



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA
2023

DASAR-DASAR TEKNIK PENGELASAN DAN FABRIKASI LOGAM

**Kurniawan Susanta
Khusni Syauqi**

SMK/MAK Kelas X

**Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.
Dilindungi Undang-Undang.**

Penafian: Buku ini disiapkan oleh pemerintah dalam rangka pemenuhan kebutuhan buku pendidikan yang bermutu, murah, dan merata sesuai dengan amanat dalam UU No. 3 Tahun 2017. Buku ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Buku ini merupakan dokumen hidup yang senantiasa diperbaiki, diperbarui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan yang dialamatkan kepada penulis atau melalui alamat surel buku@kemdikbud.go.id diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis

Kurniawan Susanta
Khusni Syaumi

Penelaah

Riswan Dwi Djatmiko
Ferryanto

Penyelia/Penyelaras

Supriyatno
Wijanarko Adi Nugroho
Sistya Devi Apriliana

Kontributor

Prasetyo Adhi Nurcahyo

Ilustrator

Kevin Richard Budiman

Editor

Nazarudin

Desainer

Mohamad Lutvi

Penerbit

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

Dikeluarkan oleh

Pusat Perbukuan
Kompleks Kemdikbudristek Jalan RS. Fatmawati, Cipete, Jakarta Selatan
<https://buku.kemdikbud.go.id>

Cetakan pertama, 2023

ISBN 978-623-194-532-7 (PDF)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 10/15 pt, Steve Matteson.
xvi, 304 hlm., 17,6 × 25 cm

KATA PENGANTAR

Pusat Perbukuan; Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas dan fungsi mengembangkan buku pendidikan pada satuan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah, termasuk Pendidikan Khusus. Buku yang dikembangkan saat ini mengacu pada Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini memberikan keleluasaan bagi satuan/program pendidikan dalam mengimplementasikan kurikulum dengan prinsip diversifikasi sesuai dengan kondisi satuan pendidikan, potensi daerah, dan peserta didik.

Pemerintah dalam hal ini Pusat Perbukuan mendukung implementasi Kurikulum Merdeka di satuan pendidikan dengan mengembangkan buku siswa dan buku panduan guru sebagai buku teks utama. Buku ini dapat menjadi salah satu referensi atau inspirasi sumber belajar yang dapat dimodifikasi, dijadikan contoh, atau rujukan dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran sesuai karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik. Adapun acuan penyusunan buku teks utama adalah Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 033/H/KR/2022 tentang Perubahan Atas Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka.

Sebagai dokumen hidup, buku ini tentu dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan kebutuhan dan perkembangan keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu, saran dan masukan dari para guru, peserta didik, orang tua, dan masyarakat sangat dibutuhkan untuk pengembangan buku ini di masa yang akan datang. Pada kesempatan ini, Pusat Perbukuan menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan buku ini, mulai dari penulis, penelaah, editor, ilustrator, desainer, dan kontributor terkait lainnya. Semoga buku ini dapat bermanfaat khususnya bagi peserta didik dan guru dalam meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, Maret 2023
Kepala Pusat,

Supriyatno
NIP 196804051988121001

PRAKATA

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku siswa Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam SMK/MAK Kelas X ini akhirnya dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Penulis berusaha untuk mewujudkan naskah buku siswa ini dengan baik, sehingga dapat membantu pembelajaran menjadi lebih efektif dan mudah dipahami.

Buku siswa ini ditulis berdasarkan jumlah jam tatap muka minimum dan kurikulum SMK Pusat Keunggulan dengan harapan buku ini dapat digunakan sebagai pedoman dasar pengetahuan, keterampilan, dan sikap (*hard skills* dan *soft skills*) peserta didik bersama guru di sekolah dan belajar mandiri di rumah. Penulisan buku ini juga diarahkan untuk menambah keterampilan berbahasa secara umum terlebih agar memenuhi Capaian Pembelajaran yang terdapat dalam kurikulum SMK/MAK.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Perbukuan yang telah memberikan kesempatan penulis untuk menyusun buku siswa ini. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan buku siswa ini, mulai dari penelaah, editor, ilustrator, desainer, dan kontributor terkait lainnya sehingga dapat selesai sesuai rencana.

Kami menyadari bahwa dalam buku siswa ini masih terdapat kekurangan dan kelamahan dalam penulisannya. Oleh karena itu, kami sangat terbuka terhadap kritik serta saran sebagai pembelajaran dan pengetahuan yang sangat berharga demi meningkatkan mutu pembelajaran di masa yang akan datang.

Tim Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Prakata	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	viii
Petunjuk Penggunaan Buku Siswa	xvi
BAB 1	
Proses Bisnis Bidang Pengelasan Dan Fabrikasi Logam	1
A. Proses Bisnis Konstruksi Baja	6
B. Proses Bisnis Pemipaan	11
C. Proses Bisnis Kapal	13
D. Proses Bisnis Pesawat Udara	17
E. Pengelolaan Sumber Daya Manusia Dengan Memperhatikan Potensi Dan Kearifan Lokal	19
BAB 2	
Perkembangan Teknologi Di Bidang Pengelasan Dan Fabrikasi Logam	31
A. Teknologi Pengelasan Pada Pembuatan Pipa	35
B. Teknologi Pengelasan pada Perakitan Kendaraan	43
C. Teknologi Pengelasan Robotik	46
D. Teknologi Pengelasan Kontruksi Baja	51
E. Teknologi Pengelasan Pada Kontruksi Kapal	55
F. Teknologi Pengelasan Dan Fabrikasi Logam Pada Kontruksi Pesawat Udara	57
G. Perkembangan Teknologi Pengelasan Dan Fabrikasi Logam di Masa Mendatang	58
BAB 3	
Profesi Dan Kewirausahaan Bidang Pengelasan	65
A. Kewirausahaan (<i>Job-Profile</i> Dan <i>Technopreneurship</i>)	69
B. Profesi <i>Welder</i> atau Juru Las	71
C. Wirausaha di Bidang Pengelasan dan Fabrikasi Logam	76
D. Peluang Usaha di Bidang Pengelasan dan Fabrikasi Logam	79
BAB 4	
Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Lingkungan Hidup (K3LH) Dan Budaya Kerja Industri	91
A. Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH)	93
B. Sumber Bahaya Pekerjaan	97
C. Bahaya Yang Timbul dalam Pekerjaan Las	102

D.	Jenis dan Fungsi Alat Pelindung Diri (APD)	104
E.	Penyebab Kecelakaan Kerja	110
F.	Penerapan Budaya Kerja Industri 5R	112
BAB 5		
Teknik Dasar Teknologi Pengelasan Dan Fabrikasi Logam		131
A.	Perkakas Tangan dan Bertenaga	133
B.	Gambar Teknik Pengelasan	140
C.	Teknik Dasar Pengelasan SMAW	145
D.	Penggunaan CAD Dalam Pengelasan	159
BAB 6		
Gambar Teknik Pengelasan		169
A.	Identifikasi Gambar Teknik	172
B.	Standar Gambar Pekerjaan Las	184
C.	Simbol Dasar Pengelasan Standar AWS	185
D.	Penerapan Simbol Pengelasan Standar AWS	187
E.	Menginterpretasikan Gambar kerja	193
BAB 7		
Penggunaan Perkakas Bengkel		201
A.	Alat Ukur	203
B.	Perkakas Tangan	208
C.	Perkakas Bertenaga	217
D.	Alat Potong Mekanik	222
E.	Alat Potong Busur Api	229
BAB 8		
Pengelasan SMAW		243
A.	Spesifikasi Mesin SMAW	245
B.	Persiapkan Mesin SMAW	245
C.	Persiapan Bahan Pengelasan	248
D.	Identifikasi Elektroda SMAW (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>)	249
E.	Melaksanakan Pengelasan Pelat Baja Karbon di Bawah Tangan (1G/1F)	252
F.	Pemeriksaan Hasil Pengelasan Secara Visual	265
Glosarium		281
Daftar Pustaka		284
Sumber Gambar		288
Indeks		296
Profil Pelaku Perbukuan		298

Daftar Tabel

Tabel 1.1	Pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan perusahaan di masa depan.	24
Tabel 2.1	Penggolongan juru las (<i>welder</i>)	51
Tabel 4.1	Tingkat kebisingan	96
Tabel 4.2	Detail kebutuhan luas minimum ruang praktik teknik pengelasan	97
Tabel 4.3	Batasan-batasan arus listrik dan pengaruhnya pada manusia.	103
Tabel 4.4	Tingkat Kegelapan (<i>shade</i>) Kaca Las	105
Tabel 4.5	Peralatan dan Barang yang diberi tanda label merah (<i>red tag</i>)	119
Tabel 5.1	Jumlah mata gergaji dan penggunaannya	135
Tabel 5.2	Macam-macam posisi pengelasan pelat SMAW.	155
Tabel 5.3	Tabel identifikasi elektroda las SMAW.	158
Tabel 5.4	Klasifikasi elektroda.	158
Tabel 5.5	Rekomendasi arus pengelasan, kode elektroda, dan ukuran elektroda.	159
Tabel 6.1	Standar ukuran kertas gambar	174
Tabel 6.2	Macam-macam garis gambar dan penggunaannya	178
Tabel 6.3	Ukuran huruf tipe A ($d = h/14$)	179
Tabel 6.4	Ukuran huruf tipe B ($d = h/10$)	179
Tabel 6.5	Margin kertas gambar standar ISO.	180
Tabel 6.6	Skala pada gambar teknik	181
Tabel 6.7	Simbol-simbol pada jenis sambungan <i>butt/groove</i>	188
Tabel 6.8	Simbol-simbol pada jenis sambungan <i>fillet and edge welds, backing run or weld, flare groove and bevel welds, and plug or slot weld</i>	190
Tabel 6.9	Simbol-simbol pada jenis sambungan <i>spot and seam welds, surfacing, and steep flanked butt welds</i>	191
Tabel 6.10	Simbol tambahan	192
Tabel 7.1	Ulir Withwort.	214
Tabel 7.2	Ulir Metris	214
Tabel 7.3	Kelonggaran pisau mesin guillotine.	229
Tabel 7.4	Ukuran <i>cutting tip</i>	232
Tabel 7.5	Jenis gas pembakar untuk pemotongan busur api	232
Tabel 8.1	Rekomendasi ukuran elektroda.	251

Daftar Gambar

Gambar 1.1	Kegiatan bisnis pada bidang pengelasan dan fabrikasi logam.	2
Gambar 1.2	Peta Konsep	3
Gambar 1.3	Penggunaan pesawat kargo untuk pengiriman barang dan dokumen.	3
Gambar 1.4	Penggunaan kapal kargo (<i>container ships</i>) untuk pengiriman barang.	4
Gambar 1.5	Ilustrasi proses bisnis.	5
Gambar 1.6	Proses bisnis bidang kontruksi	6
Gambar 1.7	Proses pengelasan SMAW.	7
Gambar 1.8	Rangkaian proses kerja bidang fabrikasi logam.	8
Gambar 1.9	Kegiatan fabrikasi logam pada proyek konstruksi.	9
Gambar 1.10	Proses produksi di industri fabrikasi logam skala besar.	9
Gambar 1.11	Mesin yang digunakan pada industri pengelasan dan fabrikasi logam.	10
Gambar 1.12	Video proses fabrikasi logam di industri.	10
Gambar 1.13	Pemasangan pipa di atas tanah dengan menggunakan rak pipa.	11
Gambar 1.14	Pemasangan pipa air dengan aliran gravitasi di dalam tanah.	12
Gambar 1.15	Proses instalasi pipa gas di dalam laut.	13
Gambar 1.16	Metode konstruksi bangunan laut instalasi pipa bawah laut.	13
Gambar 1.17	Jenis kapal laut	14
Gambar 1.18	Seorang welder sedang melakukan perbaikan lambung kapal.	14
Gambar 1.19	Alur proses perencanaan pembangunan kontruksi kapal.	15
Gambar 1.20	Jenis kegiatan pengelasan dan fabrikasi logam pada pembangunan kontruksi kapal.	17
Gambar 1.21	Pesawat pengangkut wisatawan.	18
Gambar 1.22	Grafik jumlah penumpang pesawat domestik (Mei 2021—Mei 2022).	18
Gambar 1.23	Perkembangan rancang bangun pesawat udara.	19
Gambar 1.24	Sumber daya manusia yang unggul siap berkompetisi.	20
Gambar 1.25	Kolaborasi Membangun SDM Unggul dan Produktif.	20
Gambar 1.26	Peran dan fungsi SDM dalam sebuah perusahaan.	21
Gambar 1.27	Pengelolaan Sumber Daya Manusia.	22
Gambar 1.28	Proses Manajemen Sumber Daya Manusia (MSDM).	23
Gambar 1.29	Tantangan MSDM era digital.	24
Gambar 1.30	Keterampilan yang dibutuhkan di abad 21.	25
Gambar 2.1	Penggunaan teknologi robot pada industri otomotif.	32
Gambar 2.2	Peta Konsep	33
Gambar 2.3	Perkembangan teknologi pengelasan dari masa ke masa mengalami perubahan.	34
Gambar 2.4	Pengelasan robotik pada kontruksi pipa lebih presisi dan efisien.	35
Gambar 2.5	Penggunaan teknologi las robot dan manual pada kontruksi pipa baja.	36
Gambar 2.6	Metode penyambungan pipa	36
Gambar 2.7	Metode pembuatan pipa	38
Gambar 2.8	Ilustrasi pembuatan seamless pipe	38
Gambar 2.9	Ilustrasi pembuatan <i>butt welded pipe</i>	39
Gambar 2.10	Proses pembuatan pipa <i>welded</i> secara otomatis.	39
Gambar 2.11	Ilustrasi pembuatan <i>spiral welded pipe</i> .	40

Gambar 2.12	Gambaran proses pembentukan spiral.	41
Gambar 2.13	Skema alur proses pembuatan pipa las spiral.	42
Gambar 2.14	Proses pengelasan pipa spiral.	42
Gambar 2.15	Proses pembuatan pipa las lurus.	43
Gambar 2.16	Proses perakitan bodi mobil dengan menggunakan robot las sangat efektif dan efisien.	44
Gambar 2.17	Alur perakitan mobil yang menggunakan teknologi las robot.	44
Gambar 2.18	Penggunaan teknologi robot las pada perakitan kontruksi bodi mobil.	45
Gambar 2.19	Pengelasan rangka bodi pada perakitan suku cadang mobil dengan <i>Resistance Spot Welding</i> .	45
Gambar 2.20	Mengelas rangka sepeda motor dengan <i>GTAW Welding</i> .	46
Gambar 2.21	Mengelas badan mobil arah memanjang dan melintang dari ujung depan hingga ujung belakang dengan las robot MIG/MAG.	46
Gambar 2.22	LR Mate 200iD/7L <i>Arc Welding Robots</i>	47
Gambar 2.23	Merakit bodi mobil dengan <i>Spot Welding Robot</i> (FANUC America six-axis R-2000iD/210FH robot)	47
Gambar 2.24	Las tahanan jenis laser	48
Gambar 2.25	Robot las TIG	48
Gambar 2.26	Penggunaan <i>Fiber Laser Welder</i>	49
Gambar 2.27	Robot las Gas <i>Metal Arc Welding</i> (GMAW)	49
Gambar 2.28	Las robot plasma	50
Gambar 2.29	Seorang operator programmer sedang mengatur sistem koordinat titik pengelasan	53
Gambar 2.30	Proses pengelasan robot MIG/MAG jenis <i>Spool Welding Robot</i> (SWR)	53
Gambar 2.31	Operator las robot dengan menggunakan <i>teach pendant</i>	53
Gambar 2.32	<i>Walking Railway AUT-SXW-D-X</i>	54
Gambar 2.33	Model <i>welding fixture</i>	54
Gambar 2.34	Penggunaan teknologi las otomatis dalam pembuatan rangka kapal	56
Gambar 3.1	Profesi wirausaha bidang pengelasan dan fabrikasi logam	66
Gambar 3.2	Peta konsep	67
Gambar 3.3	<i>Welder</i> melakukan pemeliharaan dan perbaikan kontruksi kapal	68
Gambar 3.4	<i>Welder</i> sedang mengelas pada posisi horisontal	68
Gambar 3.5	Profesi <i>welder pipe</i> sedang melakukan pengelasan pipa baja	69
Gambar 3.6	<i>Technopreneur</i> menggunakan teknologi pengelasan robot untuk mengerjakan proyek	70
Gambar 3.7	prinsip untuk mengembangkan ide oleh pelaku bisnis	71
Gambar 3.8	Strategi memilih bisnis yang tepat.	71
Gambar 3.9	Posisi pengelasan untuk sambungan <i>groove</i>	73
Gambar 3.10	Posisi pengelasan untuk sambungan <i>fillet</i>	74
Gambar 3.11	Pengelasan <i>underwater</i>	75
Gambar 3.12	Posisi pengelasan pipa untuk sambungan <i>groove</i>	75
Gambar 3.13	<i>Construction welders</i> sedang mengelas konstruksi baja	77
Gambar 3.14	<i>Manufacturing welders</i> sedang mengelas panel kendaraan roda empat	77
Gambar 3.15	<i>Construction welders</i> sedang mengelas konstruksi bangunan gedung	77
Gambar 3.16	Seorang <i>sheet metal worker</i> sedang menekuk pelat	78
Gambar 3.17	<i>Industrial maintenance welders</i> sedang melakukan perbaikan <i>front end loader bucket</i> pada kendaraan berat <i>wheel loader</i>	78

Gambar 3.18	<i>Motorsports welders</i> sedang mengelas konstruksi kendaraan	79
Gambar 3.19	Seorang <i>welder</i> sedang mengelas konstruksi geladak utama di salah satu kapal induk baru Angkatan Laut Kerajaan di Rosyth	80
Gambar 3.20	<i>Operator welder</i> sedang melakukan pengawasan pengelasan robot	81
Gambar 3.21	Sistem mesin pada proses perakitan yang berulang-ulang	81
Gambar 3.22	Jenjang karier <i>welding foreman</i>	82
Gambar 3.23	Proses Alir (<i>Flow Process</i>) Industri Fabrikasi	83
Gambar 3.24	<i>Welding supervisor</i> sedang mengontrol pekerjaan pengelasan	83
Gambar 3.25	Jenjang karier seorang <i>welding supervisor</i>	84
Gambar 3.26	<i>Welding inspector</i> sedang memeriksa hasil proses pekerjaan pengelasan	84
Gambar 3.27	Jenjang karier seorang <i>welding inspector</i>	86
Gambar 3.28	QR code <i>European Welding Inspector–Standard Level</i> [EWF-IAB-041r5-19]	86
Gambar 3.29	QR code <i>European Welding Engineer</i> [EWF-IAB-252r5-19-SV01-January 2019-]	87
Gambar 3.30	<i>Welding educator</i> sedang membimbing siswa	87
Gambar 4.1	Peta Konsep.	92
Gambar 4.2	Penerapan Keselamatan dan Kesehatan dalam bekerja dapat menghindarkan diri dari bahaya kerja pada proses pengelasan.	93
Gambar 4.3	Faktor yang mempengaruhi lingkungan kerja.	95
Gambar 4.4	Sumber bahaya kerja.	98
Gambar 4.5	Potensi bahaya pengelasan di ruang terbuka.	98
Gambar 4.6	Hirarki Pengendalian Bahaya di Lingkungan Kerja.	99
Gambar 4.7	Penggunaan <i>local exhaust ventilation system</i> untuk mengendalikan kontaminan udara yang disebabkan oleh debu di lingkungan kerja.	100
Gambar 4.8	<i>Globally Harmonized System Of Classification And Labelling Of Chemicals</i> (GHS)	101
Gambar 4.9	Pemasangan label pada bahan kimia berbahaya	102
Gambar 4.10	Alat pelindung mata dari sinar las.	105
Gambar 4.11	Penggunaan respirator dalam pengelasan.	106
Gambar 4.12	Helm las.	107
Gambar 4.13	Pemasangan kaca las.	107
Gambar 4.14	Pelindung telinga: <i>earplug</i> dan <i>earmuff</i> .	108
Gambar 4.15	Sarung tangan las dan penggunaannya pada waktu pengelasan.	108
Gambar 4.16	Sepatu las dan penggunaannya	109
Gambar 4.17	Pakaian kerja las	109
Gambar 4.18	<i>Welding Sleeve</i>	109
Gambar 4.19	Topi las dan penggunaannya	110
Gambar 4.20	<i>Welding Shoes</i>	110
Gambar 4.21	Mengelas tanpa menggunakan kaca mata/helm lasa merupakan tindakan tidak aman yang dilakukan oleh <i>welder</i> saat mengelas	111
Gambar 4.22	Bekerja di ketinggian merupakan kondisi tidak aman dalam bekerja	112
Gambar 4.23	Alur Budaya 5S	113
Gambar 4.24	Kartu label.	114
Gambar 4.25	Budaya 5S/5R di ruang praktik SMK	117
Gambar 4.26	Skema alur pengelompokan barang.	118
Gambar 4.27	Skema alur penyusunan barang.	119
Gambar 4.28	Alur proses kebersihan (<i>seiso</i>)	120

Gambar 4.29	Prosedur penjagaan lingkungan kerja agar rapi dan bersih	121
Gambar 4.30	Diagram alur pembiasaan 5S	122
Gambar 4.31	Kondisi sebelum dan sesudah penerapan 5S di lingkungan kerja	122
Gambar 4.32	Slogan 5S didalam bekerja.	123
Gambar 4.33	4 pilar utama program 5S+S.	124
Gambar 5.1	Penggunaan sistem CAD/CAM dalam mengontrol proses pengelasan dan fabrikasi logam	132
Gambar 5.2	Peta konsep.	133
Gambar 5.3	Jenis ragam.	134
Gambar 5.4	Sikat baja.	134
Gambar 5.5	Jenis penitik.	135
Gambar 5.6	Jenis tang.	136
Gambar 5.7	Bagian-bagian palu.	136
Gambar 5.8	<i>Chipping hammer</i>	137
Gambar 5.9	Bagian-bagian kikir.	137
Gambar 5.10	Nomer Tap.	138
Gambar 5.11	Macam-macam bentuk pahat tangan	138
Gambar 5.12	Mesin bor tangan dan contoh penggunaannya.	138
Gambar 5.13	Mesin gerinda tangan dan contoh penggunaannya.	139
Gambar 5.14	Mesin gerinda potong (<i>circular saw</i>) dan penggunaannya.	139
Gambar 5.15	Jigsaw dan contoh penggunaannya.	139
Gambar 5.16	<i>Portable Electric Nibbler</i> dan contoh penggunaannya.	140
Gambar 5.17	Bentuk sikat gerinda	140
Gambar 5.18	Tiga elemen dasar simbol las (Standar ISO dan AWS).	141
Gambar 5.19	Simbol Las	141
Gambar 5.20	Penempatan simbol las: <i>arrow side</i> dan <i>other side</i> pada sambungan las.	142
Gambar 5.21	Desain simbol las untuk penunjukan lokasi pengelasan.	142
Gambar 5.22	Spesifikasi lokasi pengelasan, proses, dan referensi lain pada simbol las.	143
Gambar 5.23	Panjang lasan dan lebar las fillet dapat dinyatakan dengan angka pecahan, decimal, atau satuan metrik yang terletak di sebelah kiri simbol las.	144
Gambar 5.24	Las kampuh mungkin memerlukan penetrasi sebagian atau seluruhnya dan kedalaman bevel tertentu.	144
Gambar 5.25	Simbol las melingkar dan contoh penerapannya..	145
Gambar 5.26	Simbol <i>butt joint</i> dan contoh hasil pengelasan yang diinginkan.	145
Gambar 5.27	<i>Electrode Negative</i> (DCEN), <i>Straight Polarity</i> (DCSP).	147
Gambar 5.28	<i>Electrode Positive</i> (DCEP), <i>Reverse Polarity</i> (DCRP).	148
Gambar 5.29	Gelombang Arus AC	148
Gambar 5.30	<i>Alternating Polarity</i> (AC).	148
Gambar 5.31	Diagram alur prosedur pengelasan	149
Gambar 5.32	Grafik jenis daya pengelasan <i>Constant Voltage</i> (CV), <i>Rising Arc Voltage</i> (RAV) dan <i>Constant Current</i> (CC).	149
Gambar 5.33	Teknik gerakan elektroda las.	150
Gambar 5.34	Arah dan bentuk ayunan elektroda las.	150
Gambar 5.35	Posisi elektroda untuk <i>stringer beads</i> (lurus) pada posisi mendatar.	151
Gambar 5.36	Posisi elektroda dengan gerakan ayunan.	151
Gambar 5.37	Sudut kerja elektroda dan sudut arah pengelasan (<i>travel angle</i>).	152

Gambar 5.38	Jarak benda kerja terhadap elektroda.	152
Gambar 5.39	<i>Root gap</i> sambungan las.	153
Gambar 5.40	Bentuk penembusan logam las.	153
Gambar 5.41	Metode menyalakan busur las: (a) <i>Tapping</i> , (b) <i>Scratching</i> .	154
Gambar 5.42	Jenis sambungan las.	154
Gambar 5.43	Contoh bentuk pengelasan dan posisi pengelasan.	156
Gambar 5.44	Identifikasi elektroda berdasarkan huruf dan angka.	156
Gambar 5.45	Identifikasi kode elektroda las standar AWS	157
Gambar 5.46	Tampilan aplikasi CAD: mendesain reservoir.	159
Gambar 5.47	Penggunaan <i>software Solidwork</i> 3D untuk mendesain sebuah sambungan las beserta simbolnya.	160
Gambar 5.48	Penggunaan <i>solidwork</i> dalam desain las.	161
Gambar 5.49	Penggunaan <i>Autodesk Inventor</i> dalam desain <i>Introduction</i> .	162
Gambar 5.50	Penggunaan <i>CATIA</i> dalam desain dan simbol las.	162
Gambar 6.1	Peta konsep	171
Gambar 6.2	Fungsi gambar teknik.	172
Gambar 6.3	Ukuran kertas gambar.	173
Gambar 6.4	Mesin gambar.	173
Gambar 6.5	Jenis pensil gambar.	174
Gambar 6.6	Tingkat kekerasan pensil gambar.	175
Gambar 6.7	Menggunakan pensil.	175
Gambar 6.8	Jenis penggaris.	176
Gambar 6.9	Rautan, Eraser dan pensil.	176
Gambar 6.10	Menggunakan busur derajat	176
Gambar 6.11	Menggunakan jangka.	177
Gambar 6.12	Jenis mal gambar.	177
Gambar 6.13	Dimensi huruf dan angka.	179
Gambar 6.14	Tata letak kertas gambar.	180
Gambar 6.15	Ilustrasi skala gambar.	181
Gambar 6.16	Proyeksi isometri.	182
Gambar 6.17	Proyeksi dimetri.	182
Gambar 6.18	Proyeksi miring.	182
Gambar 6.19	Simbol proyeksi Eropa.	183
Gambar 6.20	Simbol proyeksi Amerika.	184
Gambar 6.21	Simbol pengelasan dan hasil pengelasan.	185
Gambar 6.22	<i>Reference lines</i> dan <i>arrow lines</i> standar ISO dan AWS.	185
Gambar 6.23	Simbol pengelasan dengan menunjukkan jenis proses pengelasan.	186
Gambar 6.24	Standar elemen simbol pengelasan .	187
Gambar 6.25	Penerapan simbol pengelasan dan hasil yang diinginkan pada <i>fillet weld</i> .	188
Gambar 6.26	Jenis-jenis penetrasi lasan.	189
Gambar 6.27	<i>Welding map</i> konstruksi <i>pressure vessel</i>	193
Gambar 6.28	<i>Welding map</i>	194
Gambar 7.1	Peta konsep.	202
Gambar 7.2	Penggunaan <i>vernier caliper</i> .	203
Gambar 7.3	Macam-macam <i>vernier caliper</i> .	203
Gambar 7.4	Bagian-bagian <i>vernier caliper</i> .	204

Gambar 7.5	Pengukuran dengan <i>dial caliper</i> dan <i>vernier caliper</i> .	204
Gambar 7.6	Posisi pengukuran.	205
Gambar 7.7	Pembacaan <i>vernier bevel protractor</i> .	205
Gambar 7.8	Menggunakan penyiku.	205
Gambar 7.9	Jenis jangka.	206
Gambar 7.10	Jangka kaki luar dan dan contoh penggunaannya.	206
Gambar 7.11	Penggunaan <i>Bridge Cam Gauge</i> .	207
Gambar 7.12	Penggunaan <i>Hi-Lo Welding Gauge</i>	207
Gambar 7.13	Penggunaan <i>wedding inspection ruler</i> .	208
Gambar 7.14	Pemeriksaan material sebelum pengelasan.	208
Gambar 7.15	Bagian-bagian utama ragum.	208
Gambar 7.16	Posisi penitik pada saat digunakan	209
Gambar 7.17	Membersihkan rigi-rigi las hasil pengelasan dengan sikat baja	209
Gambar 7.18	Arah mata potong gergaji dan posisi saat menggergaji yang benar	210
Gambar 7.19	Sudut awal pemotongan	210
Gambar 7.20	Bagian-bagian tang	211
Gambar 7.21	Menggunakan tang kombinasi	211
Gambar 7.22	Bagian-bagian utama palu dan palu terak	212
Gambar 7.23	Cara memegang palu	212
Gambar 7.24	Menggunakan palu untuk memukul paku	212
Gambar 7.25	Bagian-bagian utama palu terak dan penggunaannya	213
Gambar 7.26	Teknik pengikiran.	213
Gambar 7.27	Diagram alur pembuatan ulir dalam	215
Gambar 7.28	Langkah-langkah membuat ulir dalam (mengetap).	215
Gambar 7.29	Diagram alur pembuatan ulir luar.	216
Gambar 7.30	Langkah-langkah membuat ulir luar.	216
Gambar 7.31	Memotong pelat dengan pahat tangan dingin.	217
Gambar 7.32	Menggunakan bor tangan.	217
Gambar 7.33	Bagian-bagian gerinda tangan	218
Gambar 7.34	Alur proses menggunakan gerinda tangan.	218
Gambar 7.35	Bagian-bagian mesin gerinda potong	219
Gambar 7.36	Alur proses menggunakan gerinda potong.	219
Gambar 7.37	Penggunaan balok kayu sebagai penyangga dan pembatas	220
Gambar 7.38	Alur proses menggunakan <i>jigsaw</i> .	220
Gambar 7.39	Bagian-bagian <i>jigsaw</i> .	220
Gambar 7.40	Penggunaan <i>jigsaw</i>	221
Gambar 7.41	Bagian-bagian mesin <i>nibbler portable</i>	221
Gambar 7.42	Alur proses mengoperasikan mesin <i>nibbler portable</i>	222
Gambar 7.43	Penggunaan <i>Nibbler Portable</i>	222
Gambar 7.44	Sikat mekanik dan penggunaannya.	223
Gambar 7.45	Bagian-bagian Mesin Gergaji Pita (<i>Band Saw</i>) Horizontal.	223
Gambar 7.46	Metode pencekaman benda kerja	224
Gambar 7.47	Alur proses menggunakan mesin <i>bandsaw horizontal</i>	224
Gambar 7.48	Video mengoperasikan <i>Horizontal Bandsaw</i>	224
Gambar 7.49	Kontruksi mesin gergaji pita vertikal	225
Gambar 7.50	Diagram alur mengoperasikan <i>vertical bandsaw</i>	225

