berikut !

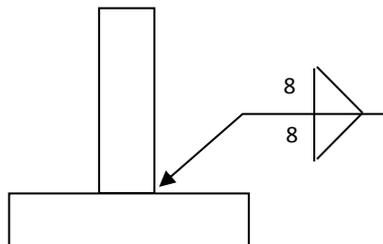


Berdasarkan gambar di atas, penunjukan sudut bevel dan ukuran root face adalah

- Nomor 1 dengan besar sudut $60^\circ - 70^\circ$ dan nomor 3 dengan lebar antara 0 – 1 mm
 - Nomor 1 dengan besar sudut $30^\circ - 35^\circ$ dan nomor 3 dengan lebar antara 1 – 2 mm
 - Nomor 2 dengan besar sudut $60^\circ - 70^\circ$ dan nomor 4 dengan lebar antara 0 – 2 mm
 - Nomor 2 dengan besar sudut $30^\circ - 35^\circ$ dan nomor 3 dengan lebar antara 1 – 3 mm
5. Yang dimaksud “*root face*” pada persiapan sambungan tumpul adalah
- Tebal/tinggi permukaan kampuh las yang dimiringkan.
 - Tebal/tinggi maksimal logam las.
 - Tebal/tinggi permukaan kampuh las yang tegak lurus dengan permukaan logam bagian bawah
 - Lebar celah antara dua permukaan bahan bagian dasar atau “*root*”
6. Besarnya sudut kampuh (*include angle*) las secara umum pada sambungan tumpul kampuh V adalah
- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| a. $25^\circ - 30^\circ$ | c. $60^\circ - 70^\circ$ |
| b. $30^\circ - 35^\circ$ | d. $60^\circ - 75^\circ$ |
7. Bentuk persiapan kampuh las untuk sambungan tumpul pelat baja lunak tebal 10 mm adalah

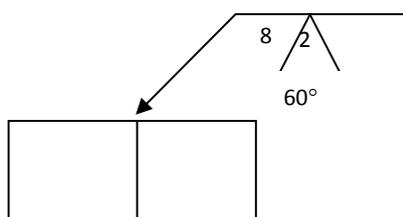


8. Arti dari simbol las berikut adalah



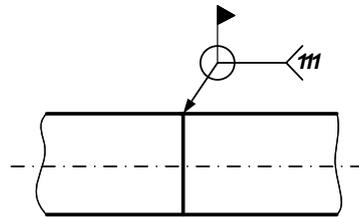
- Pengelasan sambungan tumpul dengan kaki las 8 mm
- Pengelasan sambungan tumpul dilas dua sisi
- Pengelasan sambungan sudut dengan kaki las 8 mm
- Pengelasan sambungan sudut posisi 2G dilas dua sisi

9. Arti dari simbol las berikut adalah



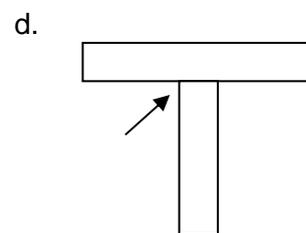
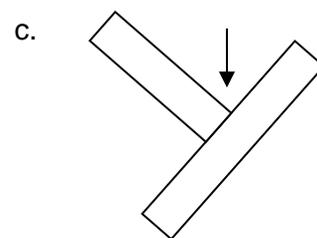
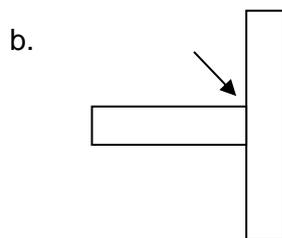
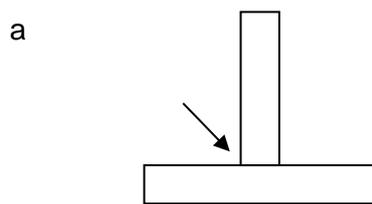
- Pengelasan sambungan tumpul dengan kaki las 2 mm
- Pengelasan sambungan tumpul posisi 1G dilas dua sisi
- Pengelasan sambungan tumpul posisi 2G dilas dua sisi
- Pengelasan sambungan tumpul dengan root gap 2mm dan sudut kampuh 60°