Gambar 7.51	Teknik pemotongan dengan <i>vertical band saw</i>	226
Gambar 7.52	Penggunaan <i>push stick</i> dan <i>block guide</i> pada pemotongan lurus	226
Gambar 7.53	Video mengoperasikan mesin <i>vertical bandsaw</i>	226
Gambar 7.54	Diagram alur mengoperasikan mesin <i>guillotine</i> manual	227
Gambar 7.55	Bagian-bagian mesin <i>guillotine</i> manual (<i>bench top shear</i>)	227
Gambar 7.56	Video mengoperasikan mesin <i>bench top shear</i>	227
Gambar 7.57	Bagian mesin <i>guillotine</i>	228
Gambar 7.58	Gerakan mata pisau saat pemotongan	228
Gambar 7.59	Diagram alur mengoperasikan mesin <i>guillotine</i> hidrolik	229
Gambar 7.60	Jenis mesin potong gas, (a) Mesin potong gas lurus, (b) Mesin potong gas radial, (c) Mesin potong gas koordinat, (d) Mesin potong gas pipa	230
Gambar 7.61	<i>Cutting torch</i> dan proses pencampuran gas.	233
Gambar 7.62	Diagram alur proses pemotongan lurus	234
Gambar 7.63	Kontruksi proses pemotongan lurus	234
Gambar 7.64	Diagram langkah kerja pemotongan radial	235
Gambar 7.65	Kontruksi proses pemotongan radial.	235
Gambar 7.66	Diagram alur proses pemotongan koordinat	236
Gambar 7.67	Kontruksi proses pemotongan koordinat.	236
Gambar 7.68	Kontruksi proses pemotongan pipa	236
Gambar 7.69	Diagram alur pemotongan pipa	237
Gambar 8.1	Peta Konsep.	244
Gambar 8.2	Contoh informasi spesifikasi mesin las SMAW (I-WELD SMAW250I).	245
Gambar 8.3	<i>Duty cycle</i> mesin las SMAW.	247
Gambar 8.4	Istilah-istilah persiapan bahan <i>groove-type butt joint</i> .	248
Gambar 8.5	Pengaruh <i>tack weld</i> pada sambungan T.	249
Gambar 8.6	Pembacaan elektroda E 7018.	251
Gambar 8.7	Diagram alur sebelum dan sesudah proses pengelasan.	252
Gambar 8.8	Sudut kampuh V dan kampuh X.	253
Gambar 8.9	<i>Root face</i> kampuh V dan kampuh X.	254
Gambar 8.10	Berbagai bentuk persiapan <i>groove</i> pada <i>fillet weld</i>	255
Gambar 8.11	Contoh penempatan <i>tack weld</i> pada <i>edge joint</i> .	255
Gambar 8.12	Posisi pengelasan 1F dan 1G.	256
Gambar 8.13	Diagram alur pengelasan jalur pendek	256
Gambar 8.14	Sudut pandang gambar kerja membuat jalur las pendek.	257
Gambar 8.15	Diagram alur proses pengelasan jalur las kontinu	257
Gambar 8.16	Kontruksi jalur las kontinu.	258
Gambar 8.17	Diagram alur pengelasan sambungan tumpang	258
Gambar 8.18	Simbol dan posisi pengelasan <i>lap joint</i> (1F)	259
Gambar 8.19	Diagram alur proses pengelasan sambungan T	259
Gambar 8.20	Simbol dan posisi pengelasan T <i>joint</i> (1F).	260
Gambar 8.21	Kontruksi sambungan T beberapa jalur.	261
Gambar 8.22	Kontruksi sambungan T 3 jalur dan 6 jalur las	261
Gambar 8.23	<i>Root opening</i> dan ukuran <i>tack weld</i> standar AWS.	262
Gambar 8.24	Posisi elektroda pada <i>square groove butt joint</i> (1G).	262
Gambar 8.25	Tampilan posisi <i>outside corner joint</i> dari berbagai arah.	264
Gambar 8.26	Kontruksi <i>edge joint</i> rapat dan tanpa celah.	264

Gambar 8.27	Posisi benda kerja mendatar pada saat dilas	265
Gambar 8.28	Sudut penglihatan pemeriksaan visual.	266
Gambar 8.29	Video pemeriksaan visual.	267
Gambar 8.30	<i>Spatter.</i>	267
Gambar 8.31	<i>Overlap</i>	268
Gambar 8.32	<i>Cacat underfill.</i>	268
Gambar 8.33	<i>Undercut.</i>	269
Gambar 8.34	<i>Porosity.</i>	270
Gambar 8.35	<i>Slag inclusion.</i>	270
Gambar 8.36	<i>Burn through.</i>	271
Gambar 8.37	<i>Concavity.</i>	272
Gambar 8.38	Lack of fusion.	272
Gambar 8.39	<i>Incomplete Root Penetration.</i>	273
Gambar 8.40	<i>Excessive Penetration.</i>	274
Gambar 8.41	<i>Cracks</i>	274

Petunjuk Penggunaan Buku Siswa

Kalian dapat mempelajari buku Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam ini melalui aktivitas membaca, melakukan simulasi, dan lain-lain. Berikut petunjuk dalam mempelajari buku ini.

Halaman Awal Bab

Pada awal bab kalian akan menemukan gambar dan paragraf pengantar yang berkaitan dengan materi.

Tujuan Pembelajaran



Bagian ini berisi tentang capaian pembelajaran (CP) apa saja yang harus kalian kuasai dalam setiap babnya.

Kata Kunci



Kalian dapat menggunakan kata kunci untuk membantu mengetahui pokok penting pembahasan dalam setiap bab buku ini.

Peta Konsep



Setelah memahami tujuan pembelajaran dan kata kunci, kalian dapat melihat peta konsep sebagai acuan materi apa saja yang akan dipelajari dalam setiap babnya.

Apersepsi

Sebelum memulai aktivitas belajar, kalian diharapkan membaca materi awal dan menjawab pertanyaan. Pertanyaan ini digunakan untuk meningkatkan konsentrasi kalian sehingga dapat lebih fokus dalam mempelajari isi buku.

Materi dan Kegiatan Pembelajaran

Pada proses pembelajaran dalam buku ini, kalian akan melakukan aktivitas belajar secara mandiri. Kalian dapat mengasah kemampuan dengan melakukan pengamatan dan penelaahan terhadap infografik/gambar, video, dan konsep-konsep teori yang akan dibuktikan dalam sebuah simulasi

Uji Kompetensi



Pada akhir pembelajaran, kalian dapat mengerjakan uji kompetensi berupa tes teori atau tes praktik. Kegiatan ini bertujuan menguji sejauh mana pemahaman kalian tentang materi yang sudah dipelajari dalam satu bab.

Pengayaan



Bagian ini berisi berbagai hal terkait materi untuk menambah pengetahuan dan ketrampilanmu dalam bidang pengelasan dan fabrikasi logam melalui kode QR code sehingga dapat melanjutkan materi berikutnya

Refleksi



Bagian ini berisi serangkaian pertanyaan yang harus dijawab untuk mengetahui sejauh mana pemahaman kalian mengenai materi yang telah dipelajari untuk dapat melanjutkan bab berikutnya.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Kurniawan Susanta, Khusni Syauqi
ISBN: 978-623-194-532-7 (PDF)

BAB 1

PROSES BISNIS BIDANG PENGELASAN DAN FABRIKASI LOGAM



Tujuan Pembelajaran

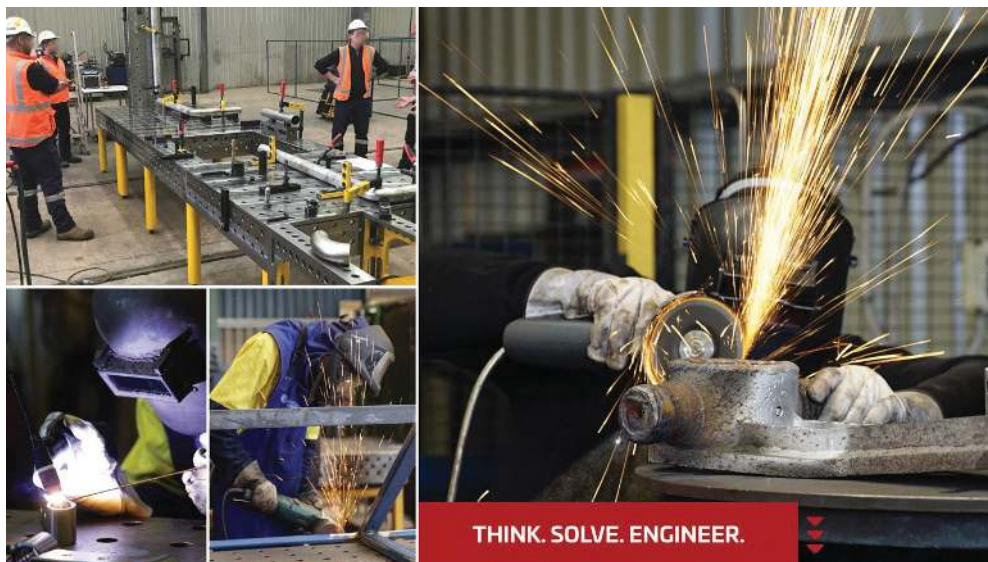
Peserta didik mampu memahami proses bisnis bidang pengelasan dan fabrikasi logam secara menyeluruh pada berbagai industri dan konstruksi

Indikator Pencapaian

(1) Peserta didik mampu menjelaskan proses bisnis bidang pengelasan dan fabrikasi logam pada konstruksi baja (2) Peserta didik mampu menjelaskan proses bisnis bidang pengelasan dan fabrikasi logam pada pemipaan. (3) Peserta didik mampu menjelaskan proses bisnis bidang pengelasan dan fabrikasi logam pada kapal. (4) Peserta didik mampu menjelaskan proses bisnis bidang pengelasan dan fabrikasi logam pada pesawat udara (5) Peserta didik mampu menjelaskan cara pengelolaan sumber daya manusia dengan memperhatikan potensi dan kearifan lokal.

Adakah di antara kalian yang pernah melihat proses pengelasan dan fabrikasi logam pada sebuah bangunan atau konstruksi kendaraan? Nah, tentunya banyak di antara kalian yang pernah melihat proses tersebut, bukan? Namun, apakah kalian mengetahui bagaimana proses bisnis pada sebuah pengelasan dan fabrikasi logam? Tahukah kalian bagaimana strategi untuk memulai bisnis tersebut? Bagaimanakah sebuah bisnis tersebut dapat bertahan di era global saat ini? Teknologi apa saja yang dibutuhkan pada proses bisnis bidang pengelasan dan fabrikasi logam? Kalian dapat menemukan jawaban dari beberapa pertanyaan tersebut melalui sumber informasi digital maupun konvensional. Tentu akan lebih menarik jika kalian mengetahui dan dapat menjelaskan bahwa dari proses bisnis pengelasan dan fabrikasi logam terdapat teknologi dan proses yang panjang.

Dalam rangka memberikan gambaran yang nyata, Gambar 1.1 di bawah menunjukkan sebuah ilustrasi mengenai proses bisnis pada bidang pengelasan dan fabrikasi logam.



Gambar 1.1 Kegiatan bisnis pada bidang pengelasan dan fabrikasi logam.

Sumber: Carel dan Leussink, 2022



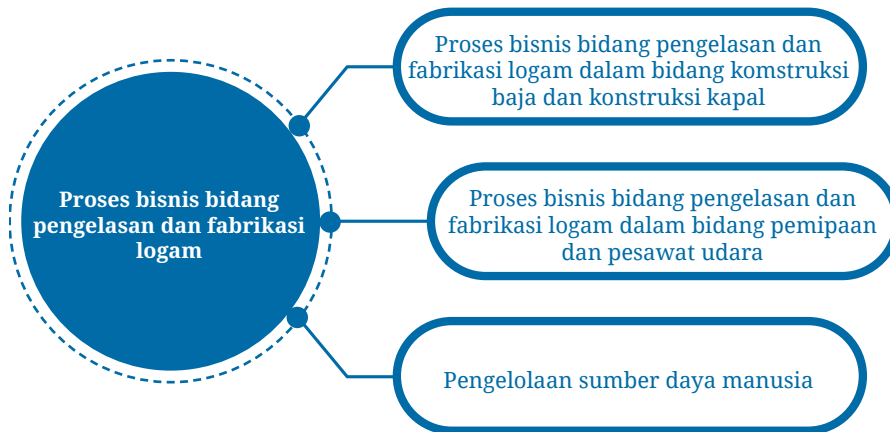
Kata Kunci

Bisnis, pengelasan, fabrikasi, logam, konstruksi, kapal, pesawat udara, dan kearifan lokal.



Peta Konsep

Untuk memberikan gambaran tentang materi yang akan dibahas pada bab 1 ini, kita dapat memperhatikan peta konsep yang ditunjukkan Gambar 1.2 di bawah ini.



Gambar 1.2 Peta Konsep

Apersepsi

Coba kalian perhatikan laut dan udara! Kalian akan melihat kapal dan pesawat udara melintas. Dalam kondisi tertentu, masing-masing moda transportasi tersebut memiliki keperluan untuk saling terhubung antarwilayah dan antarnegara. Pada saat ini, moda transportasi dengan pesawat udara masih menjadi yang paling efektif dan efisien karena dapat mengangkut manusia maupun barang dengan waktu singkat, aman, dan biaya yang relatif terjangkau. Pada Gambar 1.3 di bawah ini ditunjukkan sebuah pesawat terbang sedang mengangkut barang dan dokumen.



Gambar 1.3 Penggunaan pesawat kargo untuk pengiriman barang dan dokumen.

Sumber: Saunders, 2022

Lain halnya dengan pesawat, kapal laut merupakan moda transportasi untuk membawa penumpang, mengangkut barang dan atau hewan dalam satu perjalanan atau lebih dari satu pelabuhan ke pelabuhan lain yang dilaksanakan oleh perusahaan angkutan

laut. Kapasitas angkut kapal yang sangat besar yang membuatnya dapat menekan biaya satuan pun menjadi daya tarik tersendiri pada dunia perdagangan, apalagi memang terkadang tidak ada moda transportasi alternatif lainnya selain menggunakan kapal. Perjalanan dengan menggunakan kapal laut memang lambat, namun transportasi ini cocok untuk mengangkut barang-barang berat, seperti suku cadang mesin, kendaraan, atau pengiriman barang serupa agar tidak rusak. Pada Gambar 1.4 ditunjukkan contoh penggunaan kapal jenis kargo (*container ships*) untuk pengiriman barang.

Berdasarkan dua penjelasan di atas, maka bisnis konstruksi pada bidang pengelasan dan fabrikasi logam bisa dikatakan bisnis yang tidak akan pernah mati karena kebutuhan masyarakat akan hunian dan infrastruktur terus bertambah setiap tahunnya. Oleh karena itu, tidak mengherankan jika banyak investor berlomba-lomba menggeluti jenis bisnis ini karena pada prinsipnya, bisnis konstruksi adalah bisnis pembangunan berbagai sarana dan prasarana.



Gambar 1.4 Penggunaan kapal kargo (*container ships*) untuk pengiriman barang.
Sumber: Ajot, 2019

Kalian tertarik untuk mempelajari atau bahkan menggeluti bisnis konstruksi? Dapatkah proses bisnis konstruksi pada bidang pengelasan dan fabrikasi logam seperti itu dilaksanakan?

Apa itu proses Bisnis?

Istilah bisnis tentu sudah tidak asing di telinga kita. Istilah bisnis cenderung ditujukan untuk sebuah usaha yang dilakukan oleh seseorang atau sekelompok orang, baik dalam skala besar maupun kecil. Namun, secara umum masyarakat mengartikan kata bisnis terkait dengan orang yang memiliki usaha. Secara luas dan umum bisnis dapat diasumsikan sebagai suatu kegiatan yang memiliki jaringan pasar, memiliki karyawan, memiliki produksi, memiliki tempat usaha, kantor dan tentunya mendapatkan keuntungan usaha. Untuk memulai sebuah bisnis, harus diperhatikan beberapa elemen penting agar bisnis dapat dilaksanakan dengan baik sesuai dengan perencanaan seperti yang ditunjukkan Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Ilustrasi proses bisnis.

Kegiatan bisnis bidang konstruksi dapat dilakukan oleh individu atau organisasi yang melibatkan berbagai proses dalam kegiatannya. Beberapa jenis kegiatan konstruksi ini berhubungan dengan kegiatan mendirikan sebuah sarana prasarana yang berkaitan dengan pembangunan gedung, pembangunan prasarana sipil, serta instalasi mekanikal maupun elektrik.

Widiyanto (2019) menjelaskan bahwa bisnis merupakan serangkaian kegiatan yang berhubungan dengan penjualan ataupun pembelian barang dan jasa yang secara konsisten berulang (*a series of activities related to the sale or purchase of goods and services that are consistently repeated*).

Menurut Ervianto (2002), proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Secara sederhana, konstruksi dapat dimaknai sebagai objek keseluruhan bangunan yang terdiri dari berbagai bagian struktur. Dari penjelasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa konstruksi merupakan sebuah kegiatan mendirikan sarana maupun prasarana bisa berupa bangunan gedung, bangunan kapal atau infrastruktur yang berada dalam satu atau beberapa area. Untuk memahami lebih jauh mengenai jenis bisnis konstruksi dan jenisnya, kalian dapat mempelajari materi lebih lanjut melalui sebuah link dan QR code yang dapat kalian akses dengan memindai atau mengklik link yang tersedia pada Gambar 1.6.



<https://s.id/DefinisiKontruksi>



<https://s.id/VideoKontruksi>

Gambar 1.6 Proses bisnis bidang konstruksi
Sumber: Dekoruma, 2018 dan Architecture Constructions. 2022

Materi Dan Kegiatan Pembelajaran

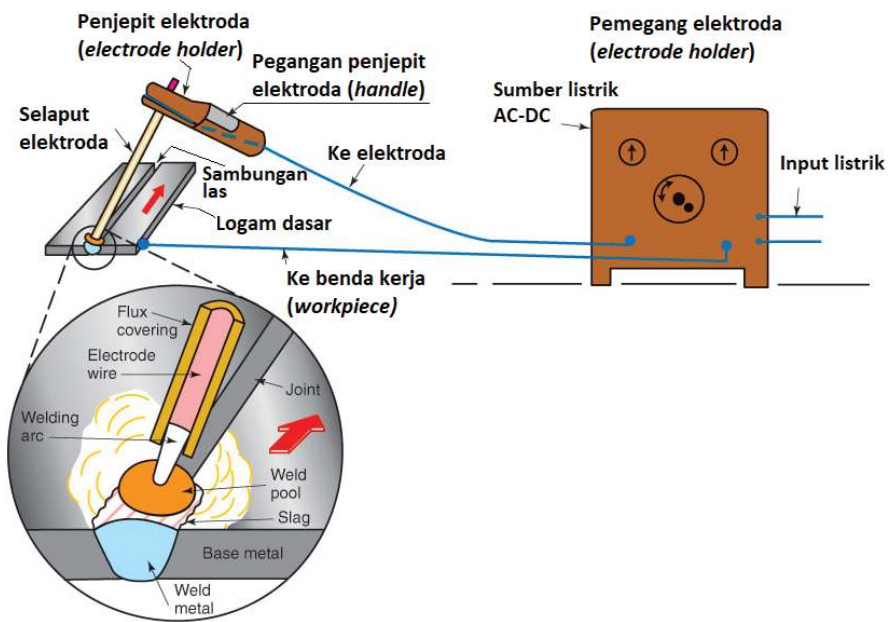
A. Proses Bisnis Konstruksi Baja

Perkembangan teknologi pada bidang konstruksi adalah proses peralihan teknologi yang mengunggulkan tenaga manusia dalam menyelesaikan pekerjaan menjadi penggunaan peralatan atau mesin yang menggunakan teknologi berbasis robot dalam menyelesaikan pekerjaan. Contohnya adalah teknologi *Artificial Intelligence (AI)*. *Artificial Intelligence (AI)* merupakan sebuah istilah yang mengacu pada sistem atau mesin yang meniru kecerdasan manusia dan dapat melakukan berbagai aktivitas dan analisis data dalam menyelesaikan pekerjaan berdasarkan instruksi yang dibuat oleh manusia.

Jika disikapi dengan bijak, perubahan-perubahan ini akan menjadi peluang bisnis yang bisa kalian lakukan di saat mendatang pada bidang pengelasan dan fabrikasi logam. Ada banyak jenis pekerjaan yang menggiurkan, khususnya bidang pengelasan dan fabrikasi logam. Salah satu teknologi penyambungan tersebut adalah dengan pengelasan.

1. Pengelasan

Pengelasan menurut AWS (*American Welding Society*) adalah proses penyambungan antara logam atau non-logam yang menghasilkan satu bagian yang menyatu, dengan memanaskan material yang akan disambung hingga pada temperatur pengelasan tertentu, dengan atau tanpa adanya tekanan, dan dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*). Pada Gambar 1.7 ditunjukkan bagaimana proses pengelasan SMAW dilakukan.



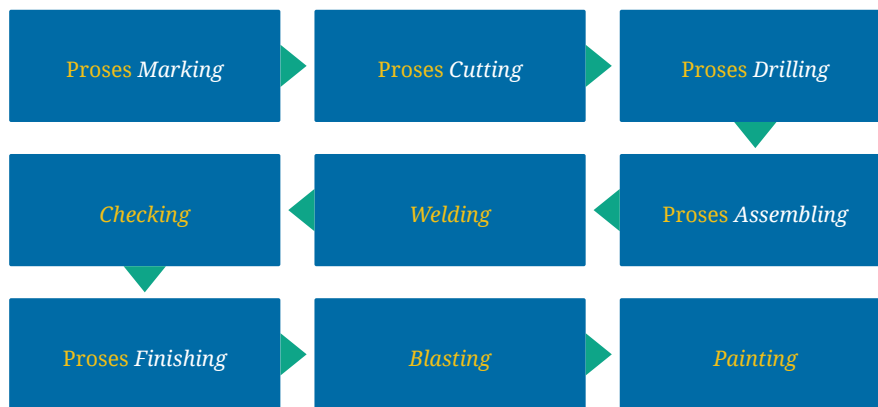
Gambar 1.7 Proses pengelasan SMAW.

Sumber: Althouse, dkk, 2020

Beberapa jenis pengelasan yang umum kita jumpai di lapangan di antaranya adalah Las Busur Listrik (*Shield Metal Arc Welding*), Las Busur Gas (*Gas Metal Arc Welding*), dan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) atau yang sering disebut *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW). Penerapan masing-masing jenis pengelasan itu berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi bahan yang las.

2. Fabrikasi

Fabrikasi identik dengan proses pengolahan komponen material baku atau setengah jadi yang dirangkai, dibentuk, dan dimanipulasi untuk menghasilkan barang baru yang memiliki nilai tambah dan fungsi. Gambar 1.8 menunjukkan alur proses fabrikasi logam dari awal hingga menjadi barang siap pakai.



Gambar 1.8 Rangkaian proses kerja bidang fabrikasi logam.
 Sumber: Daniarsyah, 2021

Berdasarkan tempat kerjanya, pekerjaan fabrikasi dibagi menjadi dua, yaitu *workshop fabrications* dan *site fabrications*. *Workshop fabrications* adalah pengerjaan fabrikasi yang dilakukan di dalam suatu bangunan atau gedung. Di dalam gedung tersebut sudah disediakan segala macam alat dan mesin-mesin untuk melakukan proses produksi dan proses fabrikasi, seperti mesin las, mesin potong plat, mesin *bending*, dan *overhead crane*.

Sementara itu, *site fabrications* adalah pengerjaan fabrikasi yang dilakukan di luar bangunan atau gedung *workshop*, lebih tepatnya dikerjakan di area lapangan terbuka.

3. Ruang Lingkup Kegiatan Bisnis Pengelasan Dan Fabrikasi Logam

Kegiatan bisnis pengelasan dan fabrikasi logam dapat dibagi menjadi tiga kategori. Setiap kategori memiliki variasi proses yang digunakan dalam proses fabrikasi logam, atau bisa juga hanya satu proses saja. Berikut di bawah ini adalah tiga kategori utama pada ruang lingkup kegiatan fabrikasi logam.

a. Struktural

Pekerjaan bidang struktural baja secara umum adalah sebuah proses pembuatan komponen-komponen struktur baja dari bahan profil baja dan atau plat baja. Pelaksanaan proses fabrikasi dapat dilakukan di dalam pabrik dan di luar pabrik, yaitu di lapangan tempat proyek konstruksi berlangsung. Pekerjaan struktural dapat ditunjukkan oleh Gambar 1.9. Pada gambar, seorang pekerja sedang melakukan kegiatan pengelasan pada sebuah konstruksi bangunan maupun komponen mesin.



Gambar 1.9 Kegiatan fabrikasi logam pada proyek konstruksi.

Sumber: Levy, 2022

b. Industri Fabrikasi Logam

Kegiatan dalam industri fabrikasi logam lebih mengarah pada proses penanganan material dalam skala yang besar. Material yang ditangani memiliki dimensi yang besar sehingga dibutuhkan proses pengerjaan yang relatif lama, seperti yang perlihatkan Gambar 1.10.



Construction machinery and equipment parts processing

Gambar 1.10 Proses produksi di industri fabrikasi logam skala besar.

Sumber: Geena, 2022

Jenis pekerjaan pada industri fabrikasi logam ini lebih fokus pada produk-produk massal, seperti untuk industri otomotif, bidang teknik, penanganan material, energi, dan kedirgantaraan. Selain ini industri

fabrikasi logam juga membuat seperti tangki, mesin-mesin untuk proses permesinan ataupun kerja pelat yang memiliki ukuran sangat besar seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.11.



Gambar 1.11 Mesin yang digunakan pada industri pengelasan dan fabrikasi logam.

Sumber: Geena, 2022

Untuk melihat secara jelas dan lengkap tentang kegiatan bisnis pada bidang pengelasan dan fabrikasi logam, kalian dapat menonton video dengan cara memindai QR code pada Gambar 1.12.



<https://www.youtube.com/watch?v=KKyB1pWSq3M>

Gambar 1.12 Video proses fabrikasi logam di industri.

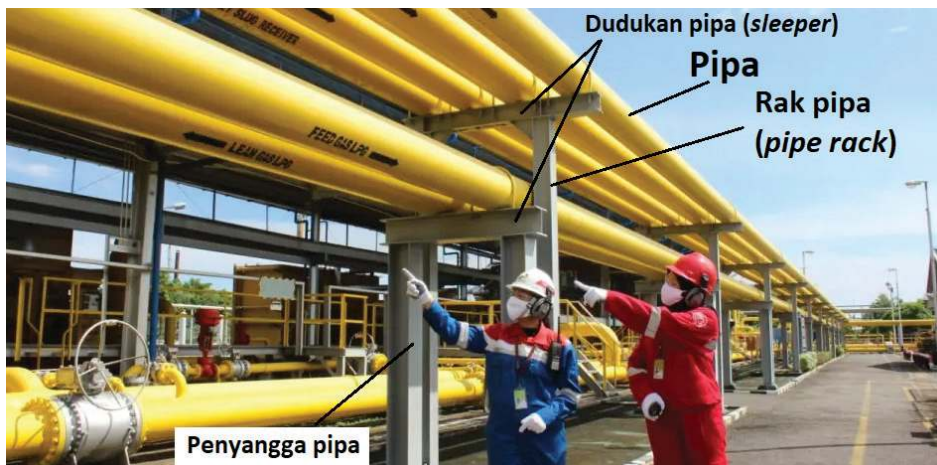
Sumber: Feng, 2017

B. Proses Bisnis Pemipaan

Pipa merupakan bagian penting dari sistem perpipaan dan peralatan yang dipasang di gedung untuk mengalirkan penggunaan air, gas, serta pengolahan limbah yang terbawa air. Dalam penggunaannya, terdapat banyak jenis dan fungsi yang nantinya harus disesuaikan dengan kebutuhan. Ditinjau dari jenis pekerjaan dan pemasangannya, proses pemasangan pipa dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu di atas tanah, di dalam tanah, dan di bawah air.

1. Pemasangan Pipa di atas Tanah

Proses pemasangan pipa di atas tanah dilakukan dengan menggunakan rak pipa (*pipe rack*), penyangga pipa dan dudukan pipa (*sleeper*). Penggunaan rak pipa sangat penting untuk memudahkan perbaikan pipa jika terjadi kerusakan, memudahkan pembacaan sistem, memberikan area sekitar lebih aman dan meredam gaya kejut. Pada Gambar 1.13 ditunjukkan penggunaan rak penyangga untuk menopang konstruksi pipa.



Gambar 1.13 Pemasangan pipa di atas tanah dengan menggunakan rak pipa.

Sumber: Kurniawan, 2022

2. Pemasangan Pipa di dalam Tanah

Proses pemasangan pipa melalui bawah tanah dibagi menjadi dua bagian, yaitu pipa untuk proses dan pipa untuk utilitas. Pemasangan pipa untuk proses melalui jalur bawah tanah tidak disarankan untuk diterapkan. Pipa untuk proses dalam penerapannya memanfaatkan gaya gravitasi melalui kemiringan pipa tanpa ada bantuan tekanan dari pompa. Jika di kemudian hari terjadi sumbatan oleh material padat, tentu hal ini akan menjadi masalah, terutama di titik perubahan arah seperti di belokan 90°

atau titik percabangan. Sementara itu, pipa utilitas bawah tanah dapat diklasifikasi menjadi dua bagian, yaitu pipa untuk aliran berdasarkan gravitasi (kemiringan) dan pipa dengan sistem aliran bertekanan.

Pada pipa dengan aliran gravitasi, besar kecilnya aliran tergantung pada pusat gravitasi. Jalur-jalur perpipaan dengan aliran gravitasi harus memiliki kemiringan (*slope*). Kemiringan pipa untuk ukuran 4 inchi ke atas disarankan sebesar 1:100, sedangkan untuk pipa ukuran di bawah 3 inchi disarankan sebesar 1:50 untuk setiap jalur di bawah tanah seperti yang diperlihatkan Gambar 1.14.



Gambar 1.14 Pemasangan pipa air dengan aliran gravitasi di dalam tanah.

Sumber: Andrew, 2020

Untuk pipa dengan sistem aliran bertekanan dapat dicontohkan pada distribusi aliran air pemadam kebakaran (*fire water*), air pendingin (*cooling water*), dan pembuangan proses yang tertutup dan dipompakan keluar dari sistem, dialirkan dengan tekanan. Dengan digunakannya pompa untuk mengalirkan aliran air, tekanan air yang keluar dari sistem cukup besar. Dalam pemasangannya, pipa bertekanan di bawah tanah memerlukan pemilihan bahan sangat teliti. Pipa jalur bawah tanah dengan aliran bertekanan harus memiliki sambungan atau hubungan dengan jalur pipa di atas tanah untuk aliran yang sama. Dengan demikian, dalam perencanaan sistem perpipaannya perlu diperhatikan pada daerah atau bagian mana pipa harus ditanam.

3. Pemasangan Pipa di dalam Air

Pekerjaan pemasangan pipa bawah laut dibutuhkan persiapan administrasi dan perencanaan teknis dengan sangat hati-hati. Hal ini mengingat tantangan

pekerjaan pemasangan pipa bawah laut sangat besar dan tidak mudah. Pada Gambar 1.15 ditunjukkan bagaimana proses instalasi (pemasangan) pipa gas di bawah laut membutuhkan persiapan peralatan yang tepat hingga prosedur penanganan tanggap darurat bila terjadi kesalahan terlebih untuk mencegah kemungkinan terjadinya kebocoran di bawah laut karena berbagai faktor.



Gambar 1.15 Proses instalasi pipa gas di dalam laut.

Sumber: Smith, 2015

Pemasangan pipa di dalam air dapat dilakukan di dasar laut atau mengapung di permukaan air laut. Sebagai contoh adalah pemasangan pipa melayang pada kedalaman 20 meter di bawah permukaan air laut. Adapun kendala yang akan dihadapi pada saat pemasangan pipa dalam air adalah terjadinya tegangan yang disebabkan oleh adanya tekanan hidrostatik, *water hammer* (kenaikan tekanan), *bending* (tekukan), dan temperatur.

Untuk menambah wawasan dan pengetahuan lebih mendalam mengenai proses instalasi pipa di bawah laut, silahkan kalian mengakses Gambar 1.16 dengan mengeklik tautan video atau memindai QR code dengan *handphone* atau tablet agar kalian mendapatkan pemahaman yang baik.



<https://www.youtube.com/watch?v=dCGV72QFgIU>

Gambar 1.16 Metode konstruksi bangunan laut instalasi pipa bawah laut.

Sumber: Alviandi, 2017

C. Proses Bisnis Kapal

Adakah di antara kalian yang pernah menaiki kapal? Ketika kalian melihat kapal, dapatkah kalian mendefinisikan apa itu kapal? Jenis kapal itu apa saja? Bagaimana proses pembangunan kapal? Apa saja tahapan-tahapan dalam pembangunannya? Bagaimana proses bisnis kapal tersebut? Kalian dapat menemukan jawaban dari pertanyaan-pertanyaan tersebut melalui media

online atau sumber buku yang relevan. Tentunya akan lebih menarik apabila kalian mengetahui dan dapat menjelaskan proses panjang dari kemegahan kapal yang sering kalian lihat.

Gambar 1.17 menunjukkan beberapa contoh jenis kapal dengan bentuk dan ukuran yang berbeda-beda sesuai dengan kegunaannya.



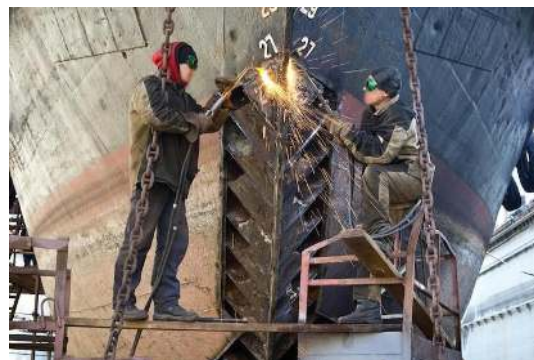
Gambar 1.17 Jenis kapal laut

Sumber: Raunek, 2021

1. Pengelasan Lambung Kapal

Lambung kapal merupakan bagian kapal yang memengaruhi gaya apung kapal. Gaya apung tersebut mempunyai fungsi untuk menopang beban yang berasal dari penumpang dan isi muatan kapal. Nilai besaran gaya apung akan menentukan berat muatan yang akan ditanggung oleh kapal tersebut (Satoto et al., 2013).

Pada Gambar 1.18 ditunjukkan contoh proses perbaikan lambung kapal. Perbaikan dapat dilakukan di atas *dock* atau galangan kapal serta dilakukan di atas perairan atau terapung di atas air (*floating*).



Gambar 1.18 Seorang welder sedang melakukan perbaikan lambung kapal.

Sumber: Sethijune, 2019

Adapun kerusakan pada lambung kapal bisa disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut :

- a. Benturan dan gesekan dengan benda lain (misalnya batu karang, buoys rambu atau pelampung suar, kayu, dan bongkahan es atau gunung es).
- b. Faktor alam
 - 1) Adanya hantaman gelombang laut terhadap badan kapal secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama
 - 2) Korosi yang diakibatkan terlalu lama berada di dalam air laut sehingga menyebabkan ketebalan pelat pada dinding lambung kapal menipis dan bisa menyebabkan lubang.

2. Proses Konstruksi Kapal

Perusahaan manufaktur memproduksi berbagai macam produk material untuk berbagai skala industri. Kebanyakan produk manufaktur digunakan untuk kebutuhan industri migas, otomotif, konstruksi, pertanian, dan lain sebagainya. Untuk membangun sebuah kapal dibutuhkan perencanaan yang berisi tahap-tahap pengerjaan pembangunan sebuah kapal, seperti yang diperlihatkan Gambar 1.19.

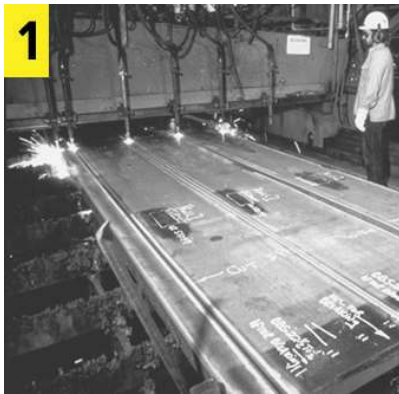


Gambar 1.19 Alur proses perencanaan pembangunan konstruksi kapal.

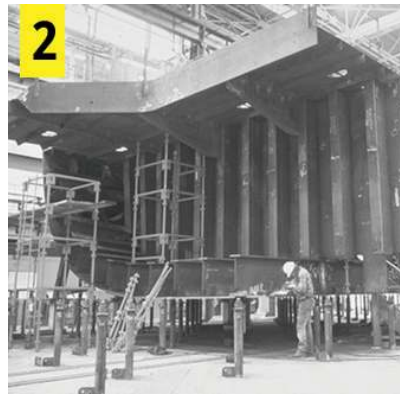
Sumber: Thornton, 2022

Dari Gambar 1.19 dapat diketahui bahwa alur proses perencanaan pembangunan konstruksi kapal merupakan gambaran proses bisnis dalam pembangunan konstruksi kapal. Urutan proses bisnisnya adalah mengadakan tender (lelang), melakukan kontrak kerja, menentukan galangan kapal (tempat pembangunan kapal), membuat desain, proses fabrikasi, *mould lofting* (proses menerjemahkan gambar kerja), proses perakitan (*assembling*), proses peletakan lunas (*keel laying*), penggabungan blok-blok badan kapal (*erection*), peluncuran kapal ke dalam air (*launching*), instalasi permesinan dan instalasi sistem penggerak kapal (*ship propulsion*), proses penyempurnaan dan perbaikan kembali hasil dari proses fabrikasi (*outfitting*) kapal dan penyelesaian pekerjaan di atas air (*finishing*), uji kelayakan kapal (*test*), sertifikasi kelas dan sertifikasi kapal (*class approval* dan *certification*), dan proses pengiriman kapal (*delivery*).

Proses dasar pembangunan suatu kapal dimulai dengan pembentukan badan kapal (*hull*). Pada Gambar 1.20 di bawah ini ditunjukkan beberapa jenis kegiatan dalam proses pembangunan konstruksi kapal.



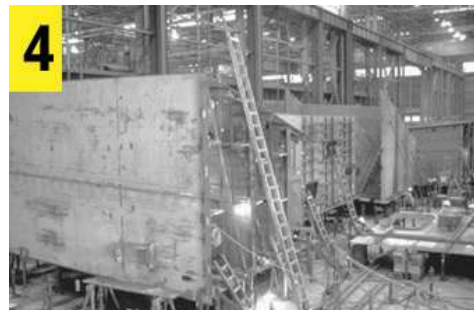
Pemotongan pelat otomatis



Menggabungkan sub-rakitan kapal menjadi blok yang lebih besar



Pengerolan lembaran pelat



Merakit bagian-bagian kapal



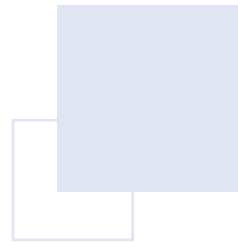
5 Membersihkan permukaan material dinding kapal sebelum pengecatan



6 Mengelas pelat baja untuk dibuat lambung kapal



7 Pemotongan pelat baja di dalam air dengan busur plasma



Gambar 1.20 Jenis kegiatan pengelasan dan fabrikasi logam pada pembangunan konstruksi kapal.

Sumber: Thornton, 2022

D. Proses Bisnis Pesawat Udara

Coba kalian amati peta dunia! Di sana kalian akan melihat bumi didominasi oleh sebagian besar lautan, yakni sekitar dua per tiga bagian bumi. Selanjutnya coba kalian cari di internet berapa jumlah populasi manusia saat ini. Miliaran populasi manusia tersebar di lima benua yang terpisah oleh samudra yang luas. Dalam suatu kondisi, tentunya mereka memiliki kebutuhan untuk saling terhubung antarwilayah dan antarnegara, dengan pesawat udara salah satunya kebutuhan tersebut dapat terpenuhi. Pada Gambar 1.21 ditunjukkan sebuah pesawat terbang yang digunakan untuk mengangkut wisatawan dan menjadi peluang bisnis yang memiliki prospek yang baik untuk jangka panjang.



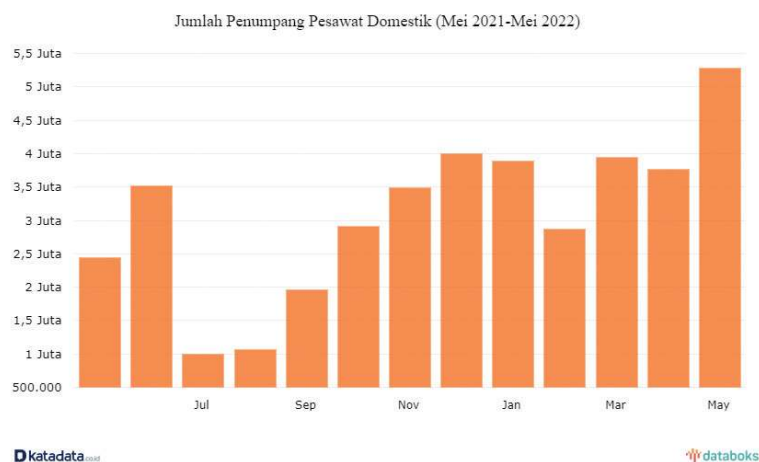
Gambar 1.21 Pesawat pengangkut wisatawan.

Sumber: Georgiadis, 2021

Pesawat udara digunakan untuk mengangkut manusia maupun barang dari satu tempat ke tempat lain dengan biaya yang relatif terjangkau. Dengan bertambahnya populasi manusia saat ini, maka jumlah pesawat udara juga harus ditingkatkan guna melayani kebutuhan perpindahan manusia dan barang.

1. Proses Manufaktur Pesawat Udara

Moda transportasi udara dengan pesawat terbang masih banyak diminati oleh masyarakat akhir-akhir ini. Seiring dengan meningkatnya jumlah pengguna, pihak penerbangan juga harus selalu meningkatkan pelayanan yang tepat terhadap keselamatan penumpang. Walaupun pada awal tahun 2022 masih terjadi pandemi Covid 19, hal ini tidak menyurutkan minat masyarakat untuk menggunakan moda transportasi udara. Hal ini bisa kita lihat pada Gambar grafik 1.22 yang menunjukkan peningkatan jumlah penumpang pesawat domestik. Dengan informasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa bisnis bidang transportasi udara masih perlu ditingkatkan.

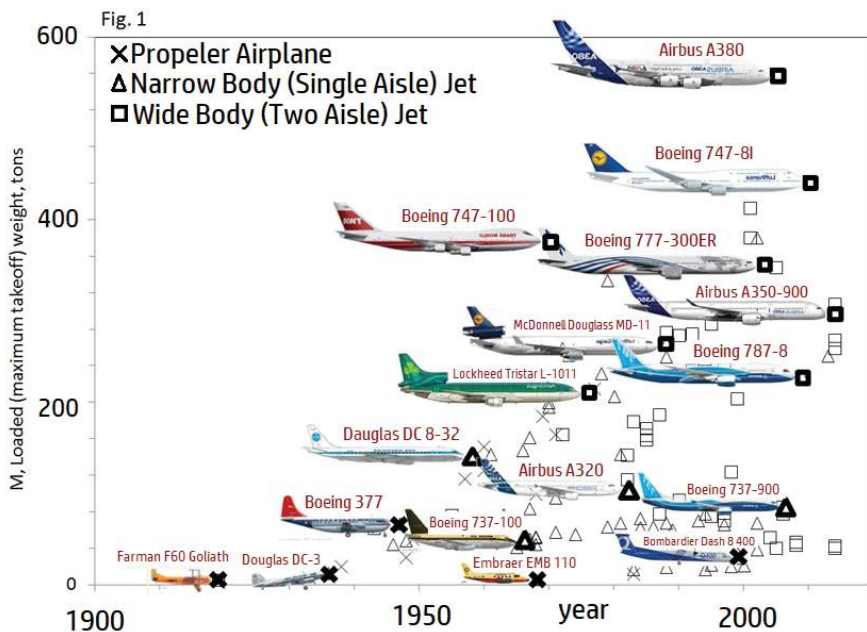


Gambar 1.22 Grafik jumlah penumpang pesawat domestik (Mei 2021—Mei 2022).

Sumber: Dihn, 2022

Perlu kalian ketahui bahwa struktur pesawat modern saat ini kebanyakan menggunakan paduan aluminium. Paduan aluminium dipilih karena lebih kuat dan ringan serta memiliki standard STWR (*strength to weight ratio*). *Strength to weight ratio* merupakan perbandingan antara kekuatan dan berat beban bahan itu sendiri. Paduan aluminium lebih tahan korosi dan relatif mudah untuk dibuat.

Paduan aluminium merupakan logam ringan dengan massa jenis sebesar 2,7 gr/cm³ atau sekitar 1/3 dari berat jenis logam besi (7,87 gr/cm³), memiliki kekuatan tarik relatif tinggi yaitu 220-610 MPa, tidak memiliki temperatur transisi getas ke ulet, tahan terhadap korosi, dan memiliki batas kerusakan (*damage tolerance*) yang baik serta daya tahan terhadap laju perambatan retak lelah baik. Seiring dengan itu perkembangan pesawat terbang terus mengalami perubahan yang luar biasa dalam desain. Perkembangan rancang bangun pesawat udara dari tahun ke tahun dapat dilihat pada Gambar 1.23.



Gambar 1.23 Perkembangan rancang bangun pesawat udara.

Sumber: Bejan, dkk, 2014

E. Pengelolaan Sumber Daya Manusia Dengan Memperhatikan Potensi Dan Kearifan Lokal

Perlu kalian ketahui, di abad 21 menjadi fokus utama bagi kalian untuk meng-*update* dan meningkatkan kapasitas dalam hal ilmu pengetahuan dan ketrampilan. Tentu kalian bertanya-tanya. Apa itu abad 21? Bagaimana cara meningkatkan

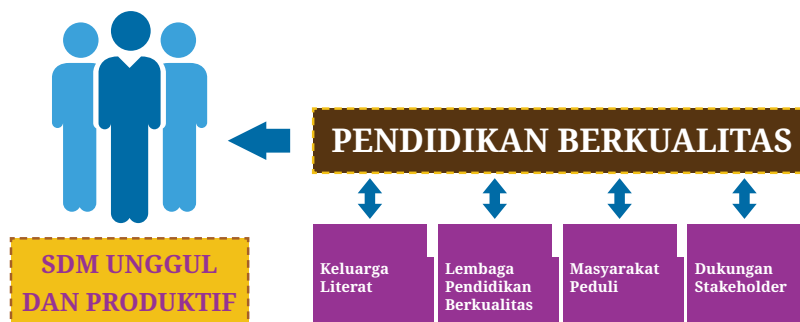
sumber daya manusia yang memiliki kompetensi unggul di abad 21? Kompetensi apa saja yang dibutuhkan di abad 21? Nah, beberapa pertanyaan ini akan menjadi kunci kalian untuk menjawab apakah kalian mampu untuk dapat bersaing di era modern saat ini. Perubahan-perubahan terjadi begitu cepat. Perubahan ini akan mempengaruhi kinerja manajemen perusahaan. Perusahaan harus cepat beradaptasi dengan perubahan yang ada di dunia ini. Pada Gambar 1.24 di bawah ini ditunjukkan sebuah gambaran mengenai sumber daya manusia yang terlatih yang mampu berkompetisi di dalam kehidupan.



Gambar 1.24 Sumber daya manusia yang unggul siap berkompetisi.
Sumber: Hanz, 2021

1. Sumber Daya Manusia Unggul

Human resources (sumber daya manusia) adalah aset penting bagi suatu bangsa. Kunci utama majunya sebuah peradaban bangsa adalah memiliki manusia yang terlatih. Manusia yang berkualitas menjadi syarat mutlak untuk terlaksananya pembangunan. Pada Gambar 1.25 ditunjukkan sebuah strategi dalam rangka mewujudkan manusia yang unggul dan produktif untuk memajukan bangsa.



Gambar 1.25 Kolaborasi Membangun SDM Unggul dan Produktif.

“Manusia yang berkualitas merupakan kunci keberhasilan masa depan bangsa.
Manusia yang unggul dan produktif akan mengantar Indonesia sejajar dan disegani bangsa lain”
(B.J. Habibie – Presiden ke-3 Indonesia)

Sumber: Amrul, 2019

Setiap pekerja dituntut senantiasa mengembangkan diri seiring dengan perubahan dunia. Perkembangan teknologi seperti *artificial intelligence*, *machine learning*, dan *automation* mengubah daratan pasar kerja yang dituntut oleh cara berbisnis yang berubah. Dengan demikian, karyawan harus menjaga relevansi sehingga kesempatan kerja yang mapan akan terus ada.

Secara umum, sumber daya manusia (*human resources*) dapat dimaknai sebagai individu produktif yang berada pada divisi atau bagian yang sangat penting di suatu organisasi/perusahaan dan memiliki fungsi sebagai penopang kesuksesan suatu organisasi/perusahaan. Gambar 1.26 menunjukkan bahwa SDM unggul memiliki peran serta fungsi yang penting dalam rangka memajukan dan memajukan perusahaan agar lebih produktif.



Gambar 1.26 Peran dan fungsi SDM dalam sebuah perusahaan.

Sumber: Atila, 2021

2. Pengelolaan Sumber Daya Manusia

Perkembangan teknologi menuntut manusia senantiasa menyesuaikan diri agar dapat bersaing dan berkompetisi dalam bekerja. Sementara itu, tenaga kerja yang ada masih dihadapkan pada keterbatasan keahlian dan keterampilan yang sesuai dengan perkembangan zaman. Pada gambar 1.27 ditunjukkan bagaimana cara melakukan pengelolaan SDM agar terjadi peningkatan produktivitas, peningkatan karakter, penurunan anggaran, serta kestabilan dan fleksibilitas perusahaan sehingga dapat menempatkan diri sesuai dengan tuntutan dari luar yang berubah.

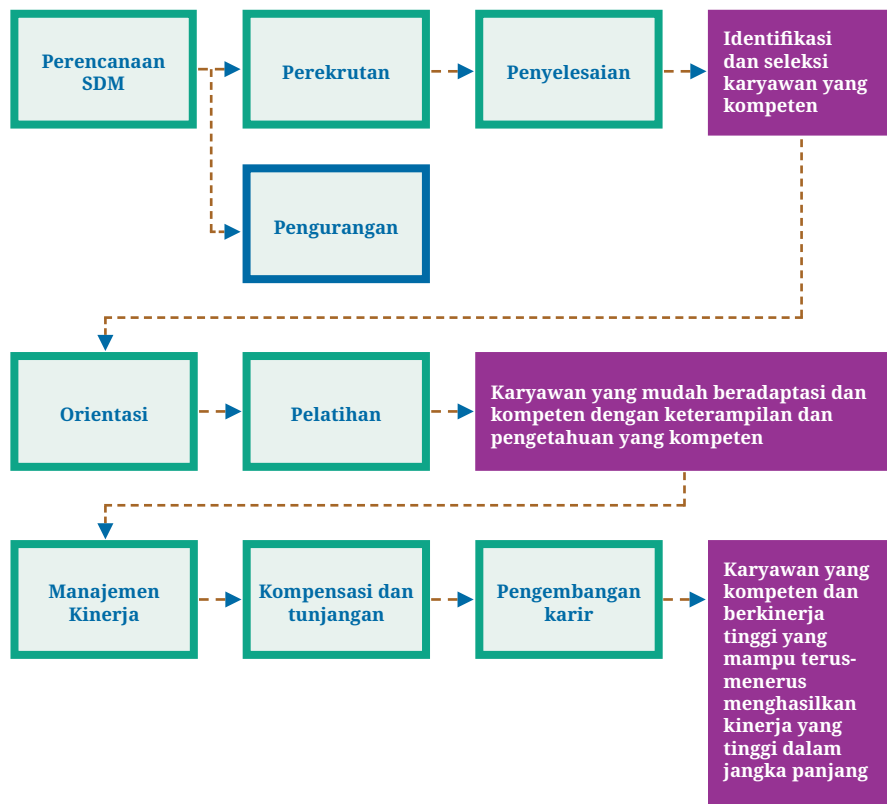


Gambar 1.27 Pengelolaan Sumber Daya Manusia.
Sumber: Tiyanto, 2010

Pembangunan Sumber Daya Manusia (SDM) Industri perlu dilakukan untuk menghasilkan SDM yang kompeten di bidang Industri. Hal ini tercantum di dalam Undang-undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian yang merupakan landasan bagi Kementerian Perindustrian (Kemenperin) untuk mendorong terciptanya tenaga kerja industri yang terampil serta menumbuhkan wirausaha industri kecil yang mandiri dan berdaya saing.

3. Proses Manajemen Sumber Daya Manusia

Proses manajemen merupakan kegiatan sistematis dalam melakukan aktivitas manajemen dengan menggunakan sumber daya manusia sebagai untuk mencapai tujuan organisasi (Prihatin Tiyanto, 2010). Gambar 1.28 menunjukkan alur proses kebijakan dan kegiatan dalam MSDM (Manajemen Sumber Daya Manusia). Tujuan dari MSDM, yaitu agar perusahaan memiliki pekerja yang berkarakter dan berprestasi serta memiliki sikap tanggap dalam merespon suatu perubahan.



Gambar 1.28 Proses Manajemen Sumber Daya Manusia (MSDM).
 Sumber: Kawiana, 2020

Manajemen Sumber Daya Manusia adalah metode dan cara untuk merekrut, meningkatkan, menyemangati, serta melakukan evaluasi secara menyeluruh mengenai sumber daya manusia yang diperlukan perusahaan untuk mencapai tujuan. Peran dari MSDM yaitu menghubungkan atau mengarahkan perusahaan, karyawan dan masyarakat luas, dalam rangka menuju tercapainya sebuah efektivitas, efisiensi produktivitas, dan kinerja perusahaan.

Menurut Prihatin Tiyanto, 2010 di dalam perkembangannya unsur manajemen ditambahkan (4Ms) yang meliputi unsur waktu (*manage of time*), unsur informasi (MIS), unsur keterampilan (*manajerial skills*), serta unsur lain yang tidak kalah penting adalah unsur *morale*, yaitu tambahan unsur manajemen sebagai penentu keberhasilan manajemen dalam organisasi. Unsur unsur tersebut dikelola dengan cara yang jujur dan dapat dipercaya oleh semua pihak yang berkepentingan (*stakeholders*), dengan demikian akan menghasilkan keunggulan bersaing (*competitive advantage*).

Pada Gambar 1.29 di bawah ini ditunjukkan beberapa tantangan MSDM era digital.



Gambar 1.29 Tantangan MSDM era digital.

Sumber: Kawiana, 2020

Menurut Werther dan Davis (1996), tujuan MSDM adalah untuk menumbuhkan kontribusi produktif karyawan terhadap organisasi dengan cara yang strategis, etis, dan bertanggung jawab secara sosial. Aplikasi teknologi memainkan peran yang semakin penting dalam SDM. Pada Tabel 1.1 ditunjukkan kualifikasi dan keterampilan yang dibutuhkan di masa depan.

Tabel 1.1 Pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan perusahaan di masa depan.

Kualifikasi	Ketrampilan
Kualifikasi Teknis dan Keterampilan	1. Pengetahuan dan Kemampuan IT, <i>Knowledge Management</i> , <i>Computer Programming/Coding</i> .
	2. Kemampuan dalam memproses dan menganalisis data dan informasi
	3. Pengetahuan statistika
	4. Pemahaman organisasi dan proses bisnis
	5. Kemampuan berinteraksi dengan perangkat mutakhir (mesin dan robot)

Kualifikasi	Ketrampilan
Kualifikasi Keterampilan Personal	1. Manajemen waktu secara mandiri
	2. Kemampuan beradaptasi dengan perubahan
	3. Keterampilan bekerja sama
	4. Keterampilan berkomunikasi
	5. Keterampilan Sosial

Sumber: Wijaya, 2020

Untuk menambah wawasan dan pengetahuan kalian mengenai keterampilan yang diperlukan di abad ke 21 pada MSDM era digital. Pada Gambar 1.30 di bawah ini disajikan sebuah tautan dan QR code yang dapat kalian akses dengan memindai atau mengeklik tautan yang tersedia.



<https://ehf.id/post/keterampilan-yang-diperlukan-di-abad-ke-21>

Gambar 1.30 Keterampilan yang dibutuhkan di abad 21.

Sumber: Gunawan, 2022



Uji Kompetensi

Untuk mengetahui apakah kalian telah menguasai materi pada Bab 1 ini, kerjakan tugas berikut secara mandiri dengan bertanggung jawab dan jujur.

Soal pilihan ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat

- Proses pengerjaan logam dengan cara mengubah lembaran pelat menjadi komponen-komponen sesuai bentuk yang diinginkan disebut...
 - Fabrikasi logam
 - Pengelasan
 - Pengecoran
 - Peleburan
 - Tempa logam

2. Yang bukan merupakan pekerjaan fabrikasi logam adalah...
 - a. Perancangan
 - b. Pemotongan
 - c. Penjualan
 - d. Pembentukan
 - e. Penyambungan
3. Aktivitas terencana untuk menyelesaikan masalah tertentu dengan menghasilkan produk/jasa disebut...
 - a. Jual beli
 - b. Bisnis
 - c. Manufaktur
 - d. Fabrikasi
 - e. Produksi
4. Salah satu kelebihan konstruksi baja adalah...
 - a. Lebih kokoh dan aman
 - b. Nilai jual lebih murah
 - c. Cocok untuk bangunan minimalis
 - d. Tidak cocok untuk bangunan yang besar dan luas
 - e. Sangat cocok untuk pembangunan rumah tinggal
5. Besi baja yang digunakan sebagai pengganti kolom dan balok beton konvensional pada bangunan, juga sebagai tiang pancang, balok serta kantilever kanopi adalah...
 - a. Baja CNP
 - b. Baja H-Beam
 - c. Baja IWF
 - d. Baja T-Beam
 - e. Baja UNP
6. Badan klasifikasi yang mengatur dan mengawasi proses pembuatan kapal di Indonesia adalah...
 - a. ABS
 - b. NKK
 - c. GL
 - d. LR
 - e. BKI

7. Perusahaan pembuat pesawat terbang dari perancis adalah...
 - a. Comac
 - b. Embraer
 - c. Sukhoi
 - d. Airbus
 - e. Boeing
8. Kapal selam KRI Nanggala 402 yang tenggelam pada tahun 2021 merupakan kapal selam produksi Negara...
 - a. Amerika Serikat
 - b. Rusia
 - c. Korea Selatan
 - d. Italia
 - e. Jerman
9. Berapa kedalaman pemasangan pipa melayang di dalam air laut?
 - a. 5 meter
 - b. 10 meter
 - c. 15 meter
 - d. 20 meter
 - e. 25 meter
10. Orang yang bertugas memeriksa dalam rangka pengendalian dan penetapan mutu sambungan las berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan disebut...
 - a. *Welder*
 - b. *Welding Engineering*
 - c. *Welding Inspector*
 - d. *NDT Personnel*
 - e. *Welding Instructor*
11. Berikut di bawah ini penyebab terjadinya *porosity* adalah
 - a. Arus pengelasan terlalu rendah
 - b. Panjang busur terlalu kecil
 - c. Kecepatan dalam pengelasan terlalu tinggi
 - d. Elektroda yang digunakan terlalu besar
 - e. Sudut kampuh terlalu kecil

12. Fungsi dari perencanaan dan pengembangan karier bagi karyawan adalah
 - a. Menimbulkan persaingan sehat diantara karyawan
 - b. Meningkatnya kinerja organisasi
 - c. Memberikan informasi tentang jalur karir yang tersedia
 - d. Memberikan kenaikan upah dan tunjangan berkala
 - e. Memberikan sarana dan prasarana yang lengkap
13. Manajer HRD (*Human Resource Development*) memiliki peran dalam perekrutan karyawan, terutama dalam hal
 - a. Pengumuman lowongan pekerjaan
 - b. Mengambil keputusan tentang sumber karyawan
 - c. Menetapkan syarat-syarat calon karyawan baru
 - d. Rekrutmen karyawan antar kota antar daerah
 - e. Menunjukkan beberapa keberhasilan kerjanya
14. Alasan utama mengapa training perlu segera dilakukan adalah
 - a. Meningkatnya tuntutan serikat buruh
 - b. Meningkatnya kebutuhan pasar
 - c. Meningkatnya ketidakhadiran dan pergantian karyawan
 - d. Meningkatnya tuntutan pemegang saham
 - e. Meningkatkan minat bekerja
15. Dalam praktek, orang yang melaksanakan produktivitas disebut “orang produktif” yang mempunyai salah satu ciri-ciri sebagai berikut
 - a. Sportif
 - b. Memegang amanah
 - c. Agamis
 - d. Cerdas
 - e. Semangat

Soal uraian

Jawablah dengan benar dan tepat

1. Kegiatan fabrikasi logam meliputi apa saja?
2. Apa perbedaan mendasar antara *workshop fabrications* dan *site fabrications*?
3. Jelaskan pengertian dari “konstruksi”!