10. Simbol las dalam pekerjaan fabrikasi logam seperti pada gambar di bawah ini menunjukkan pengelasan menggunakan sambungan las tumpul V dan dilakukan pada

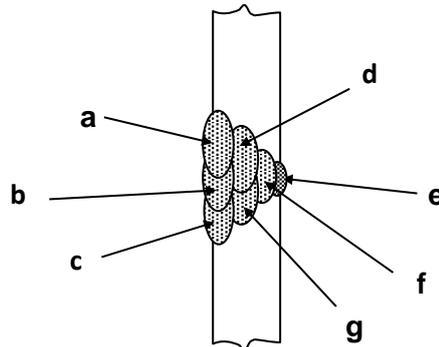


- a. sekeliling benda kerja dan dikerjakan dilapangan
- b. sekeliling benda kerja dan dikerjakan dibengkel
- c. bagian sisi atas benda kerja dan dikerjakan dilapangan
- d. bagian sisi atas benda kerja dan dikerjakan dibengkel

11. Penempatan bahan pada pengelasan sambungan tumpul pelat baja lunak posisi 4F adalah



12. Perhatikan gambar berikut !



Urutan pengelasan sambungan tumpul (v-butt) posisi 2G seperti gambar di atas adalah....

- a. a, b, c, d, e, f, g
- b. c, b, a, d, e, f, g
- c. e, f, g, d, a, b, c
- d. e, f, g, d, c, b, a

F. KEGIATAN PEMBELAJARAN 5

1. Lebar jalur las (*capping*) pada sambungan tumpul kampuh V pada pelat dengan tebal bahan 10 mm adalah
 - a. maksimum 3 mm dari pinggir kampuh las
 - b. 2 x tebal bahan
 - c. 14 – 16 mm.
 - d. 12 - 18 mm
2. Ukuran leher las (*throat*) pada sambungan sudut (T) adalah
 - a. Sama dengan tebal bahan.
 - b. Sama dengan tebal bahan + 1 mm
 - c. 0,75 x tebal bahan
 - d. 6,0 mm

3. *Undercut* yang diizinkan untuk pengelasan pelat baja karbon adalah ...
 - a. kedalaman 0,5 mm, maks. panjang 15 mm x 200 mm panjang pengelasan
 - b. kedalaman 1,0 mm, maks. panjang 15 mm x 200 mm panjang pengelasan
 - c. kedalaman 0,5 mm, maks. 10 % panjang pengelasan
 - d. kedalaman 1,0 mm, maks. 10 % panjang pengelasan

4. Berikut ini yang **tidak termasuk** penyebab terjadinya undercut adalah
 - a. sudut elektroda tidak sesuai
 - b. arus las terlalu tinggi
 - c. jarak busur las (arc length) pendek
 - d. jarak busur las (arc length) terlalu jauh

5. Penyebab utama terjadinya penembusan tidak sempurna (incomplete penetration) adalah...
 - a. busur las terlalu panjang / jauh
 - b. elektroda terlalu kecil
 - c. arus terlalu tinggi
 - d. gab terlalu lebar

6. *Root Concavity* (cekungnya pada akar las) las yang diizinkan pada hasil las adalah:
 - a. Kedalaman cekungan tidak lebih dari 1,0 mm dengan panjang maksimum 90% panjang pengelasan
 - b. Kedalam cekungan tidak lebih dari 2,0 dengan panjang maksimum 10%x 200 mm panjang pengelasan
 - c. Kedalaman cekungan tidak lebih dari 1,0 mm dengan panjang maksimum 10%x panjang pengelasan
 - d. Tidak boleh ada cekungan