4. Apa fungsi dibentuknya lembaga klasifikasi bidang konstruksi?
5. Tuliskan jenis kegiatan dalam proses pembangunan konstruksi kapal!

Soal uraian singkat

Jawablah dengan ringkas dan benar

1. Jelaskan definisi dari “proses bisnis”!
2. Jelaskan pengertian dari fabrikasi logam!
3. Tentukan proses kerja yang ada pada pekerjaan fabrikasi logam!
4. Apa yang dimaksud konstruksi baja?
5. Apa saja kelebihan konstruksi baja pada pembangunan gedung?
6. Mengapa industri penerbangan sangat penting bagi Indonesia?
7. Apa tujuan proses pengelasan konstruksi di lokasi proyek?
8. Sebutkan tiga perusahaan konstruksi kapal yang ada di dunia!
9. Sebutkan dua metode yang umum digunakan dalam pembuatan kapal!
10. Apa yang dimaksud biro klasifikasi dalam pembuatan konstruksi kapal?



Pengayaan

Guna meningkatkan pengetahuan kalian dalam memahami materi mengenai proses bisnis bidang pengelasan dan fabrikasi logam, kalian dapat mempelajarinya dengan cara mengakses tautan atau memindai QR Code berikut di bawah ini.



<https://www.pengadaanbarang.co.id/2020/08/fabrikasi-adalah.html>



<https://www.youtube.com/watch?v=cual37cFLuc>



Refleksi

Sebelum melanjutkan mempelajari materi pada bab berikutnya silahkan *review* kembali pemahaman Anda terkait materi pada kegiatan belajar 1 ini melalui pertanyaan-pertanyaan yang disajikan pada tabel berikut. Jika ada materi yang belum dipahami, Anda bisa menyampaikan terlebih dahulu kepada pendidik/guru pengampu ataupun berdiskusi dengan teman.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah setelah mempelajari materi proses bisnis bidang pengelasan dan fabrikasi logam, Anda mampu menerangkan bagaimana proses bisnis pengelasan dan fabrikasi logam dilaksanakan pada konstruksi baja dengan benar?		
2	Apakah setelah mempelajari materi proses bisnis pengelasan dan fabrikasi logam, Anda mampu menerangkan proses bisnis pengelasan dan fabrikasi logam pada pemipaan dengan baik?		
3	Apakah setelah mempelajari materi proses bisnis bidang pengelasan dan fabrikasi logam, Anda mampu memahami proses bisnis pengelasan dan fabrikasi logam pada kapal dengan benar?		
4	Apakah setelah mempelajari materi proses bisnis pengelasan dan fabrikasi logam, Anda mampu memahami proses bisnis pengelasan dan fabrikasi logam pada pesawat udara dengan benar?		
5	Apakah setelah mempelajari materi proses bisnis pengelasan dan fabrikasi logam, Anda mampu memahami cara pengelolaan sumber daya manusia dengan memperhatikan potensi dan kearifan lokal?		

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Kurniawan Susanta, Khusni Syauqi
ISBN: 978-623-194-532-7 (PDF)

BAB 2

PERKEMBANGAN TEKNOLOGI DI BIDANG PENGELASAN DAN FABRIKASI LOGAM

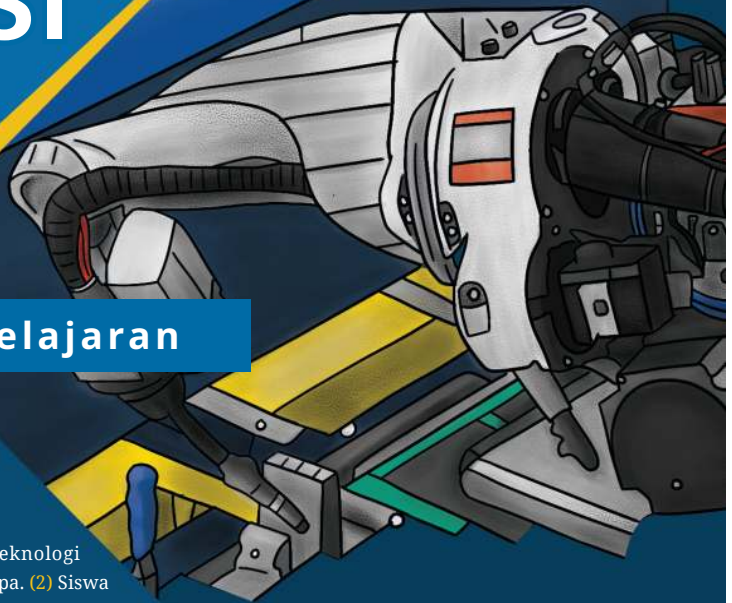


Tujuan Pembelajaran

Siswa mampu memahami perkembangan teknologi pengelasan dan fabrikasi logam di dunia industri dan dunia kerja

Indikator Pencapaian

(1) Siswa mampu memahami perkembangan teknologi pengelasan otomatis dalam kegiatan produksi pipa. (2) Siswa mampu memahami perkembangan teknologi pengelasan dalam perakitan kendaraan (3) Siswa mampu memahami perkembangan teknologi pengelasan dalam bidang pengelasan robotik. (4) Siswa mampu memahami perkembangan teknologi pengelasan dalam bidang konstruksi baja. (5) Siswa mampu memahami perkembangan teknologi pengelasan dalam bidang konstruksi kapal. (6) Siswa mampu memahami perkembangan teknologi pengelasan dalam bidang pesawat udara. (7) Siswa mampu menganalisis isu-isu terbaru yang berhubungan dengan bidang pengelasan dan fabrikasi logam



Perkembangan teknologi konstruksi pada masa kini banyak didominasi penggunaan teknologi pengelasan dan fabrikasi logam. Hal itu terjadi karena teknologi tersebut memiliki fungsi dan kegunaan yang cukup baik dalam hal analisis dan perbaikan logam. Kita menyadari sepenuhnya bahwa pembangunan infrastruktur yang andal merupakan kunci utama dalam meningkatkan daya saing Indonesia.

Teknologi pengelasan digunakan dalam banyak bidang pada industri skala besar, di antaranya adalah pembuatan konstruksi otomotif, konstruksi kapal, kereta api, bejana tekan, dan saluran pipa. Untuk memberikan gambaran yang nyata mengenai perkembangan teknologi pengelasan dan fabrikasi logam, pada Gambar 2.1 di bawah ini menampilkan pesatnya perkembangan teknologi robotik di bidang industri.



Gambar 2.1 Penggunaan teknologi robot pada industri otomotif.

Sumber: Bernier, 2022

Salah satu industri yang menggunakan teknologi robot adalah industri otomotif. Hampir dipastikan semua pabrik mobil saat ini menggunakan teknologi pengelasan robot dalam merakit rangka bodi mobil. Hal ini membuat teknologi semakin dikenal luas dan menyebar dalam kehidupan manusia.

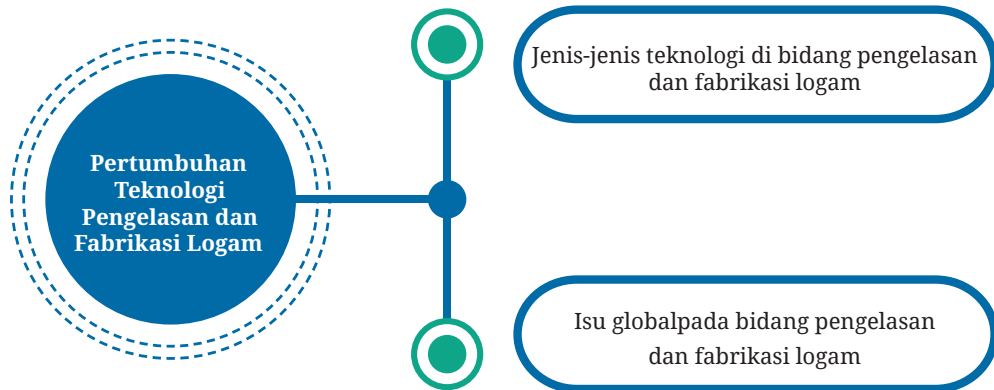


Kata Kunci

Teknologi, pengelasan, fabrikasi, global, robot, logam



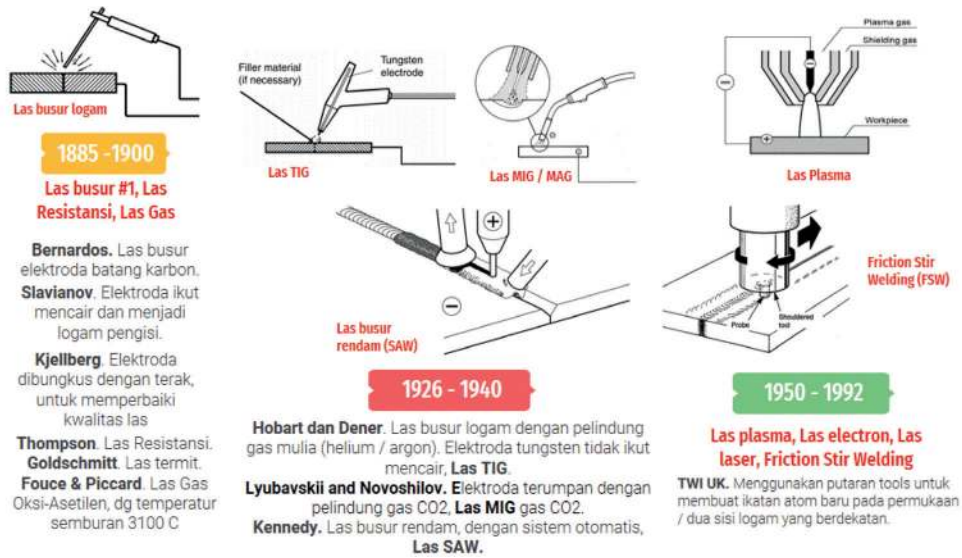
Peta Konsep



Gambar 2.2 Peta Konsep

Apersepsi

Perkembangan teknologi dari waktu ke waktu senantiasa mengalami perubahan. Perubahan dilakukan agar industri mampu bersaing di tingkat regional dan internasional. Menggunakan teknologi yang tepat dapat mempersingkat waktu dalam melakukan pekerjaan agar lebih efektif dan efisien sehingga produk yang dihasilkan lebih presisi dan pekerjaan yang beresiko tinggi serta tidak mungkin dikerjakan secara manual pun dapat dengan mudah dilakukan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3, penggunaan teknologi pengelasan mengalami perkembangan yang berdampak pada penggunaan teknologi pengelasan yang lebih luas.



Gambar 2.3 Perkembangan teknologi pengelasan dari masa ke masa mengalami perubahan.

Sumber: Firmansyah, 2021

Ilmu dan teknologi pengelasan dinilai sangat penting bagi pengembangan industri manufaktur, mengingat sebagian besar proses produksi dalam industri permesinan dan struktur menggunakan teknik pengelasan. Pesatnya kemajuan teknologi pengelasan memungkinkan kita bisa membangun gedung pencakar langit, perakitan kendaraan, kapal selam, serta pendistribusian gas/minyak/uap dengan sistem perpipaan. Untuk mendapatkan kualitas hasil pengelasan yang baik, maka diperlukan sebuah teknologi pengelasan yang tepat pula.

Aktivitas Pembelajaran

Di era modern ini, teknologi robotik mulai merambah ke berbagai bidang industri, tak terkecuali bidang konstruksi yang menggunakan teknologi pengelasan dan fabrikasi logam. Walau tak secepat bidang industri lain, perlahan-lahan teknologi robotik mulai mengambil alih beberapa pekerjaan konstruksi yang awalnya dikerjakan oleh manusia. Saat ini implikasi dari teknologi robotik digunakan pada mesin yang beroperasi sendiri, seperti *crane*, *excavator*, pengelasan, CNC, dan lainnya. Namun, perkembangan teknologi robotik yang pesat memungkinkan di masa depan robot-robot dapat menggantikan pekerjaan yang menggunakan tenaga kerja manusia pada bidang konstruksi. Pada Gambar 2.4 di bawah ini ditunjukkan contoh penggunaan teknologi pengelasan robot pada konstruksi pipa yang menjadikan hasil pengelasan lebih presisi dan efisien.



Gambar 2.4 Pengelasan robotik pada konstruksi pipa lebih presisi dan efisien.
Sumber: Myers, 2018

Penggunaan robot dalam bidang industri ini diyakini dapat menekan biaya, lebih efisien, dan lebih presisi dibandingkan dengan tenaga manusia. Penggunaan robot juga dapat meningkatkan kualitas hasil kerja. Dengan memanfaatkan sistem robot yang sepenuhnya otomatis, kesalahan manusia atau *human error* dapat diminimalisasi dan kualitas hasil kerja pun menjadi lebih baik. Adanya perubahan ini tidak bisa kita hindari, namun perubahan ini harus kita sikapi dengan positif dengan senantiasa mengembangkan kompetensi-kompetensi pada diri kita yang dibutuhkan di masa mendatang.

A. Teknologi Pengelasan Pada Pembuatan Pipa

Perlu diketahui, saat ini teknologi pengelasan menjadi salah satu teknik penyambungan logam yang banyak diterapkan dalam industri otomotif, konstruksi perpipaan, konstruksi perkapalan, konstruksi jembatan, bangunan lepas pantai, dan bahkan sudah digunakan pada perakitan panel-panel bodi pesawat terbang (*fuselage*) dalam skala kecil.

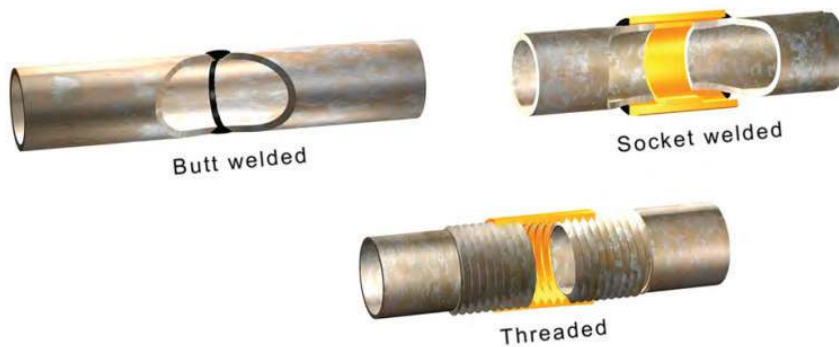
Ada beberapa alasan teknik pengelasan banyak digunakan di industri besar saat ini. Pertama, teknik pengelasan dapat dilakukan secara manual (tenaga manusia) maupun secara otomatis (mesin robot). Selain itu, pengelasan otomatis banyak diterapkan di industri besar dengan pertimbangan ketelitian dan akurasi hasil pekerjaan yang presisi. Tak hanya itu, pengelasan dengan robot mampu mengurangi tingkat risiko kecelakaan, meningkatkan efisiensi biaya, mampu melakukan pekerjaan sulit yang tidak bisa dikerjakan secara manual. Pada Gambar 2.6 di bawah ini ditunjukkan seorang *welder* sedang melakukan pengelasan dengan menggunakan pengelasan robot dan manual.



Gambar 2.5 Penggunaan teknologi las robot dan manual pada konstruksi pipa baja.
 Sumber: Steve M, 2022

1. Jenis Sambungan Pipa

Pipa adalah benda berbentuk silinder dan sering digunakan sebagai tempat membawa zat yang dapat mengalir (cairan, gas, *slurry*, bubuk, padatan-padatan kecil), atau dengan kata lain sebagai tempat mengalirnya zat-zat tadi. Pada Gambar 2.6 diperlihatkan tiga metode dalam penyambungan konstruksi pipa.



Gambar 2.6 Metode penyambungan pipa
 Sumber: Parisher dan Rhea, 2021

a. **Butt Welded Fitting**

Butt welded fitting merupakan proses penyambungan pipa melalui pengelasan langsung pada bagian *butt* (ujung). Cara penyambungannya harus dibevel terlebih dulu antara pipa dan *fitting*-nya. Sambungan ini bisa dilas dan memungkinkan untuk mengubah arah aliran, untuk membuat percabangan, mengurangi ukuran pipa, dan mengurangi tekanan atau untuk memasang peralatan bantu lainnya. *Butt welded fitting* dibuat sesuai dengan ANSI / ASME B16.9. Beberapa bentuk *butt weld fitting*, yaitu *elbow*, *reducer*, dan *tee*. Jika dilihat dari segi bentuknya, *butt weld fitting* memiliki jari-jari panjang siku, *reducer eccentric*, *reducer concentric*, dan *tee*.

b. Socket Welded Fitting

Socket welded fitting adalah jenis *fitting* yang disambung dengan pipa dengan cara memasukkan sebagian ujungnya, kemudian dilakukan pengelasan pada bagian *fillet* dari pertemuan antara pipa dan *fitting*. Diameter dalam pada sambungan ini sedikit lebih besar dari diameter pipanya.

c. Threaded

Threaded Component adalah menyambung pipa dengan cara diulir sehingga jika diperlukan, suatu saat bisa dilepas. Jenis sambungan ini memudahkan untuk proses perbaikan atau *maintenance*.

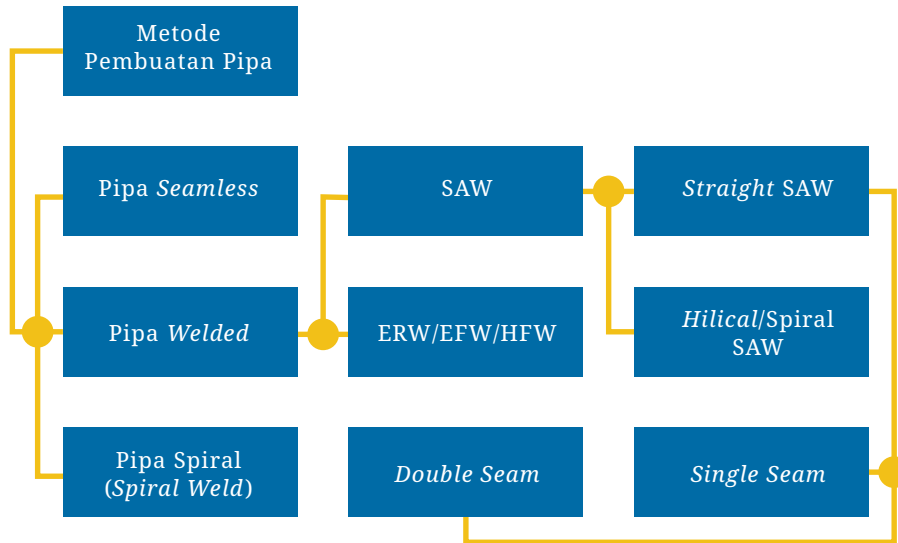
2. Proses Pembuatan Pipa

Proses pembuatan pipa baja di dalam industri manufaktur dapat dikategorikan sebagai kegiatan proses dan perakitan (*assembly*). Pipa baja berdiameter besar yang memiliki ukuran mulai dari 24” sampai dengan 48” dihasilkan melalui proses pembentukan (*shaping processes*) dan pembersihan permukaan (*surface processing operation*) serta pengelasan (*permanent joining processes*).

Material pipa baja dibuat dari dua bentuk baja, yaitu *round billet* dan *slab*. *Billet* adalah baja bulat padat yang dapat digunakan untuk membuat pipa tanpa sambungan (*seamless*), sedangkan jenis pipa lainnya dibuat dari *slab*, yaitu berupa baja yang berbentuk kotak padat memanjang. *Slab* di dipanaskan dan diproses menjadi bentuk lembaran plat dan koil.

Salah satu metode pembuatan pipa berdiameter besar adalah dengan dengan metode pengelasan memanjang atau yang lebih dikenal dengan *LSAW (Longitudinal Sub Merged Arc Welding)*, yaitu menggunakan bahan berupa lembaran plat baja yang kemudian mengalami proses pembentukan dan pengelasan sampai menjadi bentuk pipa baja sesuai dengan standar yang digunakan.

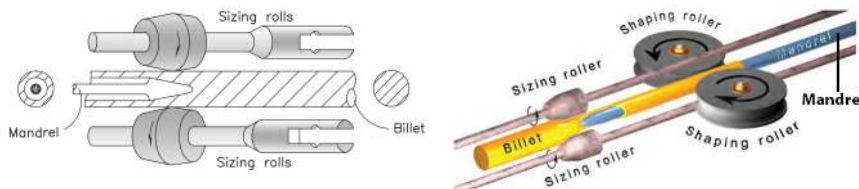
Lalu, bagaimana kira-kira proses pembuatan pipa dengan material logam? Pada Gambar 2.7 ditunjukkan diagram teknik pembuatan pipa baja.



Gambar 2.7 Metode pembuatan pipa

a. Seamless Pipe

Seamless pipe adalah pipa yang tidak memiliki sambungan. Pipa *seamless* terbuat dari *solid steel* (baja padat) yang dilubangi dalam kondisi hampir meleleh yang kemudian disebut *billet*. Proses pembuatannya adalah dengan cara baja silinder pejal berputar dan mandrel melakukan penembusan. Pada Gambar 2.8 ditunjukkan diagram proses pembuatan pipa *seamless*.



Gambar 2.8 Ilustrasi pembuatan seamless pipe

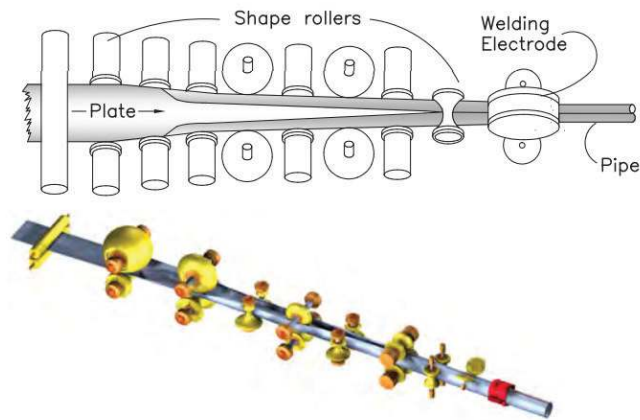
Sumber: Parisher dan Rhea, 2021

Dengan metode pembuatan tanpa sambungan tersebut, pipa yang dihasilkan dapat lebih baik karena kualitas baja yang dihasilkan hampir sama pada setiap area permukaan pipa. Selain itu, dari segi ketebalan, pipa yang dihasilkan metode ini memungkinkan produksi pipa dengan ketebalan yang lebih beragam.

b. Butt Welded Pipe atau Straight Welded Pipe

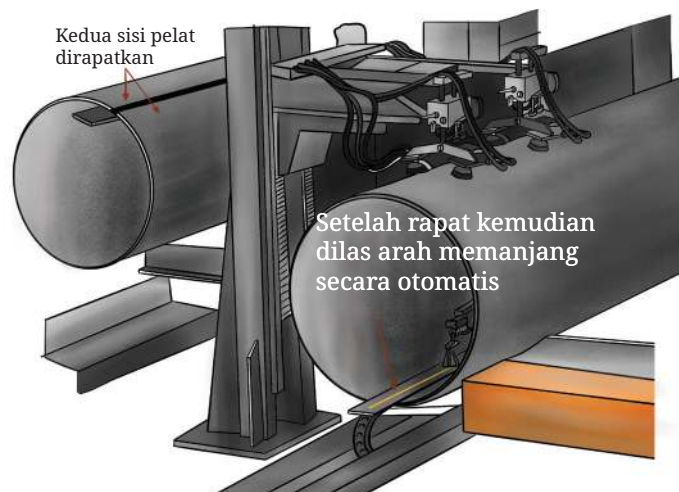
Pipa ini disebut juga sebagai pipa UOE/*Uing and Oing Forming* (pipa baja *straight welded*). Bahan baku pembuatan pipa ini adalah pelat baja

dengan bentuk profil strip. Pelat baja tersebut dibentuk menjadi pipa dengan melengkungkan pipa tersebut ke arah sumbu pendeknya dengan rol pembentuk (*shaper roll*) sehingga membentuk sebuah pipa. Celah pertemuan kedua sisi pelat strip tersebut kemudian dilas memanjang sehingga membentuk sebuah pipa tanpa celah. Ilustrasi pembuatan *butt welded pipe* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Ilustrasi pembuatan *butt welded pipe*
Sumber: Parisher dan Rhea, 2021

Pipa *butt welded pipe* memiliki keunggulan, yaitu kualitas dinding pipa sangat mudah untuk dikontrol dan memiliki ketebalan yang seragam. Pada Gambar 2.10 di bawah ini ditunjukkan bagaimana proses pembuatan *butt welded pipe* menggunakan mesin las otomatis.

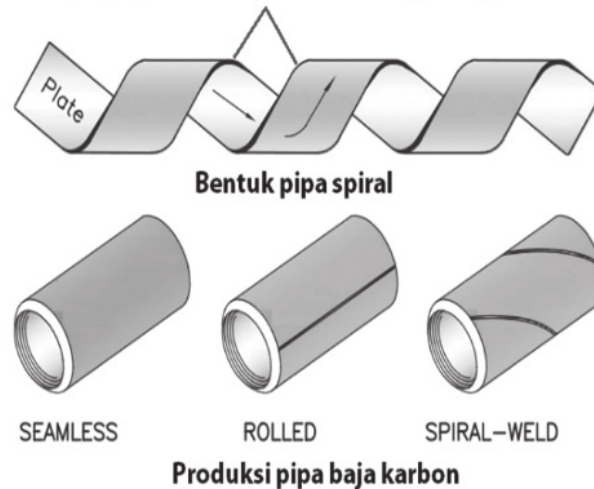


Gambar 2.10 Proses pembuatan pipa *welded* secara otomatis.

c. **Spiral Pipe**

Pipa spiral atau pipa *casing* adalah pipa baja yang memiliki alur pengelasan dalam bentuk spiral pada kedua sisi pelat baja strip yang disambung. Proses pembuatan pipa spiral dimulai dari pelat baja strip yang dibentuk menjadi spiral selanjutnya dilas pada kedua sisi sehingga terbentuk sebuah pipa spiral seperti yang diperlihatkan Gambar 2.11.

Kedua sisi/tepi pelat strip disambung dengan cara dilas



Gambar 2.11 Ilustrasi pembuatan *spiral welded pipe*.
Sumber: Parisher dan Rhea, 2021

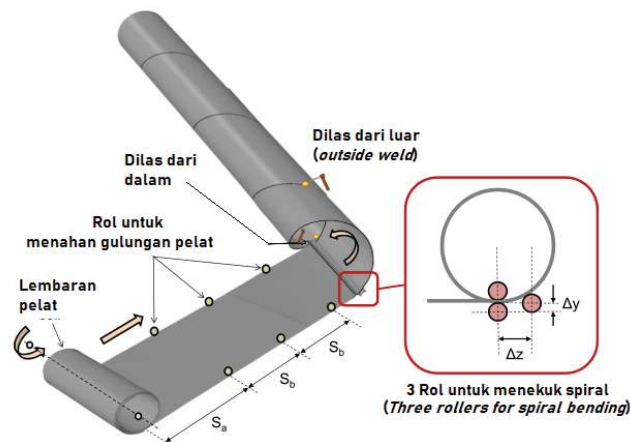
Dalam sistem perpipaan, jenis pipa spiral sangat dibatasi penggunaannya hanya untuk kebutuhan pipa dengan tekanan rendah karena ketipisannya. Bahkan dalam industri migas, pipa ini tidak digunakan dalam sistem pipa bertekanan, kebanyakan hanya digunakan sebagai *casing* (penutup) untuk pondasi, ataupun sebagai *pipe support*.

Keuntungan pipa ini adalah dapat dibuat menjadi sangat besar dengan mudah. Namun pipa ini memiliki kelemahan yaitu ketebalan untuk dapat membuat spiral cukup terbatas, sehingga pipa ini relatif tipis. Selain itu, jumlah sambungan yang cukup banyak per satuan panjangnya membuat inspeksi pengelasan menjadi lebih banyak, jauh lebih banyak daripada *straight welded pipe* apabila akan digunakan sebagai pipa bertekanan.

d. **Pipa Baja Las Spiral (Spiral SAW Welded Pipe)**

Pipa las spiral adalah pipa baja las yang memiliki alur pengelasan seluruh panjang dalam bentuk spiral seperti yang ditunjukkan oleh

Gambar 2.12. Pada dasarnya, spiral pipa dilas hanya diperuntukkan untuk pipa tekanan rendah dan aplikasi struktural. Produk dari pipa spiral ini memiliki kekuatan tekanan yang besar dibandingkan dengan pipa *butt - welded pipe* atau *straight welded pipe*. Kebanyakan pipa ini digunakan sebagai pengalir gas dan air juga sebagai fondasi ataupun sebagai *pipe support*.

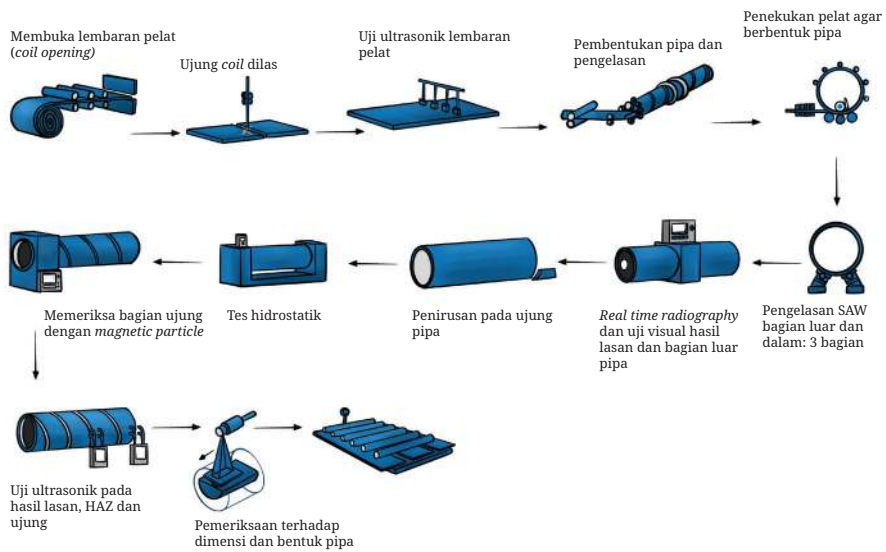


Gambar 2.12 Gambaran proses pembentukan spiral.

Sumber: Chatzopoulou,dkk, 2019

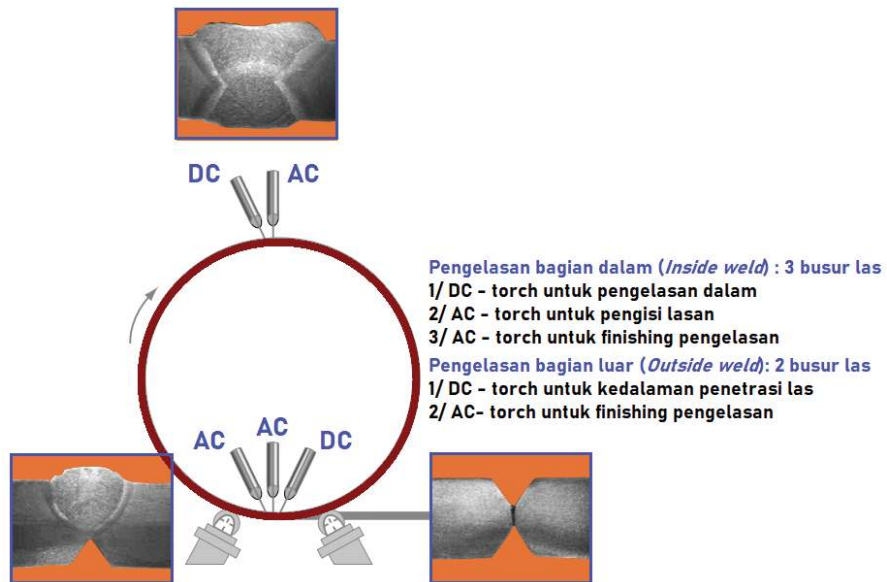
Saat ini, pipa spiral digunakan di berbagai aplikasi di kalangan industri minyak dan gas, konstruksi bangunan, dan sistem distribusi *liquid/cairan*. Jenis produk pipa ini juga sering digunakan untuk fondasi tiang pancang dan pelabuhan/dermaga.

Untuk proyek kerja tertentu, pipa spiral dibuat sesuai dengan kebutuhan ketebalan yang berbeda dan diameter hingga 64 inchi. Pada Gambar 2.13 ditunjukkan bagaimana alur proses untuk membuat pipa las spiral.



Gambar 2.13 Skema alur proses pembuatan pipa las spiral.

Selanjutnya pada Gambar 2.14 diperlihatkan ilustrasi proses pengelasan untuk membuat pipa spiral.



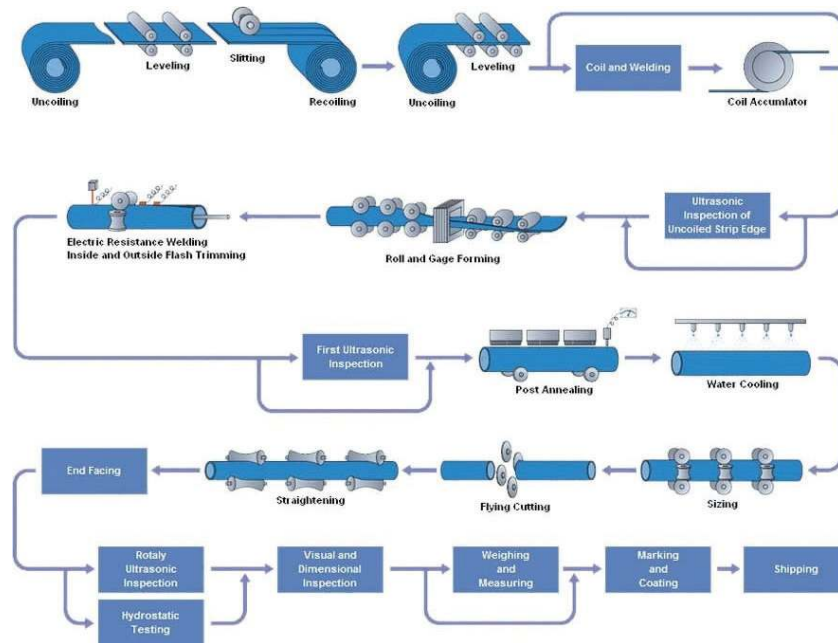
Gambar 2.14 Proses pengelasan pipa spiral.

Sumber: Aslani, 2015

e. Pipa Las Lurus/Longitudinal (Straight SAW Welded Pipe)

Pipa las lurus adalah pipa baja yang dibuat dengan metode pengelasan memanjang dengan menggunakan sebuah lembaran pelat baja yang

kemudian mengalami proses pembentukan dan pengelasan sampai menjadi bentuk pipa baja sesuai dengan standar yang digunakan. Pada Gambar 2.15 di bawah ini ditunjukkan alur proses pembuatan pipa las lurus.



Gambar 2.15 Proses pembuatan pipa pipa las lurus.

Sumber: Sentoso, 2022

Umumnya metode ini digunakan untuk memproduksi pipa berdiameter besar. Diameter pipa LSAW lebih besar dari ERW, yaitu 16 inci (406 mm) hingga 60 inci (1500 mm). Pipa jenis ini memiliki ketahanan pada tekanan tinggi, ketahanan korosi suhu rendah, dan biaya rendah.

Pipa LSAW (*Longitudinal Submerged Arc Welding Pipe*) ini akan memiliki keunggulan, yaitu *ductility* yang baik, ketangguhan hasil pengelasan, keseragaman hasil pengelasan, *plasticity* baik dengan kerapatan baik, kualitas dinding pipa sangat mudah untuk dikontrol, dan ketebalan yang seragam serta kecepatan dan efisiensi produksi.

B. Teknologi Pengelasan pada Perakitan Kendaraan

Pernahkan kalian melihat produksi mobil secara langsung atau melalui media internet? Bagaimana proses pembuatan mobil dilakukan begitu cepat? Teknologi

apa yang digunakan untuk memproduksi mobil? Bagaimana cara merakitnya? Sederet pertanyaan ini mungkin muncul dalam benak kalian. Tentunya kalian ingin tahu lebih dalam untuk mengetahui jawaban tersebut. Untuk itu, kalian bisa membaca atau melihat informasi-informasi terkait pengelasan pada bidang perakitan kendaraan melalui media internet, majalah, atau buku.

1. Teknologi Las Robot

Dalam penerapan industri 4.0, beberapa pekerjaan, terutama di pabrik perakitan mobil akan digantikan dengan robot. Perubahan ini diyakini tidak akan mengganti atau mengurangi peran tenaga kerja manusia, melainkan justru mendorong peningkatan kompetensi mereka untuk memahami penggunaan teknologi terkini di industri.

Pada proses *assembling*, tidak perlu waktu banyak bagi operator. Operator hanya perlu waktu 1,5 menit untuk memasang semua komponen mobil. Dalam 1,5 menit, proses pemasangan atau perakitan sebuah mobil sudah selesai. Pada gambar 2.17 ditunjukkan area kerja proses perakitan mobil dengan menggunakan teknologi las robot. Masing-masing robot melakukan pengelasan sesuai dengan program serta parameter yang telah ditentukan.

Pekerjaan perakitan kendaraan membutuhkan tenaga manusia, material, serta peralatan teknologi. Seiring perkembangan teknologi, berbagai alat bantu diciptakan guna mendukung pekerjaan konstruksi sehingga pekerjaan menjadi lebih mudah, lebih ringan, cepat dan hasilnya lebih berkualitas.

2. Teknologi Perakitan Kendaraan

Seiring dengan perkembangan dan kemajuan teknologi otomotif, jumlah komponen kendaraan juga semakin banyak, yang dibuat dengan teknologi bervariasi serta bahan komponen berbeda-beda.. Konstruksi bodi itu sendiri



Gambar 2.16 Proses perakitan bodi mobil dengan menggunakan robot las sangat efektif dan efisien.

Sumber: Chopra, 2017



Gambar 2.17 Alur perakitan mobil yang menggunakan teknologi las robot.

Sumber: Krawczyński, Czyżewski, Bocian, 2016

terbagi menjadi dua, yakni terpisah (*composite*) dan menyatu (*monocoque body*). Penggunaan las robot dalam perakitan bodi mobil sangat diperlukan untuk meminimalisir terjadinya kesalahan yang berdampak pada lambatnya laju produksi seperti yang diperlihatkan Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Penggunaan teknologi robot las pada perakitan konstruksi bodi mobil.

Sumber: Crowe, 2018

Proses produksi mobil sendiri terdiri atas beberapa tahap yang dikerjakan di beberapa bagian. Beberapa jenis proses yang dilalui dalam produksi mobil dilengkapi dengan beberapa fasilitas produksi seperti *press shop* (fasilitas pengepresan), *welding shop* (pengelasan), *paint shop* (pengecatan), *engine shop* (manufaktur mesin), dan *assembly shop* (perakitan).

Menurut Mochammad Noer Ilman (2015), material untuk bodi mobil biasanya terbuat dari baja kekuatan tinggi dalam bentuk lembaran tipis (*sheet*) yang diberi perlakuan galvanis, yaitu dengan pencelupan panas (*hot dipping*) baja ke dalam seng (Zn) cair sehingga terbentuk lapisan tipis Zn.

Lapisan ini berfungsi melindungi baja dari serangan korosi. Lembaran baja ini selanjutnya dilakukan proses pembentukan logam sehingga menghasilkan komponen-komponen yang siap untuk dirakit menjadi bodi mobil (*body assembly*). Proses perakitan bodi ke rangka kendaraan sebagian menggunakan las resistansi titik (*Resistance Spot Welding*, RSW) seperti yang diperlihatkan Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Pengelasan rangka bodi pada perakitan suku cadang mobil dengan *Resistance Spot Welding*.

Sumber: Grill, 2022

Selanjutnya Gambar 2.20 menunjukkan contoh proses pengelasan rangka/*chassis* kendaraan dengan menggunakan las GMAW.

Selain itu, juga ada yang menggunakan las GTAW untuk mengelas sasis dari bahan *stainless steel* karena las GTAW mempunyai beberapa keunggulan, yaitu kemudahan untuk dioperasikan pada berbagai tipe sambungan, adanya perimbangan antara produktivitas dan biaya yang

dikeluarkan, mudah dimodifikasi menjadi las robotik, hampir tidak terjadi cacat las, dan resiko bahaya akibat asap las relatif rendah.

Dengan melihat kelebihan las GTAW, metode ini sangat tepat untuk proses *welding root* (pengelasan akar) dan segala posisi pengelasan. Rangka atau sasis motor yang patah menjadi salah satu momok bagi pengendara motor. Rangka patah bisa disebabkan oleh karat, ataupun sambungan las yang kurang kuat. Pada Gambar 2.21 di bawah ini ditunjukkan penggunaan pengelasan GTAW untuk mengelas rangka kendaraan roda dua.



Gambar 2.20 Mengelas badan mobil arah memanjang dan melintang dari ujung depan hingga ujung belakang dengan las robot MIG/MAG.

Sumber: Schuster, 2022



Gambar 2.21 Mengelas rangka sepeda motor dengan GTAW Welding.

Sumber: Adams, 2016

C. Teknologi Pengelasan Robotik

Menuju era industri otomotif 4.0, robot menjadi salah satu penunjang. Penggunaan teknologi pengganti manusia itu lebih efektif dan efisien. Dampaknya, tingkat produksi bisa digenjut. Namun, penerapan robotisasi diyakini tidak akan mengganti atau mengurangi peran tenaga kerja manusia. Justru mendorong peningkatan kompetensi mereka untuk memahami penggunaan teknologi terkini di industri.

Mekanisasi dan otomatisasi pengelasan banyak digunakan di industri otomotif yang membutuhkan perakitan kompleks dengan volume besar, sehingga robot las banyak digunakan di pabrik mobil. Namun, teknologi pengelasan robotik juga sudah merambah pada bisnis industri konstruksi baja. Alasan penerapan

teknologi ini adalah memiliki efisiensi yang tinggi yaitu kinerja yang baik dan tingkat kegagalan yang cenderung nol.

1. Jenis Proses Pengelasan Robot (*Robotic Welding Processes*)

Berikut ini beberapa jenis proses pengelasan robotik yang umum dijumpai di industri.

a. Pengelasan Busur (*Arc Welding*)

Metode pengelasan busur listrik antara elektroda dan logam dasar dapat menghasilkan panas hingga 6500°F (3593,33°C) untuk melelehkan dan mencampur dua bagian. Ketika sebuah proyek membutuhkan sejumlah material yang berukuran besar untuk digabungkan secara akurat, maka pengelasan busur menjadi aplikasi yang ideal. Pada Gambar 2.22 di bawah ini ditunjukkan robot jenis pengelasan busur.



Gambar 2.22 LR Mate 200iD/7L Arc Welding Robots
Sumber: Tupper, 2017

b. Spot Welding

Spot welding adalah teknik penyambungan dua buah pelat logam atau lebih dengan cara menjepit di antara elektroda di bawah pengaruh tekanan sebelum arus listrik dialirkan. Jenis las ini biasanya digunakan dalam industri otomotif untuk menggabungkan bingkai lembaran logam bersama-sama seperti yang terlihat pada Gambar 2.23.

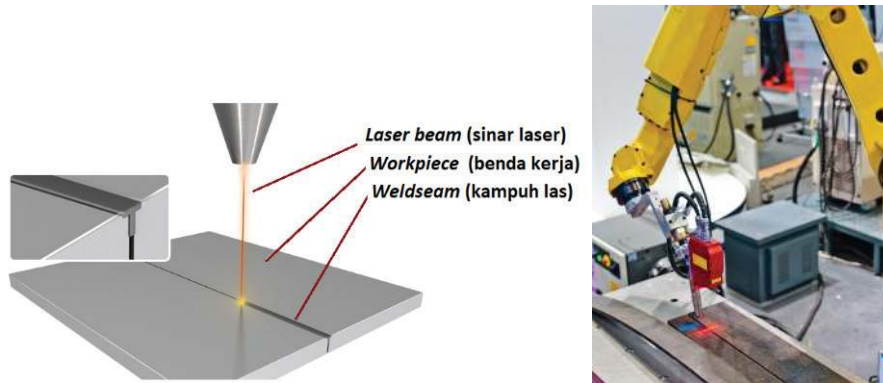


Gambar 2.23 Merakit bodi mobil dengan Spot Welding Robot (FANUC America six-axis R-2000iD/210FH robot)
Sumber: Vasilash, 2020

c. Pengelasan Tahanan (*Resistance Welding*)

Las tahanan merupakan metode penyambungan logam dengan tekanan (mekanis, hidrolis, atau pneumatik) dan arus listrik. Peralatan pengelasan

resistansi menggunakan program untuk mengontrol arus, siklus waktu, tekanan, dan gerakan. Las tahanan umumnya digunakan pada pengelasan pelat-pelat logam tipis yang banyak digunakan di industri otomotif. Pada Gambar 2.24 di bawah ini ditunjukkan contoh pengelasan tahanan jenis laser.



Gambar 2.24 Las tahanan jenis laser
Sumber: Apetersen, 2018

Proses penyambungan menggunakan metode ini adalah dengan cara pelat yang disambung ditekan satu sama lain dan pada saat yang bersamaan arus listrik mengalir melewati kedua permukaan pelat yang berhimpit sehingga timbul panas dan mencair karena adanya tahanan/resistansi pada permukaan tersebut.

d. **Pengelasan TIG**

Pengelasan TIG adalah teknik penyambungan dua buah logam atau lebih dengan cara mencairkan bahan tambah (*filler rod*) dan memanaskan benda kerja dengan menggunakan elektroda tungsten. Proses las TIG memiliki tingkat kepresisian dan kualitas yang tinggi dengan busur terbentuk antara elektroda tungsten yang tidak dapat dikonsumsi dan bagian logam. Pada Gambar 2.25 di bawah ini ditunjukkan contoh pengelasan robot TIG pada rangka mobil.



Gambar 2.25 Robot las TIG
Sumber: Reips, 2021

e. Pengelasan GMAW

GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) adalah proses penyambungan dengan mencairkan kawat pengisi yang kecepatannya dapat diatur. Dengan perbedaan tegangan dapat mencairkan kedua logam induk dengan perantara kawat pengisi. Suhu yang tinggi dapat memicu reaksi dengan oksigen dari udara sekitar sehingga diperlukan gas pelindung yang menyelubungi saat proses pengelasan. Gambar 2.26 adalah contoh pengelasan robot MIG pada perakitan konstruksi mobil.



Gambar 2.26 Robot las Gas Metal Arc Welding (GMAW)

Sumber: Bernier, 2021

Adapun jenis gas pelindung yang umum digunakan pada pengelasan GMAW adalah *metal inert gas* dan *metal active gas*. Contoh *Metal Inert Gas* (MIG) adalah gas argon dan helium. Argon baik digunakan untuk mengelas logam dasar yang tipis. Jenis gas pelindung MIG sangat baik untuk mengelas *stainless steel* dan aluminium, sedangkan untuk *Metal Active Gas* digunakan gas pelindung CO_2 . Gas pelindung jenis MAG cocok untuk mengelas *plain carbon steel* dan *low alloy steel*.

f. Pengelasan Sinar Laser

Pengelasan laser adalah metode pengelasan pada logam atau termoplastik dengan menggunakan energi sinar laser dengan konvergensi dan direktivitas tinggi. Proses ini menghasilkan elektron dengan kecepatan tinggi yang difokuskan oleh *electromagnetic coil*. Pada Gambar 2.27 di bawah ini ditunjukkan contoh pengelasan robot laser pada sebuah pelat *stainless steel*.



Gambar 2.27 Penggunaan *Fiber Laser Welder*

Sumber: Mason, 2022

Energi dari sinar (cahaya) memanaskan zona *welding* dengan cepat bersamaan dengan logam pengisinya. Hasil pengelasan dikontrol melalui ukuran cahayanya (*beam size*), tegangan yang digunakan (*voltage used*), lebar dorongan (*pulse width*), dan jarak waktu (*interval*) ketika energi cahaya diterapkan. Keterampilan operator sangat penting dalam melakukan las laser. Pengelasan laser jauh lebih efisien dan memiliki tingkat keakuratan hingga 0,01 mm. Las laser juga memiliki penetrasi yang baik dan menghasilkan *Heat Affected Zone* (HAZ) yang sempit. Metode pengelasan dengan laser yang paling populer saat ini adalah *Heat Conduction Welding* dan *Deep Penetration/Keyhole Welding*.

g. *Plasma Welding*

Las plasma adalah proses pengelasan busur yang menghasilkan peleburan logam dengan cara memanaskan busur terbatas antara elektroda dan benda kerja. Las plasma prosesnya serupa dengan las TIG, yaitu busur (*arc*) plasma yang dirapatkan akan diarahkan pada area las. Dalam las plasma, elektroda berbahan *tungsten* terpasang pada *nozzle* khusus yang dirancang supaya dapat memfokuskan aliran kecepatan tinggi dari gas *inert* ke dalam wilayah *arc* agar membentuk aliran *plasma* yang sangat panas serta berkecepatan tinggi. Gas *inert* yang digunakan sebagai pelindung *arc* las antara lain argon, campuran argon hidrogen, dan helium. Berdasarkan elektrodanya, las plasma tergolong dalam pengelasan dengan elektroda yang tidak dikonsumsi. Pada Gambar 2.28 di bawah ini ditunjukkan seorang operator las sedang mengoperasikan las robot plasma pada konstruksi pipa.



Gambar 2.28 Las robot plasma
Sumber: Milner, 2021

Plasma adalah sebuah gas panas terionisasi yang terdiri dari elektron dan ion. Suhu pada proses *plasma arc welding* lebih dari

17.000°C. Penyebab suhu PAW tinggi (lebih tinggi dari GTAW) berasal dari *arc* yang sangat rapat. Saat ini *plasma welding* digunakan sebagai pengganti GTAW di bidang perakitan mobil, lemari logam, bingkai pintu, dan jendela.

D. Teknologi Pengelasan Kontruksi Baja

Pada industri bangunan terutama yang berlokasi di lepas pantai yang menjadi prioritas utama adalah hasil las, baru kemudian tingkat efisiensinya. Akan tetapi, manusia juga memiliki peranan yang penting dalam hal mengontrol sistem tersebut karena semua proses dijalankan atas perintah manusia.

Sejauh ini masih banyak yang menggunakan mesin-mesin las konvensional yang membutuhkan *welder* bersertifikasi 6G. Di Indonesia, *welder* dengan sertifikasi 6G sangat sulit dicari, ditambah posisi las *overhead* yang paling sulit dilakukan oleh *welder*. Selain itu, biaya yang dikeluarkan juga besar dan durasi waktu pengerjaannya juga cukup lama. Pada Tabel 2.1 di bawah ini ditunjukkan golongan *welder* beserta keahlian yang dimilikinya sesuai dengan jenjangnya.

Tabel 2.1 Penggolongan juru las (*welder*)

No	Golongan	Keahlian minimal yang harus dimiliki
1	Juru las kelas I (satu)	1G, 2G, 3G, 4G, 5G, dan 6G
2	Juru las kelas II (dua)	1G, 2G, 3G dan 4G
3	Juru las kelas III (tiga)	1G dan 2G

Sumber: Fariya, 2014

Keterangan :

1. Juru Las Kelas I diizinkan untuk melakukan pengelasan pada golongan juru las kelas II dan kelas III.
2. Juru Las Kelas II (dua) diizinkan untuk melakukan pengelasan pada golongan juru las kelas III dan tidak boleh melakukan pengelasan pada juru las kelas I (satu).
3. Juru Las Kelas III (tiga) tidak boleh melakukan pengelasan yang dilakukan oleh juru las kelas II dan kelas I.

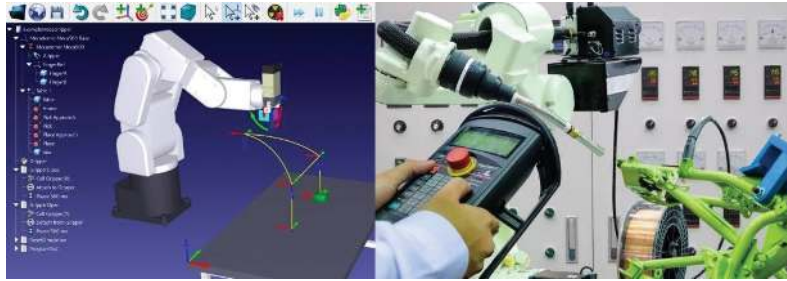
1. Aplikasi Robot Pengelasan Pada Bidang Kontruksi

Saat ini banyak industri yang memilih robot dalam menyelesaikan suatu pekerjaan dibandingkan menggunakan tenaga manusia dengan alasan lebih murah, lebih efisien, dan tingkat kepresisian tinggi. Seiring dengan berjalannya waktu tenaga manusia akan semakin ditinggalkan akibat tuntutan dari pekerja sangat tinggi sebagai dampak dari meningkatnya kebutuhan.

Setiap industri besar, khususnya otomotif, sudah melakukan pemerataan menggunakan alat-alat yang modern dan mulai meninggalkan alat-alat konvensional. Dalam menjalankan mesin las robot, ada beberapa komponen pendukung yang digunakan agar fungsi kerjanya bisa berjalan dengan baik, di antaranya adalah panel kelistrikan, angin bertekanan, kawat las, program komputer, dan beberapa sistem kontrol lainnya. Adapun fungsinya adalah sebagai berikut.

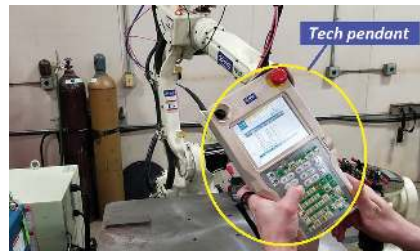
- a. Panel kelistrikan berfungsi untuk mengatur suplai daya yang diperlukan dalam pengoperasian mesin-mesin pada las robot.
- b. Angin bertekanan digunakan untuk mengoperasikan mesin jig dan beberapa sistem pada mesin robot itu sendiri.
- c. Program komputer berfungsi sebagai otak dari mesin las robot itu sendiri dengan kordinat pengelasan diatur oleh operator untuk menjalankan proses pengelasan.
- d. Sistem kontrol digunakan untuk memulai, mengontrol, menghentikan sistem-sistem pada las robot yang dioperasikan oleh operator

Panel kelistrikan pada mesin las robot merupakan suatu sumber suplai daya yang dibutuhkan oleh mesin las robot itu sendiri. Panel kelistrikan ditempatkan pada suatu tempat khusus untuk mempermudah menggunakannya dan di sana juga dilengkapi dengan sistem pendingin untuk mendinginkan panel-panel tersebut. Mesin las robot biasanya berjalan selama 24 jam untuk mencapai target hasil produksi. Pada Gambar 2.29 di bawah ini ditunjukkan operator las sedang mensetting sistem koordinat titik pengelasan



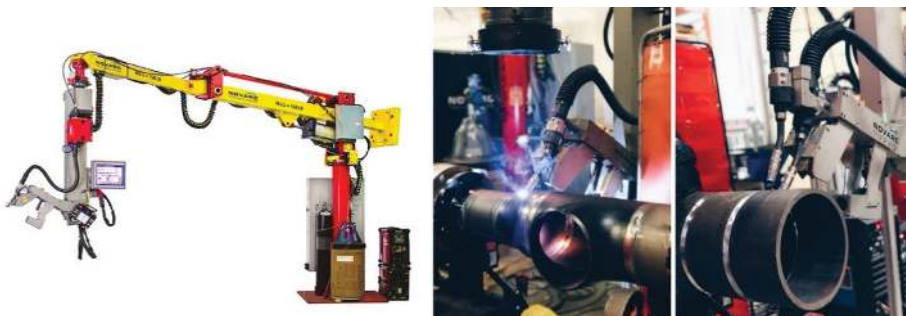
Gambar 2.29 Seorang operator programmer sedang mengatur sistem koordinat titik pengelasan
 Sumber: Hill, 2018

Dengan robot las, maka tugas operator las adalah memprogram proses pengelasan, menempatkan benda kerja, memonitor sistem kontrol, dan melakukan pengecekan (*quality control*) benda kerja proses las agar sesuai dengan standar. Kerja dari operator tidak terlalu sulit sehingga mesin las robot bisa menyelesaikan pengelasan yang banyak setiap harinya. Pada Gambar 2.30 ini ditunjukkan seorang operator las sedang mengatur parameter pengelasan robot.



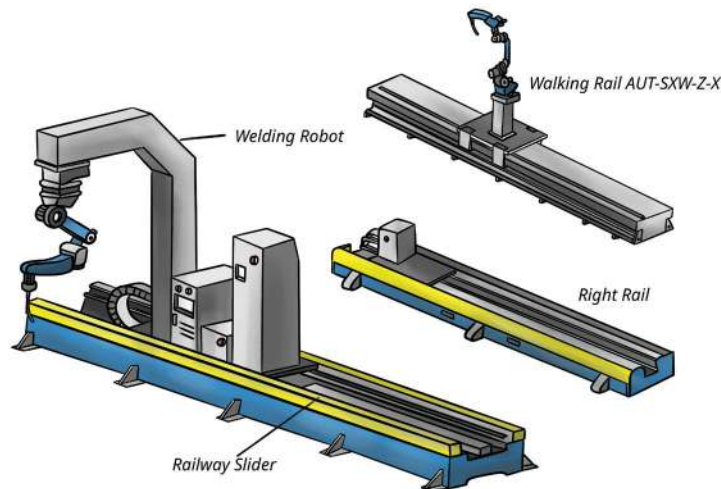
Gambar 2.30 Operator las robot dengan menggunakan *teach pendant*
 Sumber: Codinter, 2021

Teach pendant adalah sebuah boks kontrol genggam yang membuat seorang operator dapat menggerakkan berbagai sendi dari robot (ini serupa dengan kontroler yang digunakan pada mobil, kapal, dan model pesawat terbang). Mesin las robot adalah sebuah mesin las yang menggunakan sistem pengendali komputer (program) yang telah diatur menggunakan program pengendali. Pada Gambar 2.31 ditunjukkan proses pengelasan robot MIG/MAG untuk pengelasan pipa dan bejana tekan kecil.



Gambar 2.31 Proses pengelasan robot MIG/MAG jenis *Spool Welding Robot (SWR)*
 Sumber: Hebson, 2022

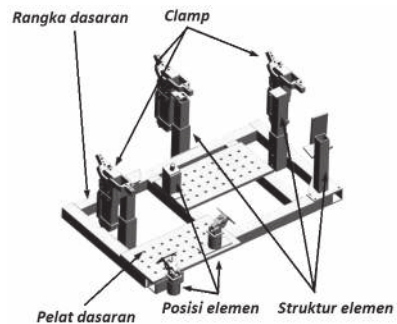
Perlu kita ketahui bahwa dalam proses fabrikasi, khususnya pada bengkel *assembly*, dibutuhkan gedung yang luas sebagai tempat produksi bangunan agar terhindar dari cuaca yang tidak diinginkan dan dibutuhkan peralatan yang mampu memindahkan mesin las robot setelah selesai melakukan pengelasan pada satu objek kemudian pindah ke objek lain untuk melakukan pengelasan yang sama. Oleh karena itu, dibutuhkan *railway slider* yang sangat panjang dan tersambung sebagai alat transportasi mesin robot las seperti yang diperlihatkan Gambar 2.32 di bawah ini.



Gambar 2.32 Walking Railway AUT-SXW-D-X

Dalam pengoperasian las robot juga dibutuhkan beberapa alat bantu di antaranya adalah *jig* atau *fixture*. Fungsi *jig* atau *fixture* adalah untuk memegang, menjepit, menyangga benda kerja sebelum dilas agar sesuai standar hasil yang direncanakan serta mempermudah proses dengan hasil yang akurat (presisi). Alat *jig* banyak digunakan untuk membantu kerja dari permesinan, di antaranya milling, las manual, rivet las, dan *spot welding*. Pada Gambar 2.33 ditunjukkan penggunaan *jig* atau *fixture* dalam pengelasan.