DAFTAR PUSTAKA

- Edgin, Charles A. (1982). *General Welding*. John Wiley & Sons
- NSW TAFE. (1990). *Welding and Thermal Cutting*: NSW TAFE
- _____ (2000). *Manual Metal Arc Welding-3*. Southern Sydney Institute NSW: Manufacturing and Engineering Education Services Division
- Sani, Rizal (1990), *Las Busur Manual 1*. PPPG Teknologi Bandung
- _____ (2004), *Teknik Las Busur Manual Lanjut-1*. PPPPTK BMTI: Bandung
- _____ (2012), *Teknik Pemotongan dengan Panas*. PPPPTK BMTI: Bandung
- _____ (2013), *Teknik Las Busur Manual-Mandiri*. PPPPTK BMTI: Bandung
- The Lincoln Electric Company (1973). *The Procedure Handbook of Arc Welding*: The Lincoln Electric Company
- Witjaksono, U. (1997). *Pengoperasian Peralatan Las Oksi Asetilen*. PPPG Teknologi Bandung

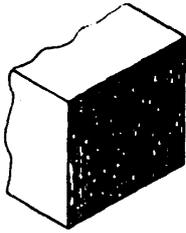
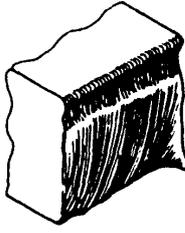
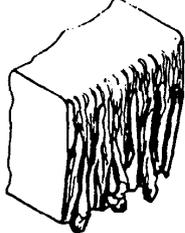
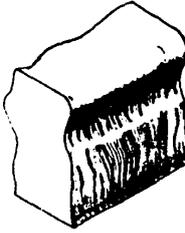
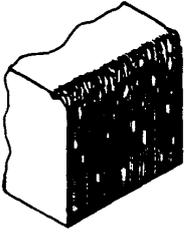
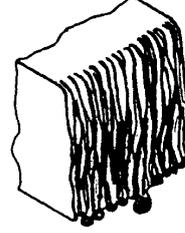
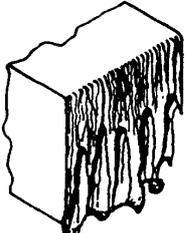
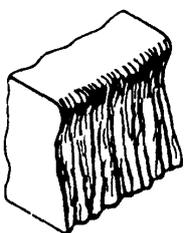
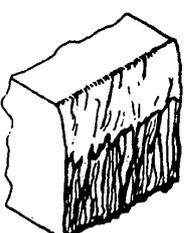
GLOSARIUM

1. *Bursting discs* atau *fusible plugs* adalah alat-alat pengaman yang didisain agar isi silinder LPG bisa keluar bila terjadi keadaan tidak aman (misalnya olaeh *over heating*).
2. *Nozzle* adalah ujung pembakar pada alat potong gas atau pengalur gas oksidasi asetilen maupun LPG.
3. Elektroda *tungsten* adalah jenis elektroda yang digunakan pada proses las TIG (GTAW).
4. *Non destructive/NDT* adalah pemeriksaan kualitas hasil pengelasan baik pada bagian luar maupun bagian dalam tanpa merusak, antara lain: pemeriksaan secara visual, pengujian dengan pewarna, dan pengujian dengan partikel magnet.
5. *Destructive test/DT* adalah pengujian secara merusak dilakukan untuk memeriksa kualitas bahan, struktur, ataupun sambungan las.

APPENDIX

Appendix 1

Tabel 3. Bentuk-bentuk Hasil Pemotongan dengan Gas

 <i>Hasil yang baik</i>	 <i>Terlalu cepat</i>	 <i>Terlalu lambat</i>
 <i>Nozzle terlalu jauh</i>	 <i>Nozzle terlalu dekat</i>	 <i>Preheat berlebihan</i>
 <i>Kurang Pre heating</i>	 <i>Terlalu cepat</i>	 <i>Terlalu lambat</i>

Appendix 2

Tabel 4. Data Pengoperasian dan Pemakaian Oksi-Asetilin

Operating data									
Plate thickness mm	Nozzle size	Cleaning drill size		Pressure kPa		Cutting speed mm/min	Consumption		
		Cutting	Preheat	Oxygen	Acetylene		Acetylene 1/min	Oxygen 1/min	
6	8	8	5 x 6	200	100	450	3.5	17.5	
12	12	12	6 x 7	200	100	380	4	38	
20	12	12	6 x 7	250	100	340	4.5	42	
25	15	15	6 x 8	220	100	320	6	56	
40	15	15	6 x 8	350	100	270	7	75	
50	15	15	6 x 8	400	100	240	7.5	85	
75	15	15	6 x 8	450	100	180	8	95	
100	20	20	6 x 10	400	100	150	9	134	
125	20	20	6 x 10	450	100	150	10	155	
150	20	24	6 x 11	450	100	130	11	211	

Appendix 3

Tabel 5. Data pengoperasian dan Pemakaian Oksi-LPG

Data Pengoperasian					Pemakaian	
Tebal bahan	Ukuran Nozzle	Tekanan kPa (psi)		Kecepatan Potong: mm/sec (in/min)	LPG	Jumlah oxygen
		Oxygen	LPG		liter/min (ft ³ /h)	liter/min (ft ³ /h)
6 (1/4)	8	180 (15)	100 (15)	6 (15)	3 (6.0)	16 (32)
12 (1/2)	12	200 (30)	100 (15)	5 (13)	4 (8.0)	34 (67)
20 (3/4)	12	235 (35)	100 (15)	5 (12)	4 (8.0)	39 (78)
25 (1)	15	200 (15)	100 (15)	5 (10)	4 (8.5)	57 (113.5)
40 (1 1/2)	15	300 (40)	100 (15)	4 (9)	5 (10.5)	75 (150.5)
50 (2)	15	350 (50)	100 (15)	3 (7)	6 (13.0)	92 (183)
75 (3)	15	400 (60)	100 (15)	2 (6)	8 (15.5)	106 (210.5)
100 (4)	20	350 (50)	100 (15)	2 (5)	9 (18.0)	149 (298)
125 (5)	20	385 (55)	100 (15)	2 (5.2)	10 (20)	165 (330)
150 (6)	24	400 (60)	100 (15)	2 (4.8)	11 (22)	251 (502)

Appendix 4

Tabel 6. Perbandingan Diameter Elektroda dengan Besar Arus Las

DIAMETER ELEKTRODA		BESAR ARUS
1/16 Inchi	1,5 mm	20 – 40 Amper
5/64 Inchi	2,0 mm	30 – 60 Amper
3/32 Inchi	2,5 mm	40 – 80 Amper
1/8 Inchi	3,2 mm	70 – 120 Amper
5/32 Inchi	4,0 mm	120 – 170 Amper
3/16 Inchi	4,8 mm	140 – 240 Amper
1/4 Inchi	6,4 mm	200 – 350 Amper

Appendix 5

Tabel 7. Karakteristik Elektroda

Karakteristik/ Spesifikasi	Tipe Elektroda										
	E6010	E6011	E6012	E6013	E7014	E7016	E7018	E7020	E7024	E7027	E7028
Bentuk Sambungan :											
Samb. Tumpul-flat	4	5	5	7	8	7	8	9	9	10	10
Samb. Tumpul-segala posisi	8	8	7	10	8	7	8	0	0	0	0
Fillet-flat, horizontal	2	3	8	7	8	5	8	8	10	9	9
Fillet-segala posisi	6	6	9	10	8	7	8	0	0	0	0
Bahan :											
Tipis ($\leq 6\text{mm}$)	4	5	9	9	9	2	2	0	7	0	0
Pelat tebal	6	6	5	7	8	10	10	8	7	8	9
Baja sulfur tinggi	0	0	5	3	3	10	10	0	5	0	9
Penggunaan :											
Tingkat pengisian	4	4	5	5	6	4	6	6	10	9	9
Kedalaman penetrasi	10	9	7	5	6	7	7	9	4	8	7
Kehalusan rigi las	6	6	8	9	9	7	9	6	10	10	10
Sedikit percikan	1	2	7	8	9	6	8	6	10	10	9
Kemudahan melepas terak	7	7	7	8	8	4	7	9	9	9	8
Kualitas :											
Tingkat suara	6	6	4	5	7	10	10	9	7	9	10
Kekenyalan	6	7	5	6	7	10	10	9	5	10	10
Alot pada temperatur rendah	8	8	4	5	8	10	10	9	6	9	9
Angka 0 = tidak direkomendasikan – 10 = paling sesuai											