Satu set alat *jig* (alat penjepit) mempunyai kemampuan yang berbeda tergantung dari penyetelan dan fungsinya. Fungsi kerjanya hampir sama dengan hidrolik namun alat *jig* menggunakan tenaga bantu dari angin bertekanan. Alat *jig* sendiri memiliki fungsi yang sangat berarti bagi mesin las robot itu sendiri karena fungsi kerjanya saling keterkaitan. Dalam



Gambar 2.33 Model *welding fixture*
Sumber: Semjon,dkk, 2013

satu proses pengelasan, benda kerja diletakkan di alat *jig* kemudian dijepit agar benda kerja hasil pengelasan memiliki ketepatan proses yang tinggi, kemudian di las dengan menggunakan sistem otomatis pada pengelasan robot.

Jig dan *fixture* merupakan salah satu jenis alat bantu yang terdapat dalam proses manufaktur untuk menghasilkan produk yang seragam dengan keakuratan yang tinggi. Alat bantu mempunyai beberapa fungsi dalam proses produksi, antara lain :

a. Menurunkan biaya manufaktur

Dengan *jig* dan *fixture*, waktu produksi bisa dikurangi. Tak hanya itu, dengan adanya alat bantu, penggunaan operator/tenaga kerja bisa dikurangi.

b. Menjaga kualitas

Produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan karena dengan alat bantu *jig* dan *fixture* produk yang dihasilkan lebih presisi.

c. Meningkatkan produksi

Dengan *jig* dan *fixture*, waktu pemasangan bisa dikurangi dan menurunkan waktu produksi sehingga laju produksi meningkat.

Perlu diketahui bahwa mobil yang beredar saat ini umumnya diproduksi dengan konstruksi *body full pressed* yang lekukan bodinya dibuat dengan cara di-*press* oleh alat yang sudah dibentuk sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil yang diinginkan (*jig*). Bentuk bodi yang bermacam-macam, baik yang menyudut maupun yang melengkung bisa langsung jadi dalam sekali cetakan.

E. Teknologi Pengelasan Pada Kontruksi Kapal

Pernahkah kalian melihat proses pembuatan kapal? Tahukah kalian bagaimana kapal itu dibuat? Teknologi apa yang digunakan? Proses pembuatan kapal pun dilakukan dengan tahapan yang sangat detail. Masing-masing tahapan selalu berkaitan satu sama lain, sehingga proses pembuatan kapal dilaksanakan dengan sangat hati-hati supaya setiap tahapan tidak mengalami kegagalan yang berakibat pada proses penyetulan (*fitting*) maupun kesalahan dalam proses penyambungan (*erection*) blok-blok kapal.

Kalian dapat menemukan jawaban tersebut melalui media *online* maupun membaca buku yang terkait dengan teknologi pembuatan kapal. Tentu hal ini akan menarik jika kalian mengetahui dan dapat menjelaskan bahwa di balik kemegahan kapal yang sering kalian lihat, terdapat teknologi dan proses yang panjang. Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa pengelasan otomatis memiliki kelebihan, salah satunya dalam hal kecepatan pengerjaan dan kualitas. Dalam pembangunan kapal, hampir 2/3 pekerjaan adalah pekerjaan pengelasan. Oleh karena itu, sepatutnya juru las memiliki pengetahuan, pengalaman, dan keterampilan yang mumpuni tentang teknik pengelasan. Pada Gambar 2.34 di bawah ini ditunjukkan penggunaan las robot untuk pengerjaan konstruksi rangka kapal.



Gambar 2.34 Penggunaan teknologi las otomatis dalam pembuatan rangka kapal

Sumber: Karra, 2021

Dalam mengantisipasi kegagalan dalam sambungan las, saat ini sudah banyak perusahaan pembuatan kapal yang menggunakan pengelasan otomatis ataupun robot dalam rangka untuk meminimalisasi terjadinya kegagalan yang berdampak pada keselamatan manusia dan kerugian secara finansial. Perpaduan dalam proses penyetalan dan penyambungan di setiap tahap memiliki jenis dan bentuk pekerjaan serta metode penyambungan yang berbeda, sehingga diperlukan tahapan dalam pembentukan konstruksi dan bagian kapal yang lebih besar.

Penggunaan pelat tipis pada kapal sangat penting untuk mengurangi berat kapal sehingga konsumsi bahan bakar akan berkurang dan dapat meningkatkan kecepatan kapal. Namun demikian pengelasan pada pelat tipis (3 mm) menimbulkan masalah, seperti distorsi dan tegangan sisa yang terjadi akibat distribusi temperatur yang tidak merata karena panas lokal las, perbedaan laju pemanasan, dan pendinginan selama proses pengelasan. Karena distorsi ini dapat menyebabkan hasil pengelasan tidak presisi akibat perubahan dimensi yang terjadi sehingga perlu dilakukan perlakuan tambahan untuk mengurangi distorsi yang terjadi (Michaleris, 2011).

Proses pengelasan untuk konstruksi kapal harus menghasilkan struktur lasan presisi tinggi dengan toleransi yang ketat, biaya perakitan rendah, dan produktivitas tinggi. Untuk memenuhi persyaratan yang ketat ini, berbagai upaya dan inovasi telah dilakukan, di antaranya:

1. Pemakaian teknik las laser sebagai pemotong, sekaligus pengelasan dalam satu lini produksi untuk mengurangi pekerjaan pemegangan dan penyetelan benda kerja, dan struktur lasan yang dihasilkan mempunyai presisi tinggi. Metode ini sesuai untuk pengelasan kapal yang mempunyai struktur yang sangat kompleks.
2. Pemakaian las hibrida. Keuntungan las hibrida adalah kecepatan las dapat ditingkatkan, distorsi dan pekerjaan perbaikan dapat diminimalkan, kebutuhan logam pengisi dapat dikurangi, dan kualitas las dapat ditingkatkan. Menurut Remes dan Varsta, P. (2008), pemakaian las hibrida menyebabkan produksi kapal lebih efisien dan performa fatiknya lebih baik daripada las busur akibat perbedaan geometri takikan las (*weld notch*).
3. Melakukan otomatisasi proses pengelasan (Lee dkk., 2011) dan menerapkan teknik pengendalian distorsi, terutama untuk panel-panel kapal yang terbuat dari pelat baja tipis yang cenderung mengalami distorsi akibat tegangan termal saat pengelasan.
4. Pengembangan desain konstruksi kapal dengan pemakaian bagian-bagian rakitan (*sub-assembly*) yang presisi dan sesuai standar.

Dewasa ini tren yang berkembang di industri perkapalan ditandai dengan pemakaian pelat baja tipis, sampai ketebalan 4 mm (Eggert dkk., 2012) untuk mengurangi bobot kapal sehingga kecepatan kapal dapat ditingkatkan dan menghemat bahan bakar. Namun demikian, salah satu permasalahan pengelasan pelat tipis adalah terjadinya perubahan dimensi atau distorsi. Adanya distorsi menyebabkan dimensi kapal menjadi tidak presisi, terjadinya konsentrasi tegangan dan tegangan sisa yang berpotensi menyebabkan kegagalan fatik-korosi saat struktur kapal mengalami beban dinamis, sedangkan pada kapal militer, distorsi menyebabkan kapal mudah terdeteksi oleh radar lawan.

F. Teknologi Pengelasan Dan Fabrikasi Logam Pada Kontruksi Pesawat Udara

Coba kalian perhatikan badan pesawat terbang. Pernahkah terlintas di pikiran kalian bagaimana cara menggabungkan bagian-bagian pada pesawat terbang?

Teknologi apa yang digunakan untuk merakit konstruksi pesawat terbang? Demikian beberapa pertanyaan yang muncul untuk kalian ketahui.

Struktur rangka pesawat terbang disambung dengan berbagai jenis sambungan, kebanyakan di antaranya adalah sambungan paku keling dan sambungan baut, serta tidak kurang dari 10% disambung menggunakan teknik pengelasan.

Komponen yang disambung dengan proses pengelasan pada umumnya adalah komponen yang tidak bisa disubstitusi dengan teknik lainnya, seperti menggunakan paku keling atas dasar berbagai pertimbangan terutama segi keamanan. Pada prinsipnya, apabila ingin menggunakan sambungan dengan metode pengelasan, seorang *designer* yang merancang sambungan las harus merancang sambungan tersebut sejauh mungkin dari bagian yang terkena konsentrasi *stress* (tegangan) akibat adanya gaya statis maupun dinamis yang muncul akibat proses pengoperasian pesawat di udara. Hal ini dimaksudkan agar dapat meminimalisasi kerusakan yang terjadi pada sambungan pengelasan akibat pengaruh tegangan, baik statis maupun dinamis. Daerah HAZ merupakan suatu daerah yang rentan sekali mengalami kerusakan akibat adanya pengaruh gaya dari luar tersebut.

G. Perkembangan Teknologi Pengelasan Dan Fabrikasi Logam di Masa Mendatang

Di era globalisasi, persaingan antarnegara di dunia melalui industrialisasi dan teknologi informasi menjadi semakin ketat dan tajam yang tentu akan berdampak terhadap perubahan yang sangat cepat dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Situasi ini akan membuka kesempatan bagi industri untuk memacu proses pembangunan lebih cepat, namun di sisi lain, hal ini akan menimbulkan daya saing yang semakin selektif dan sengit sehingga dibutuhkan sumber daya manusia berkualitas yang mumpuni untuk merespon perubahan tersebut.

Meskipun demikian, upaya yang mengarah pada peningkatan kualitas SDM di negara kita sampai akhir abad ke-20 pun belum benar-benar optimal. Gatot Hari Priowirjanto (2002, hlm.604), menyatakan :

1. Struktur tenaga kerja Indonesia masih didominasi oleh pekerja yang tidak berpendidikan sehingga tidak banyak berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan ekonomi.

2. Penyiapan tenaga kerja tingkat menengah terkesan hanya dilakukan oleh SMK, sementara sebagian besar tamatan SMA dan yang sederajat banyak tidak melanjutkan pendidikan dan masuk pasar kerja.
3. Tingkat pengangguran tamatan sekolah menengah menunjukkan angka 12% untuk tamatan SMK, ditambah dengan tingkat pengangguran tamatan SMA sebanyak 18% (SUPAS, 1995).
4. Penguasaan kompetensi dan produktivitas masih rendah dibandingkan dengan tenaga kerja dari negara-negara lain di wilayah Asia Tenggara. Semua ini menyebabkan tenaga kerja Indonesia diisi oleh pekerja asing.

Situasi seperti tersebut di atas harus ditopang oleh kesiapan sumber daya yang mampu bersaing. Sehubungan dengan hal tersebut, dunia pendidikan harus tanggap dan cepat mengantisipasi, sehingga mampu menghasilkan tamatan yang kompeten sesuai dengan tuntutan pasar kerja. Penyiapan SDM terampil dan profesional berorientasi pada kebutuhan pembangunan, sejalan dengan proses industrialisasi yang memperhatikan tuntutan pasar kerja dan kemampuan kewirausahaan sehingga tamatan mampu menciptakan lapangan kerja.



Uji Kompetensi

Untuk mengetahui apakah kalian telah menguasai materi pada Bab 2 ini, silahkan jawab pertanyaan berikut ini secara mandiri, bertanggung jawab, dan jujur.

Soal pilihan ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat

1. Pengelasan dapat diterapkan pada konstruksi mesin atau struktur bangunan karena
 - a. Efisien, sehingga murah biaya operasionalnya
 - b. Material mudah didapatkan
 - c. Harga murah
 - d. Telah distandarkan
 - e. Mudah dalam proses pemindahan

2. Metode pengelasan yang digunakan untuk membuat pipa *welded* adalah
 - a. Las busur listrik
 - b. Las tahanan listrik
 - c. Las titik
 - d. Las gas
 - e. Las asitelin
3. Jenis pipa baja yang dalam pembuatannya tidak memiliki sambungan adalah
 - a. Pipa galvanis
 - b. Pipa oval
 - c. Pipa *seamless*
 - d. Pipa *hollow*
 - e. Pipa PVC
4. Metode yang digunakan dalam pembuatan pipa *seamless* adalah
 - a. Metode pengecoran
 - b. Metode *pilger mill*
 - c. Metode spiral
 - d. Metode pemanasan
 - e. Metode pengelasan
5. Metode tempa dalam pembuatan pipa baja akan menjadikan pipa lebih
 - a. Kuat
 - b. Rapuh
 - c. Tahan karat
 - d. Dinamis
 - e. Lentur
6. Metode pengelasan yang digunakan untuk menyambung bahan aluminium adalah
 - a. Las Fluk
 - b. Las gesek
 - c. Las MIG
 - d. Las busur listrik
 - e. Las busur terendam
7. Teknik penyambungan permanen pada pelat bodi pesawat adalah dengan ...
 - a. Solder
 - b. Ulir
 - c. Mur-baut
 - d. Paku Keling
 - e. Pasak

8. Struktur badan pesawat yang menempel pada *ribs* dan menempel pada kulit lapisan luar sayap disebut
- Stringer*
 - Airfoil*
 - Pivot*
 - Sayap
 - Roda pendarat
9. Nilai kemurnian pada aluminium murni AA 1170 adalah
- 68%
 - 70%
 - 74,67%
 - 94,60%
 - 99,70%
10. Fungsi *spar* pada konstruksi badan pesawat adalah
- Penahan beban terbesar yang menghubungkan sayap dengan *fuselage*
 - Pembentuk profil pada sayap serta menjaga kekakuan pada sayap
 - Meningkatkan kekakuan dan tempat melekatnya kulit lapisan luar sayap
 - Mengarahkan gerakan sayap pesawat
 - Menjaga keseimbangan gerak sayap
11. Kegiatan dalam proses fabrikasi logam terdiri atas 6 proses yaitu :
- Pemotongan
 - Perancangan
 - Pembentukan
 - Perakitan
 - Finishing*
 - Perawatan
- Urutan proses fabrikasi yang tepat berdasarkan data diatas adalah
- 1, 2, 3, 5, 4, 6
 - 1, 3, 2, 4, 5, 6
 - 2, 1, 3, 4, 5, 6
 - 2, 1, 4, 3, 5, 6
 - 2, 1, 3, 4, 6, 5
12. Jenis bahan yang umum digunakan dalam proses pembuatan bodi pesawat terbang adalah ...
- Alumunium
 - Kuningan
 - Besi
 - Stailles steel
 - Serat kain

13. Proses awal produksi kapal laut diawali dengan melakukan
- a. Tender
 - b. Perakitan
 - c. Kontrak
 - d. Pengiriman
 - e. Desain
14. Pada pembuatan lambung kapal, metode pengelasan yang umum digunakan adalah
- a. Pengelasan busur listrik
 - b. Pengelasan MIG (Metal Inert Gas)
 - c. Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas)
 - d. Pengelasan busur terendam
 - e. Pengelasan titik
15. Kemahiran yang dimiliki oleh juru las kelas 1 (satu) adalah
- a. 1G, 2G, 3G, 4G, dan 5G
 - b. 1G, 2G, 4G, 4G, dan 6G
 - c. 1G, 2G, 3G, 4G, 5G, dan 6G
 - d. 1G, 2G, 3G, dan 4G
 - e. 1G, 4G, 5G, dan 6G

Soal uraian

Jawablah dengan benar dan tepat

1. Jelaskan cara kerja metode *butt welded* pada penyambungan pipa!
2. Sebutkan 3 metode dalam pembuatan pipa!
3. Apa yang dimaksud dengan *billet*?
4. Apa perbedaan pipa spiral dengan pipa *seamless*?
5. Jelaskan yang dimaksud dengan *spot welding*!

Soal uraian singkat

Jawablah dengan ringkas dan benar

1. Sebutkan 3 fungsi dari *Jig* dan *fixture* dalam proses manufaktur!
2. Sebutkan 4 keuntungan menggunakan las robot dalam bidang pengelasan!
3. Jelaskan alur proses pembuatan pipa las spiral!
4. Tuliskan 2 saja jenis proses dalam produksi mobil!

5. Apa yang dimaksud dengan pipa spiral?
6. Sebutkan tiga metode dalam penyambungan konstruksi pipa baja!
7. Sebutkan 2 kelebihan menggunakan robot artikulasi.
8. Sebutkan 4 jenis kelompok pengelasan *resistance welding*.
9. Apa fungsi *teach pendant* pada robot pengelasan?
10. Sebutkan 3 struktur utama pada sayap pesawat terbang!



Pengayaan

Untuk menambah wawasan dan pemahaman tentang pengetahuan mengenai perkembangan teknologi pengelasan otomatis, Anda bisa mencari materi tersebut di internet secara mandiri. Silakan jelajahi internet melalui alamat situs-situs berikut ini :



<https://s.id/las-MIG>



<https://s.id/pengelasan-otomatis>



<https://s.id/pengelasan-pipa>



Refleksi

Sebelum melanjutkan mempelajari materi pada bab berikutnya silahkan *review* kembali pemahaman kalian terkait materi pada bab 2 ini melalui pertanyaan-pertanyaan yang disajikan pada tabel berikut. Jika ada materi yang belum dipahami, kalian bisa menyampaikan terlebih dahulu kepada pendidik/guru pengampu ataupun berdiskusi dengan teman.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah saya telah mampu memahami perkembangan teknologi pengelasan otomatis dalam memproduksi pipa dengan benar?		
2	Apakah saya telah mampu memahami perkembangan teknologi pengelasan dalam perakitan kendaraan dengan benar?		
3	Apakah saya telah mampu memahami perkembangan teknologi pengelasan robotik dengan benar?		
4	Apakah saya telah mampu memahami perkembangan teknologi pengelasan konstruksi baja dengan benar?		
5	Apakah saya telah mampu memahami perkembangan teknologi pengelasan konstruksi kapal dengan benar?		
6	Apakah saya telah memahami perkembangan teknologi pengelasan pesawat udara dengan benar?		
7	Apakah saya telah mampu menganalisis isu-isu terkini yang berhubungan dengan perkembangan teknologi pengelasan dan fabrikasi logam dengan baik?		

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Kurniawan Susanta, Khusni Syauqi
ISBN: 978-623-194-532-7 (PDF)

BAB 3

PROFESI DAN KEWIRAUSAHAAN BIDANG PENGELASAN



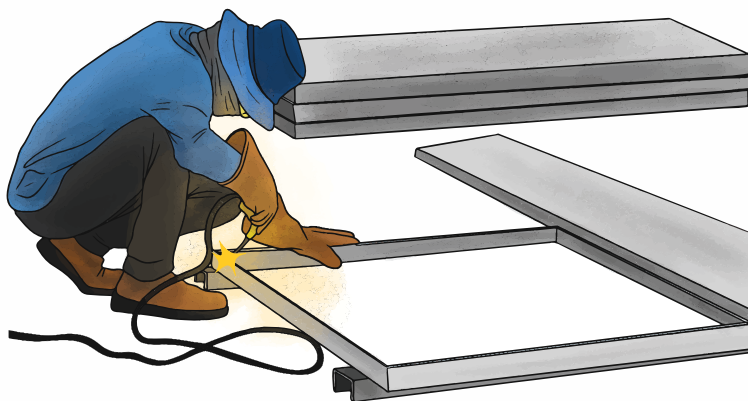
Tujuan Pembelajaran

Siswa dapat memahami profesi dan Kewirausahaan (*job-profile* dan *technopreneurship*), serta peluang usaha di bidang pengelasan

Indikator Pencapaian

(1) Siswa mampu mengidentifikasi profesi dan kewirausahaan (*job-profile* dan *technopreneurship*) bidang pengelasan (2) Siswa dapat mengidentifikasi berbagai profesi *welder* atau juru las di bidang pengelasan. (3) Siswa mampu mengidentifikasi jenis wirausaha di bidang pengelasan. (4) Siswa dapat mengidentifikasi peluang usaha di bidang pengelasan.

Dampak pandemi virus corona (Covid-19) telah memberi perubahan yang signifikan bagi banyak pihak, termasuk para wirausahawan muda. Pandemi yang berlangsung hampir dua tahun ini mengakibatkan perekonomian masyarakat mengalami penurunan yang sangat signifikan. Seiring berjalannya waktu, di balik permasalahan tersebut, kreativitas dan semangat kewirausahaan muda di Indonesia justru tumbuh subur. Banyak masyarakat maupun pelaku usaha yang menjadikan situasi itu sebagai tantangan untuk membuka peluang. Sebagai contoh, peluang usaha bidang pengelasan, yaitu membuat pagar rumah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Peluang usaha tersebut mampu menyerap tenaga kerja sehingga roda perekonomian masyarakat dapat tumbuh dan berkembang.



Gambar 3.1 Profesi wirausaha bidang pengelasan dan fabrikasi logam

Tidak mengherankan jika akhir-akhir ini banyak bermunculan profesi wirausaha (*entrepreneur*) yang meningkat. Profesi wirausaha banyak digemari bukan dilihat dari hasil yang menjanjikan, namun jam kerja yang fleksibel dirasa cocok dengan karakter generasi masa kini yang semakin dinamis.

Profesi dan pekerjaan merupakan hal yang berbeda, namun keduanya membutuhkan pengetahuan, keterampilan, dan keahlian khusus. Profesi diperoleh melalui pelatihan-pelatihan maupun pendidikan formal sedangkan keterampilan dan keahlian diperoleh dari pengalaman.

Kewirausahaan adalah sebuah proses dalam mengerjakan sesuatu yang baru atau kreatif dan inovatif, serta bermanfaat dan mampu memberikan nilai lebih. Tentunya, dalam kewirausahaan juga dibutuhkan kemampuan manajer risiko (*risk manager*) dalam mengoptimalkan segala sumber daya yang ada, baik itu materi, intelektual, waktu, dan kreativitas. Dalam hal ini, terutama kreativitas untuk menghasilkan suatu produk atau usaha yang bermanfaat bagi dirinya dan orang lain.



Kata Kunci

Profesi, kewirausahaan, peluang usaha, *welder*, *job profile*, *technopreneurship*



Peta Konsep



Gambar 3.2 Peta konsep

Apersepsi

Profesi merupakan suatu kegiatan yang dilakukan atas dasar keterampilan dan pengetahuan yang dimiliki seseorang. Hal ini dibuktikan dengan adanya ijazah, sertifikat, dan izin untuk bekerja dalam profesi tertentu. Contohnya adalah guru, dokter, montir, ahli mesin, dan juru las seperti yang ditunjukkan Gambar 3.3. Sementara itu, pekerjaan adalah suatu kegiatan yang dapat dilakukan tanpa perlu mempunyai suatu keahlian ataupun keterampilan khusus. Tujuan dari melakukan pekerjaan, yaitu untuk memperoleh penghasilan dalam memenuhi

kebutuhan sehari-hari. Contoh pekerjaan adalah petani, nelayan, penjual yang ada di toko, dan lainnya.

Profesi di bidang pengelasan dan fabrikasi logam dapat diartikan bahwa seseorang mampu menguasai ilmu yang berhubungan dengan dunia pengelasan dan fabrikasi logam.

Profesi *Welder* (juru las) merupakan satu dari sekian banyak profesi yang ada. Tugas utama seorang *welder* adalah menyambung dan biasanya media yang disambung adalah logam/metal, bisa berupa besi/baja, *stainless steel*, aluminium, tembaga, kuningan, nikel, titanium, dan lain-lain.

Sementara itu, *technopreneur* memiliki gambaran pribadi atau profil yang bisa diterapkan pada usahanya yang bertujuan untuk mengembangkan bisnisnya. Terdapat beberapa indikator *technopreneur*, yaitu optimalisasi teknologi dan informasi, implementasi keilmuan teknis rekayasa, percaya diri, berorientasi tugas dan hasil, pengambil resiko, kepemimpinan, orisinalitas, dan berorientasi masa depan.



Gambar 3.3 *Welder* melakukan pemeliharaan dan perbaikan konstruksi kapal

Aktivitas Pembelajaran

Menekuni sebuah profesi memang membutuhkan kesabaran dan ketekunan. *Welder* merupakan profesi paling penting pada sebuah proyek sistem konstruksi, pemipaan, maupun bidang-bidang yang berhubungan dengan penyambungan material logam. Menjadi *welder* yang profesional dan bersertifikasi tidak didapat dengan mudah. Menjadi seorang *welder* profesional juga wajib memiliki kualifikasi tertentu dan harus melalui berbagai tahap.



Gambar 3.4 *Welder* sedang mengelas pada posisi horisontal

Gambar 3.4 memperlihatkan seorang *welder* sedang melakukan kegiatan pengelasan di galangan kapal. Profesi sebagai *welder* saat ini sangat dibutuhkan

dalam berbagai proyek swasta atau pemerintah. Perusahaan sanggup menggaji mereka dengan nilai sangat besar, jika mampu bekerja secara maksimal dan sesuai dengan keinginan perusahaan.

A. Kewirausahaan (*Job-Profile Dan Technopreneurship*)

1. *Job Profile*

Seiring dengan perkembangan teknologi, lapangan pekerjaan pun mengalami pergeseran yang sangat signifikan dengan perkembangan yang cepat. Muncul profesi-profesi baru yang beberapa tahun belakangan ini belum populer, atau bahkan belum ada. Seorang juru las wajib memiliki spesifikasi yang berbeda-beda seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.5.

Perlu kalian ketahui bahwa pekerja di suatu perusahaan tentu memiliki jenis pekerjaan serta tanggung jawabnya sendiri-sendiri. Berbagai tugas yang dilakukan oleh mereka dikenal dengan istilah *job description*. *Job description* adalah suatu istilah yang menjelaskan tentang gambaran umum terkait suatu peran pekerjaan yang akan mereka lakukan. Sementara itu, gambaran umum yang terkait dengan jenis pekerjaannya yang akan dilakukan oleh pekerja disebut sebagai *job profile*.



Gambar 3.5 Profesi *welder pipe* sedang melakukan pengelasan pipa baja

2. *Technopreneurship*

Kata “*Technopreneurship*” ini merupakan perpaduan antara kata “*Technology*” dan “*Entrepreneurship*”. Kata ini dapat didefinisikan sebagai proses pembentukan dan kolaborasi antara bidang usaha dan penerapan teknologi sebagai instrumen pendukung dan sebagai dasar dari usaha itu sendiri, baik dalam proses, sistem, pihak yang terlibat, maupun produk yang dihasilkan.

Kata *technology* lebih condong pada penerapan praktis ilmu pengetahuan ke dunia industri atau sebagai kerangka pengetahuan yang digunakan untuk menciptakan alat-alat. Sementara itu, kata *entrepreneurship* berasal dari kata *entrepreneur*. Kata ini mengarah pada seseorang atau agen yang

membuka usaha dengan keberanian, terutama dalam menanggung risiko untuk mencapai keuntungan dengan cara mengidentifikasi peluang yang ada.

Dengan demikian, *technopreneur* merupakan orang yang menjalankan *technopreneurship* atau seseorang yang menjalankan usaha yang memiliki semangat *entrepreneur* dengan memasarkan dan memanfaatkan teknologi sebagai nilai jualnya (Zimmerer dan Scarborough, 2008). Dalam menyelesaikan pekerjaannya, *technopreneur* seringkali dibantu oleh robot seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6.

Ada perbedaan mendasar antara *entrepreneurship* biasa dan *technopreneurship* (*technology entrepreneurship*). Pada satu sisi, *technology entrepreneurship* memiliki dua tugas utama agar bisnisnya sukses, yaitu menjamin bahwa teknologi berfungsi sesuai kebutuhan target pelanggan dan menjamin teknologi tersebut dapat dijual dengan mendapatkan keuntungan. Sementara itu, *entrepreneurship* biasa umumnya berhubungan dengan menjual untuk mendapatkan profit.



Gambar 3.6 *Technopreneur* menggunakan teknologi pengelasan robot untuk mengerjakan proyek

Kemunculan *technopreneur* ini tidak dapat lepas dari pergeseran perekonomian dari *resource based* menjadi *knowledge based*. Agar *entrepreneur* tetap bisa bersaing di dunia usaha, seorang *entrepreneur* perlu meningkatkan usahanya. Tak heran, inovasi menjadi hal penting yang harus selalu diperhatikan.

3. Langkah-Langkah untuk Menjadi Wirausaha (Bisnis)

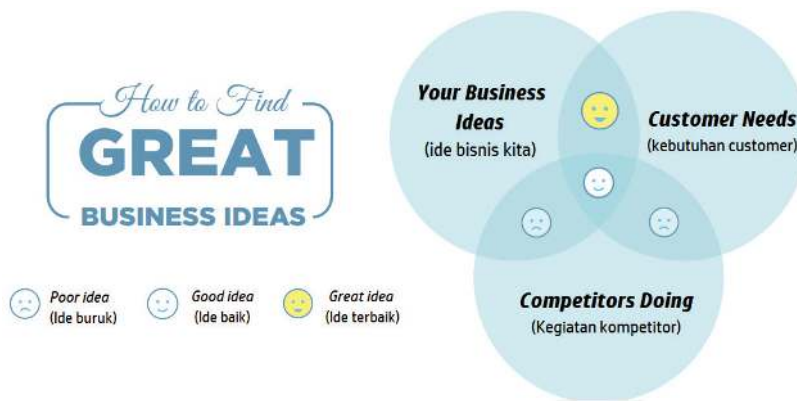
Setiap orang yang ingin berwirausaha tentu membutuhkan ide wirausaha yang baik pula. Ide dalam berwirausaha adalah gambaran singkat dan tepat mengenai jenis bisnis yang hendak didirikan. Ide bisnis dapat dikatakan sebagai “bibit” dari sebuah bisnis atau biasa kita sebut sebagai pemikiran yang muncul dalam diri pelaku bisnis untuk menciptakan sebuah bisnis.

Bisnis yang sukses dapat memenuhi kebutuhan pelanggan dan sekaligus juga memenuhi harapan Anda. Dengan kata lain, bisnis Anda menjual apa? Pada Gambar 3.7 diberikan gambaran tentang bagaimana memunculkan ide bisnis yang baik.



Gambar 3.7 prinsip untuk mengembangkan ide oleh pelaku bisnis
 Sumber: Barringer dan Ireland, 2010

Ada beberapa pertimbangan untuk memilih ide bisnis yang tepat agar dapat terlaksananya sesuai dengan *passion* kita seperti yang diperlihatkan Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Strategi memilih bisnis yang tepat.
 Sumber: Barringer dan Ireland, 2010

B. Profesi *Welder* atau Juru Las

Welder atau juru las adalah sebutan bagi seseorang yang memiliki keahlian di bidang pengelasan atau *welding* untuk menyambung dua buah logam dengan berbagai jenis material seperti baja, besi, aluminium, maupun jenis material lainnya.

Seorang juru las harus menempuh pendidikan ataupun pelatihan khusus untuk mendapatkan sertifikat secara nasional yang dikeluarkan oleh Lembaga Sertifikasi Profesi (LSP) dan Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP). Sertifikasi ini juga secara internasional dapat dikeluarkan dari *American Welding Society* (AWS) dan *The American Society of Mechanical Engineers* (ASME).