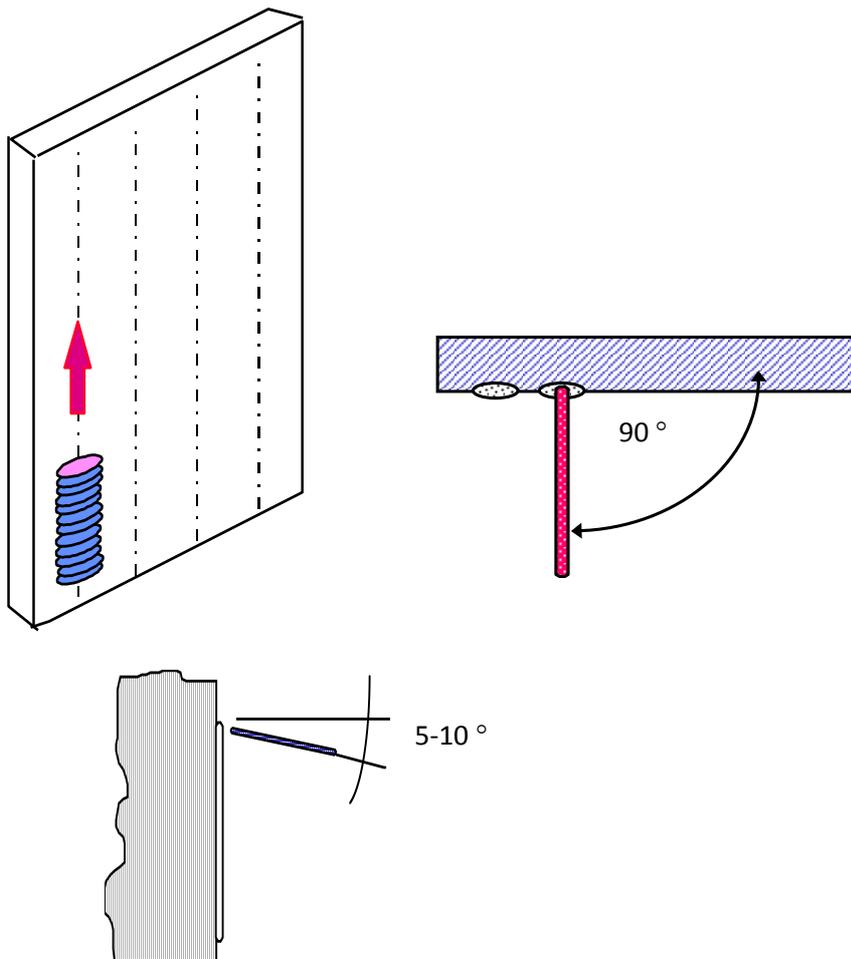
Appendix 6

Latihan Membuat Jalur Las Posisi Tegak

Sebelum Anda membuat sambungan tumpul posisi tegak (3G), sebaiknya Anda berlatih terlebih dahulu membuat jalur las posisi tegak agar Anda terlatih menyalakan dan menyambung jalur las secara baik, dengan kriteria sebagai berikut:

1. lebar jalur las 12mm
2. tinggi jalur 2mm
3. sambungan jalur rata
4. minimum 80% jalur las lurus

GAMBAR KERJA



Appendix 7

Latihan Membuat Jalur Las Posisi di Atas Kepala (*Over head*)

Sebelum Anda membuat sambungan tumpul posisi *over head* (4G), sebaiknya Anda berlatih terlebih dahulu membuat jalur las posisi *over head* agar Anda terlatih menyalakan dan menyambung jalur las secara baik, dengan kriteria sebagai berikut:

1. lebar jalur las 12mm
2. tinggi jalur 2mm
3. sambungan jalur rata
4. minimum 80% jalur las lurus

GAMBAR KERJA