SKKNI menyebutkan bahwa jabatan-jabatan dalam pengelasan adalah jabatan seseorang yang bertanggung jawab terhadap keberhasilan proses pengelasan dan atau pembuatan suatu produk yang dihasilkan melalui proses pengelasan. Dalam SKKNI disebutkan jabatan dalam bidang pengelasan di antaranya; (1) *Welder* adalah personil yang melakukan pekerjaan pengelasan dan di Indonesia dikenal sebagai juru las/tukang las; (2) *Welding operator* adalah orang yang mengoperasikan mesin las dengan kontrol yang adaptif, otomatis, termekanisasi, atau perlengkapan las yang robotik; (3) *Welding inspector* adalah personil yang memeriksa hasil pengelasan dan berhak menyatakan bahwa hasil pengelasan itu baik atau tidak; (4) *Welding engineer* adalah personil yang membuat desain dan spesifikasi proses pengelasan; dan (5) *Welding technologist* adalah personil yang membantu *welding engineer* dalam mendetailkan desain konstruksi rakitan las dan spesifikasi proses pengelasan. Jabatan dan tingkat pengalaman yang memiliki sertifikat akan mempengaruhi penghasilan atau gaji yang di dapat.

1. Persyaratan

Bagi profesi *welder* secara umum untuk tingkat pemula dituntut beberapa persyaratan sebagai berikut.

- a. Usia minimum 18 tahun
- b. Fisik, kesehatan umum sehat (terutama mata dan motorik)
- c. Keterampilan : koordinasi visual-motorik, baik motorik halus dan motorik kasar
- d. Terampil
- e. Tingkat presisi tinggi

2. Sertifikasi Welder

Untuk sertifikasi wajib mengacu kepada standar internasional, seperti; ISO 9606 dengan petunjuk dari *International Institute of Welding (IIW)*.

Tugas dan tanggung jawab *welder* dibedakan berdasarkan jenis sertifikasi keahlian.

a. **Kualifikasi Berdasarkan Kelas**

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi No : PER. 02/MEN/1982 tentang kwalifikasi juru las di tempat kerja pasal 6,

kualifikasi welder dibedakan menjadi 3 kelompok bagian yaitu juru las kelas I (satu), juru las kelas II (dua), dan juru las kelas III (tiga).

1) Juru las kelas I

Welder kelas I harus mampu mengelas pada posisi 1G, 2G, 3G, 4G (4 Plat) dan 1G, 2G, 5G, 6G (4 Pipa).

2) Juru las kelas II

Welder kelas II harus mampu mengelas pada posisi 1G, 2G, 3G, 4G (4 Plat) dan 1G, 2G (2 Pipa).

3) Juru las kelas III

Welder kelas III harus mampu mengelas pada posisi 1G, 2G (2 Plat) dan 1G, 2G (2 Pipa).

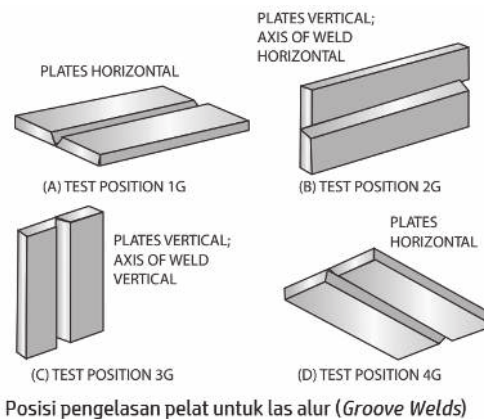
b. Kualifikasi welder berdasar objek yang dilas

Kualifikasi seorang *welder* berdasarkan jenis sertifikasi dibagi menjadi tiga jenis sambungan yang dilas, yaitu sebagai berikut.

1) *Plate Welder*

Plate welder adalah orang yang dapat melakukan pengelasan material yang berupa pelat dibuat dengan kampuh (teknik penyambungan) dan dengan alur (*with groove*).

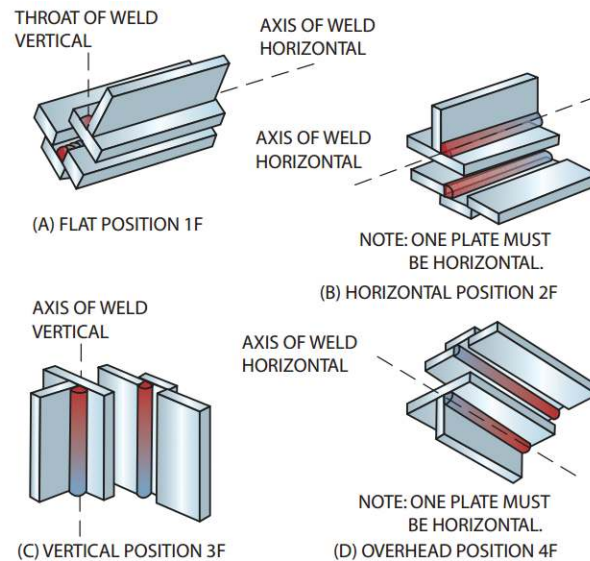
Untuk welder plat dapat dikategorikan berdasarkan posisi pengelasan, sebagaimana AWS D1.1 menyebutkan posisi pengelasan untuk plat yaitu pengelasan *groove* (1G, 2G, 3G, dan 4G) dan pengelasan fillet (1F, 2F, 3F, 4F) seperti terlihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Posisi pengelasan untuk sambungan *groove*
Sumber: Jeffrus, 2012

2) Fillet Welder

Fillet welder adalah orang yang dapat melakukan pengelasan material tanpa kampuh (teknik penyambungan) dan tanpa alur (*without groove*). Gambar 3.10 menunjukkan beberapa kompetensi yang dimiliki oleh seorang *welder* pada posisi pengelasan pelat maupun pipa adalah dengan posisi 1F (P A), 2F (PB), 3F (PF/PG), 4F (PD), 5F (PF).



Posisi pengelasan pelat untuk las fillet (*Fillet Welds*)

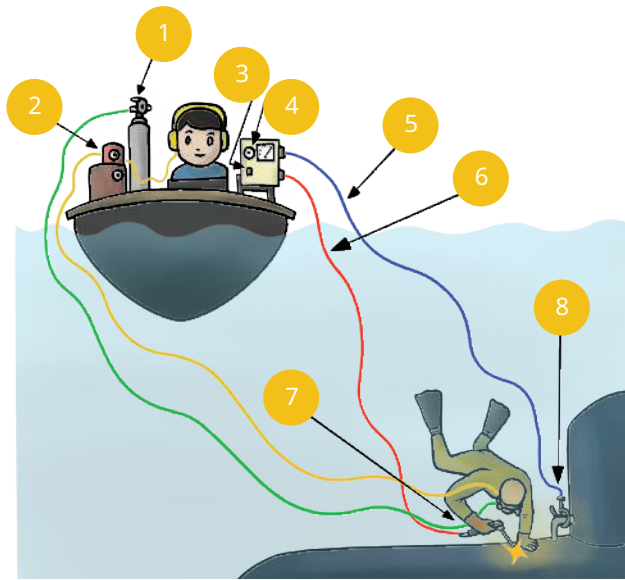
Gambar 3.10 Posisi pengelasan untuk sambungan *fillet*

Sumber: Jeffrus, 2012

3) Underwater Welder

Underwater welder adalah seseorang yang memiliki kemampuan untuk melakukan proses pengelasan dalam kondisi di dalam air dengan kedalaman tertentu (Gambar 3.11).

Teknik pengelasan ini sangat diperlukan untuk industri gas dan minyak bumi, pemasangan atau perbaikan pipa, kabel, tiang pancang jembatan di bawah air, evakuasi kapal-kapal yang tenggelam di dasar laut, perbaikan struktur kapal, perbaikan struktur anjungan minyak, konstruksi pipa migas, konstruksi jembatan, serta untuk pengeboran lepas pantai.



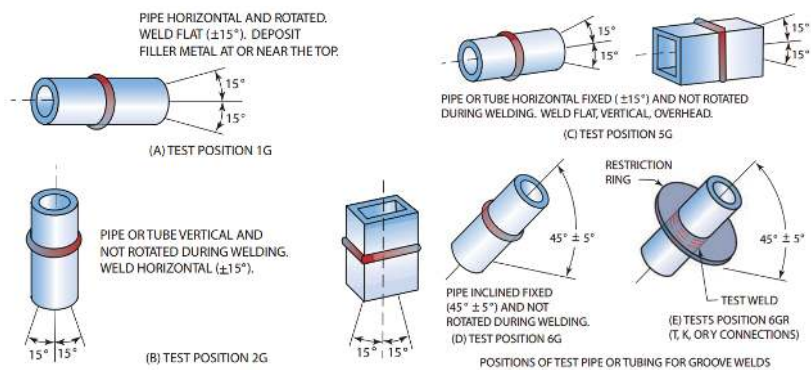
- | | | | |
|---|--------------------------|---|----------------------------|
| 1 | Oksigen untuk pernafasan | 5 | Arus DC+ve, ke benda kerja |
| 2 | Komunikasi | 6 | Arus DC+ve, ke elektroda |
| 3 | Saklar | 7 | Pemegang elektroda las |
| 4 | Saklar | 8 | Klem C |

Gambar 3.11 Pengelasan *underwater*

4) *Pipe Welder*

Pipe welder adalah orang yang memiliki kemampuan melakukan pengelasan material berupa pipa (*tube*), baik pipa besar maupun pipa kecil seperti yang dapat kalian lihat pada Gambar 3.12.

Dibanding pengelasan plat, pengelasan pipa jelas lebih sulit karena objeknya tidak datar. *Welder* pipa dibagi ke dalam beberapa kualifikasi berdasarkan posisi pengelasan. Level tertinggi dikenal sebagai 6G.



Gambar 3.12 Posisi pengelasan pipa untuk sambungan *groove*

Sumber: Jeffrus, 2012

3. Menjadi *Technopreneur* Andal

Ketika kalian ingin memulai sebuah bisnis bidang pengelasan dan fabrikasi logam, kalian harus memiliki panduan dan pengetahuan yang tepat tentang hal tersebut. Tanpa dua hal penting ini, kalian akan menemukan hambatan setiap kali kalian mencoba melakukan pengelasan dan fabrikasi. Selain itu, pengelasan menggunakan mesin atau teknik yang salah dapat memakan banyak waktu.

Tetapi jika kalian mempraktikkan tips yang disebutkan di bawah ini, kalian kemungkinan akan dapat meningkatkan kualitas dan kemampuan las kalian. Hal tersebut memungkinkan kalian untuk menjadi tukang las yang terampil.

- a. Pastikan Anda dapat melihat dengan jelas apa yang Anda las
- b. Gunakan Mesin Las yang Tepat
- c. Dapatkan Waktu yang Tepat

C. Wirausaha di Bidang Pengelasan dan Fabrikasi Logam

Seorang *technopreneurship* tidak hanya memiliki keahlian dalam berbisnis atau berwirausaha saja, namun juga memiliki pengetahuan tentang kebutuhan teknologi yang sedang berkembang.

Berikut di bawah ini beberapa jenis pekerjaan bidang pengelasan yang nanti dapat kalian pilih sebagai pertimbangan untuk karier di masa depan.

1. Bengkel Las

Menjalankan bisnis bengkel las saat ini memiliki prospek yang cukup baik. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya pembangunan konstruksi. Adapun contoh usaha di bidang pengelasan dengan membuka bengkel las, yaitu membuat teralis, kanopi, pagar, tangga, dan lain-lain.

2. Construction Welders

Jurus las bidang konstruksi dapat dilakukan dalam industri konstruksi, baik itu konstruksi perumahan maupun konstruksi komersial. Tukang las konstruksi memiliki risiko cukup besar karena jenis pekerjaan ini mengharuskan mereka bekerja di luar ruangan, bahkan beberapa ratus kaki

di atas tanah. Pada Gambar 3.13 ditunjukkan proses pengelasan konstruksi baja yang dilakukan oleh *construction welders*.



Gambar 3.13 *Construction welders* sedang mengelas konstruksi baja

3. Manufacturing Welders

Setiap industri yang membuat produk dan peralatan dari material logam tentu membutuhkan tukang las manufaktur yang terampil. Industri manufaktur yang paling umum menggunakan jasa tukang las adalah industri manufaktur struktur logam dan pertanian, pertambangan, dan manufaktur pada kendaraan bermotor. Pada Gambar 3.14 diperlihatkan seorang *manufacturing welders* sedang melakukan pengelasan pada panel kendaraan roda empat.



Gambar 3.14 *Manufacturing welders* sedang mengelas panel kendaraan roda empat

4. Structural Steel Welders

Tukang las baja struktural lebih dikenal sebagai manusia besi. Mereka adalah pekerja profesional di balik perakitan struktur dan kerangka baja yang dibangun. Tukang las baja struktural terlibat dalam kegiatan fabrikasi dan perakitan/penyambungan kerangka struktural pada bangunan kecil dan besar seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 *Construction welders* sedang mengelas konstruksi bangunan gedung

5. *Sheet Metal Workers*

Sheet metal worker adalah tukang las khusus spesialis yang bertanggung jawab pada proses membuat, memasang, dan memperbaiki produk dari lembaran plat (*sheet metal*).

Seorang *sheet metal worker* memiliki peranan penting dalam memutuskan metode pengelasan apa yang akan digunakan untuk merakitnya dan jenis bahan apa yang akan digunakan. Mereka bertugas melakukan proses pemotongan dan pengelasan untuk menyiapkan lembaran logam dengan dimensi yang dibutuhkan.

Beberapa jenis pekerjaan yang dilakukan oleh seorang *sheet metal worker* adalah pemotongan logam, menekuk, mengerol, stamping (menekan), menekan hidrolik, pengelasan, perakitan, perlakuan permukaan (Gambar 3.16).



Gambar 3.16 Seorang *sheet metal worker* sedang menekuk pelat

6. *Industrial Maintenance Welders*

Maintenance welders umumnya bekerja di perusahaan atau di bagian pengaturan yang berdampak tinggi terhadap kerusakan suatu alat atau mesin. *Industrial maintenance welders* memiliki tugas, yaitu menjaga dan menjalankan peralatan sekaligus juga memelihara peralatan, memperbaiki kerusakan, memodifikasi peralatan, dan terkadang membuat suku cadang baru sesuai kebutuhan (Gambar 3.17).



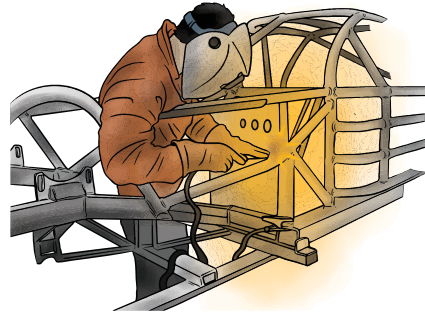
Gambar 3.17 *Industrial maintenance welders* sedang melakukan perbaikan *front end loader bucket* pada kendaraan berat *wheel loader*

Mereka harus bekerja dengan baik, cepat, tanggap, dan terampil dalam hal diagnosis dan perbaikan, karena peralatan yang rusak dapat menghabiskan banyak uang bagi perusahaan. *Maintenance welders* bertanggung jawab untuk melakukan pemeriksaan

hasil pekerjaan dalam rangka meminimalisir terjadinya kesalahan dan melakukan perbaikan atau penggantian jika perlu.

7. *Motorsports Welders*

Motorsports welders memiliki peran penting dalam pembuatan mobil balap hingga perawatan dan perbaikan mobil balap tersebut setelah balapan. Mobil yang digunakan untuk berpartisipasi dalam olahraga motor tidak seperti mobil yang biasa Anda kendarai di jalanan. Juru las ini dapat membantu membangun, memodifikasi, dan merawat mobil agar dapat memiliki performa tinggi di area balapan ekstrem (Gambar 3.18).



Gambar 3.18 *Motorsports welders* sedang mengelas konstruksi kendaraan

D. Peluang Usaha di Bidang Pengelasan dan Fabrikasi Logam

Memanfaatkan peluang sekecil mungkin adalah kunci untuk meraih kesuksesan di masa depan. Perkembangan teknologi saat ini sudah mengubah pola pikir seseorang untuk bekerja tidak hanya di kantor saja. Perlu kalian ketahui bahwa masa depan industri pengelasan sangat menjanjikan. Seorang juru las dapat terus mengembangkan jenjang karier meski tanpa kuliah hingga bisa menjadi master atau ahli las dan tidak hanya sebatas operator saja.

Ada beberapa alasan lain mengapa berkarier di bidang pengelasan bisa menjadi alternatif pilihan karier kalian di masa mendatang. Berikut ini beberapa alasan yang memotivasi orang untuk berkarier bidang pengelasan dan fabrikasi logam.

1. Prospek pengelasan secara global akan mencapai USD 48,16 Miliar pada tahun 2026.
2. Munculnya otomatisasi dalam pengelasan akan meningkatkan peluang penjualan.
3. Semakin canggihnya teknologi, dibutuhkan juru las yang memiliki keterampilan yang tinggi juga. Juru las (*welder*) di masa mendatang akan dilatih untuk dapat mengoperasikan robot dan sistem otomatis lainnya untuk meningkatkan produktivitas dalam proses pengelasan.

Gambar 3.19 di atas menunjukkan seorang *welder* sedang memperbaiki geladak utama pada konstruksi kapal. Adapun peluang kerja pengelasan dan fabrikasi logam yang dapat kalian jumpai di antaranya pada bidang robotika, teknologi dan rekayasa, dunia balapan (*racing*), industri penjualan, perbaikan dan fabrikasi bidang alat pertanian, perawatan dan pemeliharaan komponen mesin, serta wiraswasta di bidang las.



Gambar 3.19 Seorang *welder* sedang mengelas konstruksi geladak utama di salah satu kapal induk baru Angkatan Laut Kerajaan di Rosyth

Berikut ini adalah beberapa jenis peluang usaha atau karier di bidang pengelasan dan fabrikasi logam.

1. Operator Welder

Operator welder adalah seseorang yang mengoperasikan alat *welding* otomatis. Dia bertanggung jawab untuk memastikan keandalan mesin las yang digunakan. Jika kalian membawa garis pemikiran ini kembali ke dunia *welder*, kalian akan melihat bahwa ada sejumlah tren saat ini dalam otomatisasi pengelasan. Tren tersebut adalah sebagai berikut.

a. Robotika dalam aplikasi pengelasan berulang di industri

Pengelasan robot dapat dilihat pada pengelasan perakitan mobil dan jalur perakitan serupa.



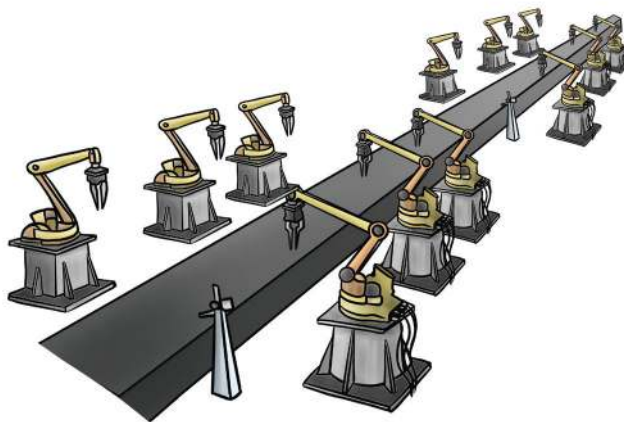
Gambar 3.20 Operator welder sedang melakukan pengawasan pengelasan robot

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.20, penggunaan robotika dalam skenario pengelasan berulang. Adapun untuk berkarir sebagai *operator welder*, maka kalian harus memiliki keterampilan dalam pemrograman, mekatronika atau pelatihan cara mengatur peralatan dengan baik.

b. Sistem mesin di lingkungan industri yang berulang

Dalam kategori ini kalian akan mengetahui bahwa saat ini pengelasan sudah menggunakan sistem pengelasan mesin dengan input manusia sebagai pemrogram. Hal ini terlihat seperti pada pengelasan pipa otomatis atau sistem otomatis untuk melakukan pelapisan las dan sejenisnya.

Gambar 3.22 menunjukkan bagaimana proses pengelasan yang berlangsung secara berkelanjutan dari awal penyiapan material hingga proses perakitan selesai dan siap untuk dilakukan proses berikutnya.



Gambar 3.21 Sistem mesin pada proses perakitan yang berulang-ulang

c. Peningkatan dan penyempurnaan sistem tenaga dan periferal terkait pengelasan

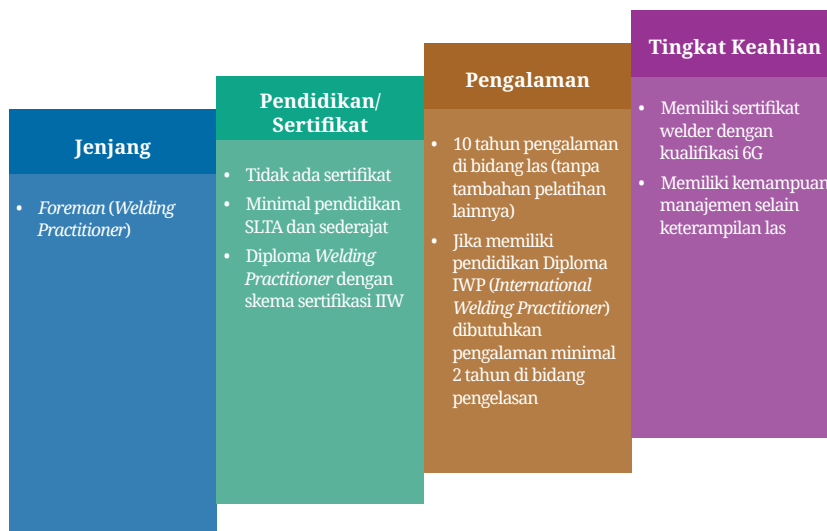
Dalam kategori ini kita melihat pengembangan sumber daya bentuk gelombang terkontrol sumber daya dengan sifat magnetik khusus yang memungkinkan penetrasi las yang jauh lebih tinggi, tingkat deposisi yang lebih tinggi, atau kontrol yang lebih baik oleh *welder* dalam proses pengelasan manual atau semi-otomatis.

2. Welding Foreman (Group Leader/Welding Practitioner)

Welding Foreman (mandor las) adalah orang yang bertugas mengawasi/mengontrol dan memastikan bahwa pekerjaan pengelasan yang dilakukan oleh *welder* sesuai dengan spesifikasi dan persyaratan yang ditentukan. Umumnya seorang *welding foreman* membutuhkan lebih dari 10 tahun pengalaman untuk menduduki jabatan tersebut.

Di dalam standar BNSP terdapat Uji Kompetensi *welding foreman*. Salah satu kemampuan yang diuji adalah harus mampu mengkoordinir tim kerja kecil. Selain itu juga, terdapat prasyarat pengalaman kerja dan jika bisa sudah pernah mengikuti sertifikasi *welder*.

Dalam upaya mendapatkan tenaga *welding foreman* yang berkompeten dan terampil dalam melaksanakan tugasnya, maka dibutuhkan jenjang karier yang baik. Alur proses untuk menjadi seorang *welding foreman* dapat kalian lihat pada Gambar 3.22 di bawah ini.



Gambar 3.22 Jenjang karier *welding foreman*
Sumber: Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2016

3. *Welding Supervisor*

Welding supervisor adalah orang yang bertugas mengawasi/mengontrol dan memastikan bahwa pekerjaan pengelasan yang dilakukan oleh *welder* sesuai dengan spesifikasi dan persyaratan yang ditentukan seperti yang ditunjukkan Gambar 3.23.

Menjadi seorang supervisor harus mampu mengkoordinir dan mengawasi langsung pada pekerjaan pengelasan, melakukan pengaturan untuk semua *welder* yang terlibat pada proyek tersebut.



Gambar 3.23 *Welding supervisor* sedang mengontrol pekerjaan pengelasan

Merencanakan pekerjaan *welding* sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. *Welder supervisor* juga harus mampu membuat laporan hasil pencapaian pekerjaan pengelasan dan menyiapkannya untuk proses pemeriksaan hasil lasan.

Jika kalian lihat Gambar 3.24, dijelaskan bagaimana proses alir tugas-tugas *welding supervisor* pada industri fabrikasi logam.



Gambar 3.24 Proses Alir (*Flow Process*) Industri Fabrikasi

Sumber: SKKNI *Welding Supervisor* no. 154/Men/VIII/2010

Dalam upaya mendapatkan tenaga *welding supervisor* yang berkualifikasi dan terampil dalam melaksanakan tugasnya dengan baik di setiap kegiatan koordinasi pengelasan, dibutuhkan jenjang karier yang baik juga. Perhatikan dengan cermat Gambar 3.25 untuk dapat memahami bagaimana proses untuk dapat menduduki posisi *welding supervisor*.



Gambar 3.25 Jenjang karier seorang *welding supervisor*
 Sumber: Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2016

4. Welding Inspector

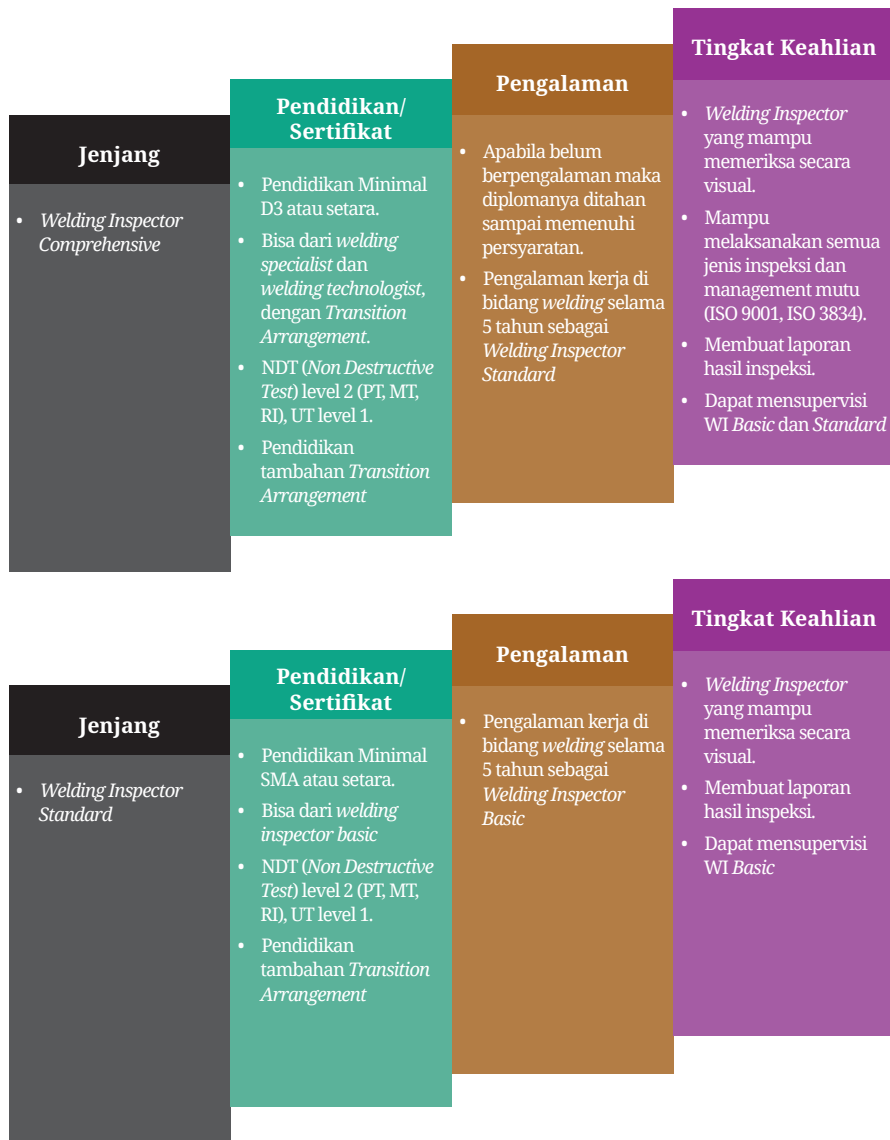
Welding inspector adalah orang yang bertugas memeriksa seluruh tahapan pekerjaan yang terkait proses pekerjaan pengelasan. Dia memeriksa, baik itu, sebelum pengelasan (*before welding*), saat pengelasan (*during welding*) dan setelah pengelasan (*after welding*).



Gambar 3.26 *Welding inspector* sedang memeriksa hasil proses pekerjaan pengelasan

Welding inspector (WI) bertugas untuk menginspeksi kualitas atau *Quality Control* (QC) suatu produk pengelasan sesuai dengan standar yang ditentukan seperti ASME, AWS, API, atau BKI. Karena seorang *welding inspector* memiliki tugas yang cukup penting, syarat untuk mendapat profesi tersebut juga meliputi sikap profesional, keahlian khusus, watak cepat tanggap, dan mengutamakan tugas.

Adapun jenjang karier seorang *welding inspector* dapat diilustrasikan pada Gambar 3.27.





Gambar 3.27 Jenjang karier seorang *welding inspector*
 Sumber: Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2016

Untuk menambah wawasan mengenai jenjang karier pada *welding inspector*, kalian dapat membaca materi tentang “*European Welding Inspector–Standard Level* [EWF-IAB-041r5-19]”, scan QR code atau mengunjungi link pada Gambar 3.28.

5. *Welding Engineer*

Welding engineer memiliki tugas untuk mendesain, menghitung, serta menentukan jenis sambungan las yang akan diproduksi atau dilaksanakan di suatu pekerjaan konstruksi. Gambar detail dari desain sambungan las tersebut tertuang dalam suatu dokumen yang bernama WPS (*Welding Procedure Specification*). WPS kurang lebih mengatur pemilihan teknik pengelasan, pembuatan prosedur pengelasan dan spesifikasi *fillet* material, termasuk semua jenis *consumable*. *Welding engineer* juga bertanggung jawab untuk menguji konstruksi/desain sambungan las tersebut baik dari segi keandalan dan proses fabrikasi serta pemasangan.

Untuk menambah wawasan mengenai jenjang karier pada *welding engineer*, kalian dapat membaca materi tentang “*European Welding Engineer* [EWF-IAB-252r5-19-SV01-January 2019-]”, scan QR code atau mengunjungi link pada Gambar 3.29 di bawah ini.



Gambar 3.28 QR code *European Welding Inspector–Standard Level* [EWF-IAB-041r5-19]
 Sumber: *European Welding Federation (EWF)*



Gambar 3.29 QR code *European Welding Engineer* [EWF-IAB-252r5-19-SV01-January 2019-]
Sumber: *European Welding Federation (EWF)*

6. *Welding Educator/Instructor*

Welding Educators disebut juga sebagai instruktur pengelasan, pelatih, atau guru yang bertugas mendidik siswa dalam teori dan metode praktis pengelasan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.30. Seorang *welding educator* dalam mendidik menggunakan pemahaman konseptual dan praktis tentang pengelasan dan instruksi pengelasan untuk mengajarkan berbagai pengetahuan dan keterampilan pengelasan.



Gambar 3.30 *Welding educator* sedang membimbing siswa
Sumber: *Dekker, 2022*



Uji Kompetensi

Setelah kalian membaca dan memahami mengenai profesi dan kewirausahaan (*job-profile* dan *technopreneurship*), serta peluang usaha di bidang pengelasan tentunya hal ini akan menambah wawasan dan kemandirian kalian kelak lulus sekolah nanti. Untuk menambah wawasan kalian silakan kerjakan tugas-tugas di bawah ini.

Tugas Individu

Pilihlah salah satu peluang usaha di bidang pengelasan dan fabrikasi logam! Kemudian, lakukan analisis faktor-faktor yang menyebabkan kesuksesan dan kegagalan dalam bisnis atau usaha tersebut. Selanjutnya presentasikan hasil analisis kalian di depan kelas!

Format Analisis peluang usaha bidang pengelasan dan fabrikasi logam

No	Jenis Usaha	Bidang Pekerjaan	Jenis produk
1			
2			
3			
4			
dst			

Soal uraian

Jawablah dengan benar dan tepat

1. Apa yang kalian ketahui tentang kewirausahaan?
2. Apa bedanya *enterpreneur* dengan *technopreneurship*?
3. Apa yang kalian ketahui tentang *job profile* dan *job description* pada suatu pekerjaan pengelasan?
4. Jelaskan perbedaan jenis welder kelas 1, kelas 2, dan kelas 3!
5. Jenis pekerjaan apa saja yang dikerjakan pada bidang fabrikasi logam?

Soal uraian singkat

Jawablah dengan ringkas dan benar

1. Jelaskan yang menjadi tanggung jawab utama seorang *welder* (juru las)!
2. Jelaskan job profil *welder* di bawah ini!
 - a. *Plate Welder*
 - b. *Fillet Welder*
 - c. *Underwater Welder*
 - d. *Pipe Welder*
3. Identifikasikanlah ciri-ciri tukang las yang berkualitas!
4. Identifikasikanlah profil *technopreneur* yang dibutuhkan di era global agar mampu berkompetisi!
5. Identifikasikanlah posisi pengelasan menurut AWS!

6. Apa perbedaan antara *welding inspector comprehensive*, *standard*, dan *basic*? Jelaskan!
7. Jenis pekerjaan apa saja yang terkait dalam bidang fabrikasi logam!
8. Apa peran dari seorang instruktur las pada bidang pendidikan dan pelatihan?
9. Mengapa seorang *welder* harus memahami WPS?
10. Mengapa seorang *welding inspector* harus lulus sertifikasi uji pengelasan?

Tes Unjuk Kerja (Tugas Kelompok)

Buatlah kelompok yang terdiri dari 4-5 orang. Selanjutnya, lakukan diskusi dengan tema “Peluang Karier Teknologi Pengelasan dan Fabrikasi Logam Era Globalisasi” dan presentasikan hasil diskusi kalian di depan kelas. Beberapa poin yang perlu dibahas saat diskusi antara lain sebagai berikut.

- a. Sebutkan tahapan dalam memulai karier?
- b. Bagaimana agar karier dapat menduduki posisi yang strategis?
- c. Kompetensi apa saja yang perlu dipersiapkan/dibutuhkan untuk dapat bertahan di era globalisasi?
- d. Bagaimana strategi untuk dapat eksis dalam bidang pengelasan dan fabrikasi logam di era globalisasi?



Pengayaan

Untuk mengetahui, memahami, dan menambah wawasan tentang profesi dan kewirausahaan (*job-profile dan technopreneurship*), serta peluang usaha di bidang pengelasan, silakan scan QR code di bawah atau klik tautan di bawah ini.



<https://store.sirclo.com/blog/tips-bisnis-bengkel-las/>



<https://gasbanter.com/prospek-kerja-teknik-mesin/>



Refleksi

Sebelum lanjut mempelajari materi pada bab berikutnya, silakan review kembali pemahaman Anda terkait materi pada bab 3 tentang profesi dan kewirausahaan (*job-profile dan technopreneurship*), serta peluang usaha di bidang pengelasan ini melalui pertanyaan-pertanyaan yang disajikan pada tabel berikut. Jika ada materi yang belum dipahami, Anda bisa menyampaikan terlebih dahulu kepada pendidik/guru pengampu ataupun berdiskusi dengan teman.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah saya telah mampu mengidentifikasi macam-macam profesi di bidang pengelasan dan fabrikasi logam dengan benar?		
2	Apakah saya telah mampu mengidentifikasi jenis-jenis profesi <i>welder</i> di bidang pengelasan dan fabrikasi logam dengan benar?		
3	Apakah saya telah mampu mengidentifikasi jenis wirausaha bidang pengelasan dan fabrikasi logam dengan benar?		
4	Apakah saya telah mampu mengidentifikasi peluang usaha di bidang fabrikasi logam?		

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Kurniawan Susanta, Khusni Syauqi
ISBN: 978-623-194-532-7 (PDF)

BAB 4

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA LINGKUNGAN HIDUP (K3LH) DAN BUDAYA KERJA INDUSTRI



Tujuan Pembelajaran

Siswa mampu menerapkan K3LH dan budaya kerja industri, antara lain praktik-praktik kerja yang aman, bahaya-bahaya di tempat kerja, prosedur-prosedur dalam keadaan darurat, dan penerapan budaya kerja industri seperti 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin), dan etika kerja.

Indikator Pencapaian:

(1) Siswa mampu memahami Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH) serta Budaya Kerja di Industri. (2) Siswa dapat mengidentifikasi sumber-sumber bahaya di tempat kerja. (3) Siswa dapat mengidentifikasi bahaya-bahaya yang timbul di tempat kerja. (4) Siswa dapat mengidentifikasi jenis dan kegunaan APD sesuai jenis pekerjaan. (5) Siswa dapat mengidentifikasi penyebab kecelakaan kerja di tempat kerja. (6) Siswa dapat menerapkan budaya kerja, seperti 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin), dan etika kerja di tempat kerja.



Adakah di antara kalian yang pernah melihat orang mengalami kecelakaan di jalan atau di tempat kerja? Tentunya banyak di antara kalian yang pernah melihat kejadian tersebut, bukan? Namun, apakah kalian mengetahui penyebab terjadinya kecelakaan? Pertanyaan ini merupakan hal yang umum diutarakan ketika kecelakaan itu terjadi. Kecelakaan dapat menimpa siapa saja dan dapat terjadi di mana saja tanpa kita ketahui dengan pasti.

Era globalisasi saat ini menuntut pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di setiap tempat kerja termasuk di bidang Industri Logam Mesin Bidang Pengelasan. Oleh karena itu, semua pihak yang terlibat harus memahami pentingnya penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada proyek konstruksi.

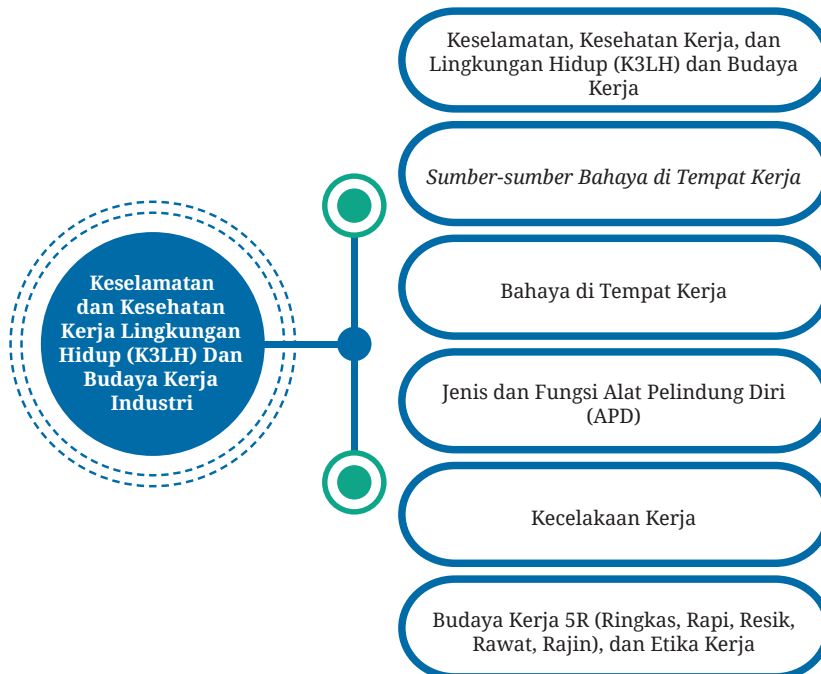


Kata Kunci

K3LH, sumber bahaya, APD, kecelekaan kerja, budaya kerja



Peta Konsep



Gambar 4.1 Peta Konsep.

Apersepsi

Setiap pekerja pasti ingin selamat di dalam melakukan setiap kegiatan apapun, termasuk kegiatan pengelasan. Keselamatan dan kesehatan menjadi hal terpenting dalam setiap kegiatan. Perlu kalian ketahui bahwa kecelakaan kerja dapat menimpa siapa saja tanpa diketahui dengan pasti kapan terjadi. Namun, kecelakaan kerja dapat dicegah dengan senantiasa melaksanakan prosedur kerja, serta menggunakan alat keselamatan kerja.

Aktivitas Pembelajaran

A. Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH)

Bengkel atau yang lebih dikenal dengan istilah “shop” atau “workshop” adalah tempat berlangsungnya praktikum maupun produksi. Bengkel didesain sebagai tempat mengembangkan keterampilan siswa harus didukung dengan kondisi bengkel sebaik mungkin. Di dalam melaksanakan proses pekerjaan tidak terlepas dari yang namanya *Health Safety Environment* atau disingkat HSE.

HSE secara sistematis menjadi sebuah sistem manajemen organisasi untuk mencapai tujuan, sasaran, dan visinya dalam aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan. Sebagai sebuah sistem, HSE ini merupakan panduan dan aturan bagi semua jajaran baik tim manajemen maupun pekerja, serta sub lini organisasi yang ada dalam organisasi/perusahaan.

Pada Gambar 4.2 ditunjukkan seorang juru melakukan pengelasan dengan menggunakan peralatan *Local Exhaust Ventilation (LEV)* untuk mengeliminasi bahaya kerja saat pengelasan.

Keberhasilan K3 dalam perusahaan dapat ditentukan oleh empat faktor, yaitu *Philosophy, Policy, Prosedures, dan Practices*. *Philosophy* (filosofi) merupakan dasar bagi perusahaan dalam menjalankan bisnisnya, bukan semata untuk mencari keuntungan. Kebijakan (*policy*) dilakukan oleh manajemen puncak dalam rangka



Gambar 4.2 Penerapan Keselamatan dan Kesehatan dalam bekerja dapat menghindarkan diri dari bahaya kerja pada proses pengelasan.

memberikan arahan mengenai K3. Prosedur (*procedures*) merupakan landasan operasional dari penerapan K3. Selanjutnya agar prosedur dilaksanakan dengan baik, maka harus dijalankan dengan konsisten dan berkesinambungan (*practices*).

1. Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja atau *occupational safety*, dalam istilah sehari-hari sering disebut dengan *safety* saja, secara filosofi diartikan sebagai suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani tenaga kerja pada khususnya dan manusia pada umumnya serta hasil budaya dan karyanya. Keselamatan kerja mengarah pada keselamatan yang berkaitan dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungannya, serta cara-cara melakukan pekerjaan.

2. Kesehatan Kerja

Konsep kesehatan kerja dewasa ini semakin banyak berubah, bukan sekadar “kesehatan pada sektor industri” saja melainkan juga mengarah kepada upaya kesehatan untuk semua orang dalam melakukan pekerjaannya (*total health of all at work*).

Sehat adalah kondisi ketika seseorang terbebas dari penyakit atau gangguan kesehatan, seperti sehat fisik, mental, dan sehat sosialnya. Sehat ini akan mendukung seseorang untuk dapat beraktivitas dengan baik, di rumah ataupun di tempat kerja.

Menurut Undang-undang Nomor 36 Tahun 2009, kesehatan adalah keadaan sehat, baik secara fisik, mental, spritual, maupun sosial yang memungkinkan setiap orang untuk hidup produktif secara sosial dan ekonomis. Dari penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa kesehatan merupakan derajat/tingkat keadaan fisik dan psikologi individu (*the degree of physiological and psychological well being of the individual*).

3. Lingkungan Hidup (Environment)

Lingkungan hidup yang dimaksud di sini lingkungan tempat kita melakukan aktivitas kerja. Di lingkungan tersebut terdapat peralatan atau mesin yang mendukung berlangsungnya kegiatan kerja serta dapat mempengaruhi perilaku kerja kita.

Di lingkungan industri, orang dan peralatan dihadapkan pada kondisi yang lebih ekstrim. Lingkungan kerja menjadi salah satu hal

yang mempengaruhi produktivitas dan semangat kerja karyawan. Tanpa lingkungan kerja yang baik, nyaman, dan aman, karyawan akan mudah bosan dan tidak betah untuk bekerja di tempat tersebut.

Menurut Sedarmayanti (2009) ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi lingkungan kerja seperti yang ditunjukkan Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Faktor yang mempengaruhi lingkungan kerja.

Sumber: Sedarmayanti, 2009

Penerangan yang baik dapat memberikan keselamatan dan kelancaran kerja serta ketepatan dalam kegiatan produksi. Penerangan yang buruk dapat menyebabkan kurangnya efisiensi dalam melaksanakan pekerjaan sehingga tujuan organisasi sulit dicapai.

Suhu udara dalam ruangan kerja merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan oleh manajemen perusahaan. Setiap manusia memiliki suhu tubuh yang berbeda-beda dalam kondisi normal. Secara normal, temperatur untuk bekerja adalah sekitar 20°—25°C.

Bising merupakan bunyi yang tidak diinginkan dan mengganggu kenyamanan, keamanan, dan kondusifitas ketika melakukan aktivitas pekerjaan. Kebisingan dapat bersumber dari suara mesin-mesin pabrik maupun dari kendaraan umum. Untuk mencegah terjadinya gangguan-gangguan yang tak diinginkan, dibuatlah batasan nilai kebisingan yang diperbolehkan terpapar ke lingkungan.

Tingkat kebisingan dinyatakan dalam satuan desibel, atau biasa disingkat dB. Pada Tabel 4.1 diinformasikan mengenai batasan kebisingan yang

ditentukan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup no. 48 tahun 1996 yang didasari oleh peruntukan kawasan atau lingkungan terkait.

Tabel 4.1 Tingkat kebisingan

Peruntukan Kawasan/Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan/ DB (A)
a. Peruntukan kawasan	
1. Perumahan dan Pemukiman	55
2. Perdagangan dan Jasa	70
3. Perkantoran dan Perdagangan	65
4. Ruang Terbuka Hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
7. Rekreasi	70
8. Khusus:	
- Bandar Udara *)	
- Stasiun Kereta Api *)	
- Pelabuhan Laut	70
- Cagar Budaya	60
b. Lingkungan Kegiatan	
1. Rumah Sakit atau sejenisnya	55
2. Sekolah atau sejenisnya	55
3. Tempat ibadah atau sejenisnya	55
Keterangan:	
*) disesuaikan dengan ketentuan Menteri Perhubungan	

Sumber: Lampiran Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996

Pada jangka panjang, kebisingan dapat mengganggu ketenangan bekerja, merusak pendengaran, dan menimbulkan kesalahan komunikasi.

Penggunaan berbagai jenis warna dalam mendesain ruang kerja memegang peranan yang sangat penting dalam hubungannya dengan aktivitas dalam ruang kerja tersebut. Warna di lingkungan kerja dapat mempengaruhi pikiran, suasana hati, dan perilaku orang dalam bekerja. Sifat dan pengaruh warna kadang-kadang menimbulkan rasa senang, ceria, atau sumpek, dan lain-lain.

Ruang gerak berkaitan dengan ruang kerja dimana para pekerja melakukan aktivitas pekerjaan. Ruang kerja harus ditata mengacu kepada

aliran kerja sehingga meningkatkan efisiensi dan memudahkan koordinasi antar pekerja/peserta didik. Berdasarkan norma dan standar laboratorium/bengkel SMK pada kompetensi keahlian teknik pengelasan (2021), besarnya luasan minimum ruang praktik adalah 150 m². Selanjutnya, detail luas minimum ruang praktik tercantum di dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Detail kebutuhan luas minimum ruang praktik teknik pengelasan

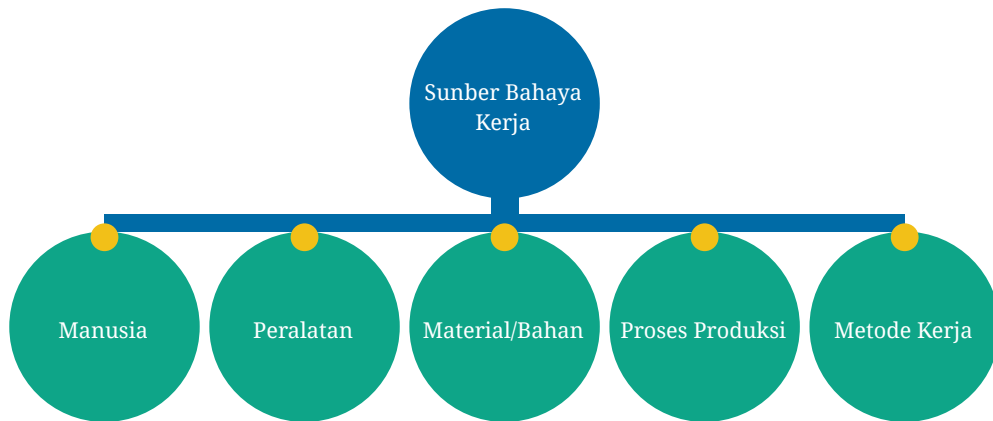
No	Jenis	Rasio	Deskripsi
1	Area kerja Bangku	3 m ² /peserta didik	Kapasitas untuk 9 peserta didik
2	Kelas pengelasan digital	3 m ² /peserta didik	Kapasitas untuk 9 peserta didik
3	Area kerja las oksasi asetilen	3 m ² /peserta didik	Kapasitas untuk 9 peserta didik
4	Area kerja las busur listrik manual	3 m ² /peserta didik	Kapasitas untuk 9 peserta didik
5	Area kerja las busur listrik TIG/MIG/MAG/CO ₂	3 m ² /peserta didik	Kapasitas untuk 9 peserta didik
6	Ruang penyimpanan dan instruktur	3 m ² /instruktur	Kapasitas untuk 9 instruktur

Sumber: Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan, 2021

Selain yang ditunjukkan oleh Tabel 4.2 diatas, ada juga yang menerapkan ruang kerja pengelasan dengan ukuran 2 X 3 meter. Ukuran tersebut adalah ukuran ruang pengelasan yang baik karena dapat menampung siswa, peralatan las dan instruktur untuk membantu pelatihan keterampilan langsung.

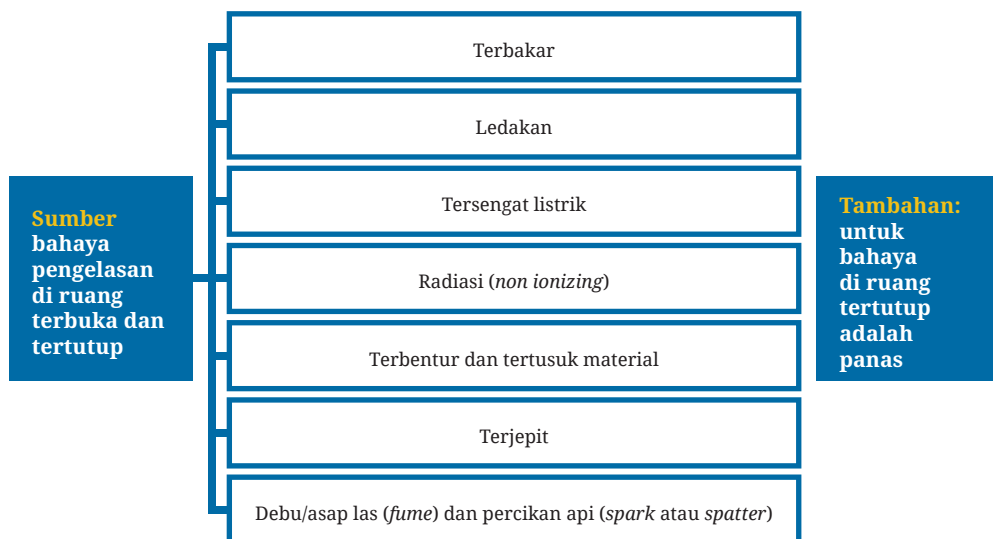
B. Sumber Bahaya Pekerjaan

Keselamatan dan kesehatan setiap pekerja wajib diperhatikan, tidak terkecuali pekerja di bidang pengelasan dan fabrikasi logam yang merupakan jenis pekerjaan yang memiliki potensi bahaya dan risiko tinggi. Bahaya di tempat kerja terjadi karena adanya interaksi antar komponen produksi seperti yang ditunjukkan Gambar 4.4.



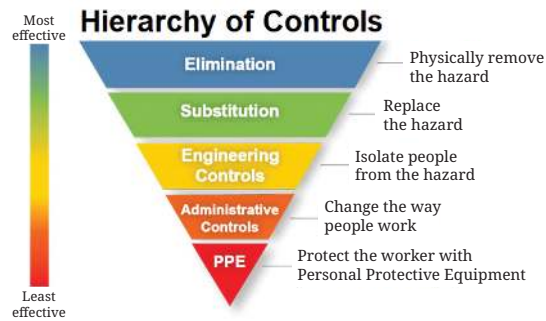
Gambar 4.4 Sumber bahaya kerja.
 Sumber: Mahawati, dkk, 2021

Sebagai contoh, seorang *welder* kemungkinan besar akan berhadapan dengan berbagai kondisi termasuk di dalam dan di luar ruangan, area terbuka, ruang terbatas, ketinggian, maupun di dalam air. Untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja, setiap pekerja harus memiliki pengetahuan tentang tindakan-tindakan yang harus dilakukan agar terhindar dari kejadian yang tidak diinginkan yang dapat menimbulkan cedera fisik, cacat permanen, bahkan sampai kematian. Bahaya akibat kerja dapat terjadi di ruang terbuka maupun di ruang tertutup. Pada Gambar 4.5 ditunjukkan hasil identifikasi mengenai sumber bahaya yang terjadi di tempat kerja pada bidang pengelasan.



Gambar 4.5 Potensi bahaya pengelasan di ruang terbuka.
 Sumber: Winiarto dan Mariawati, 2013

Risiko dari bahaya yang teridentifikasi harus dikurangi ke tingkat terendah dengan menerapkan langkah-langkah pengendalian, salah satunya dengan hierarki pengendalian (*hierarchy of control*) seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hirarki Pengendalian Bahaya di Lingkungan Kerja.
 Sumber: Mahawati, dkk, 2021

1. Elimination (Eliminasi)

Eliminasi adalah tindakan pengendalian bahaya dengan cara menghilangkan sumber bahaya yang berasal dari berbagai faktor lingkungan kerja yang berpotensi bahaya. Contoh kegiatannya antara lain berupa penghentian proses kerja yang berbahaya, menghilangkan bahan kimia berbahaya, atau penghentian penggunaan mesin sumber kebisingan.

2. Substitusi

Yaitu metode pengendalian bahaya melalui penggantian bahan, peralatan/ mesin, dan proses produksi. Metode ini merupakan salah satu cara terbaik untuk mengatasi paparan bahaya kerja yang ada, misalnya berupa penggantian bahan, alat atau cara kerja yang bahaya dengan kurang berbahaya.

3. Pengendalian Teknik

Engineering control adalah proses pengendalian risiko dengan merencanakan suatu alat atau bahan dengan tujuan mengendalikan bahayanya. Contohnya, isolasi, pelindung mesin, sistem ventilasi, mencegah jatuh dari ketinggian dengan menggunakan rel penjaga.

Beberapa contoh kegiatan pengendalian resiko dengan merencanakan antara lain yaitu pengaturan ventilasi (Gambar 4.7), penggunaan metode basah untuk menghilangkan bahaya paparan debu terhadap tenaga kerja, pemasangan alat pelindung mesin, dan pemasangan alat sensor otomatis.



Gambar 4.7 Penggunaan *local exhaust ventilation system* untuk mengendalikan kontaminan udara yang disebabkan oleh debu di lingkungan kerja.

4. **Pengendalian Administratif**

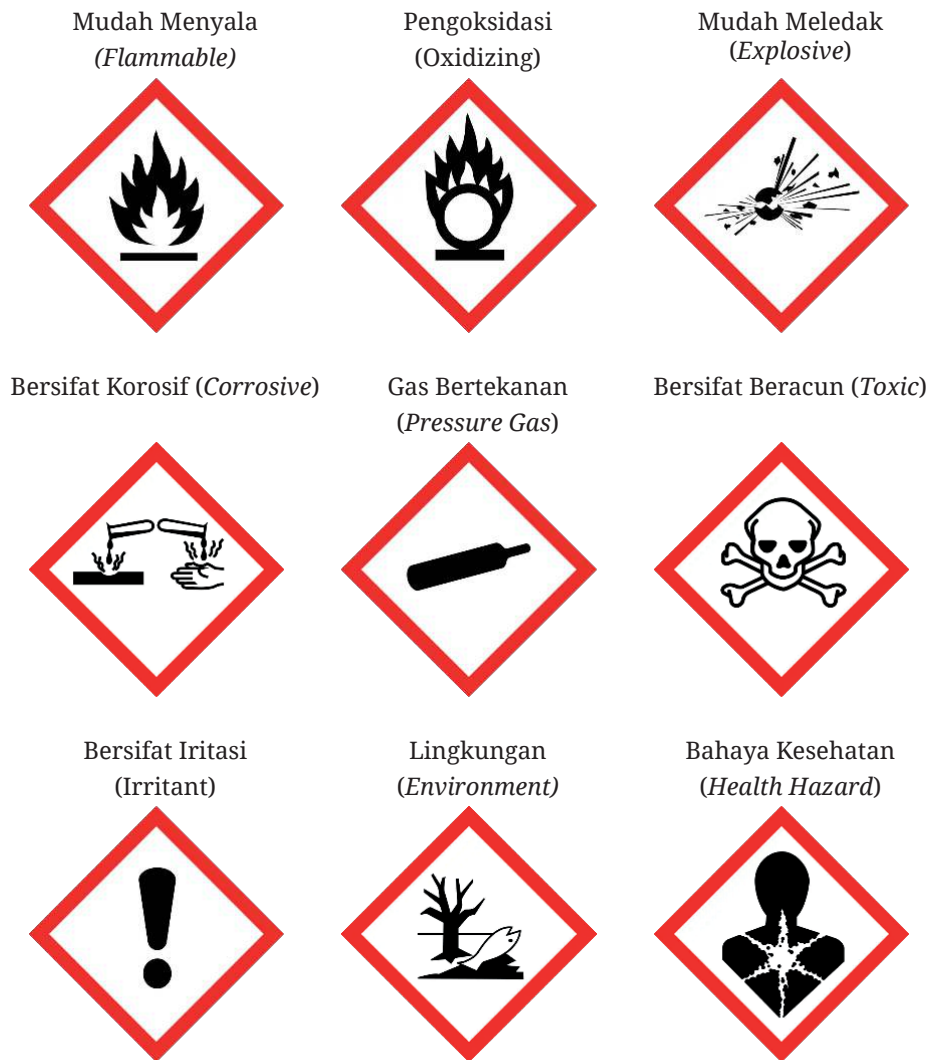
Pengendalian administratif dapat dilakukan dengan pengaturan sistem kerja untuk meminimalkan interaksi pekerja dari paparan bahaya di tempat kerja. Upaya pengendalian dari sisi pekerja agar dapat melakukan pekerjaan secara aman. Contohnya, pelatihan, inspeksi peralatan dan lingkungan kerja, induksi keselamatan, pengembangan SOP/prosedur kerja, pemasangan rambu keselamatan, pemasangan simbol/label bahan berbahaya pada tempat kerja.

Sebagai contoh, pelabelan pada Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di tempat kerja. Bahan Berbahaya dan Beracun merupakan bahan yang memiliki sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya. Sementara itu, label adalah sebuah tanda untuk menguraikan secara singkat mengenai klasifikasi dan jenis bahan berbahaya dan beracun (B3). Label itu diwujudkan dengan sebuah simbol.

Simbol bahaya adalah suatu piktogram berlatar belakang putih dengan garis batas dan gambar berwarna merah. Gambar yang terdapat dalam piktogram umumnya menggambarkan sifat bahaya dari bahan yang dilabeli. Sifat bahaya tersebut misalnya risiko ledakan dan kebakaran, risiko kesehatan dan keracunan, atau kombinasi keduanya.

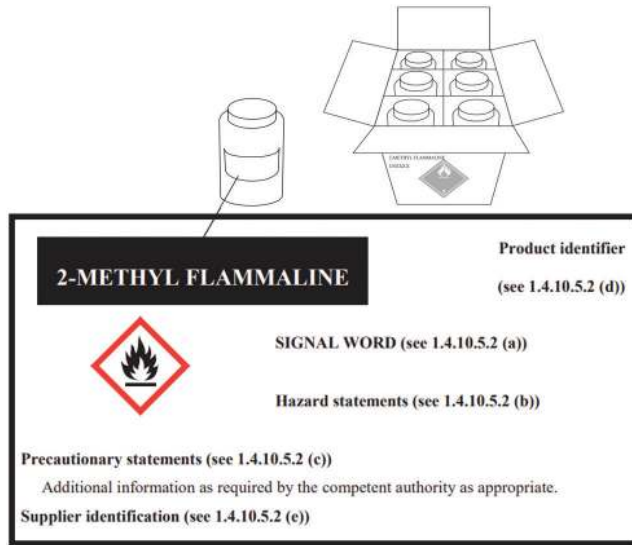
Simbol bahaya yang ditunjukkan Gambar 4.8 merupakan simbol standar yang harus digunakan dalam *Globally Harmonized System Of Classification And Labelling Of Chemicals* (GHS). Simbol standar ini digunakan sesuai

rekomendasi PBB tentang transportasi barang berbahaya. Simbol bahaya ini diilustrasikan dalam sebuah piktoqram.



Gambar 4.8 *Globally Harmonized System Of Classification And Labelling Of Chemicals (GHS)*
Sumber: Cameron, 2016

Penggunaan simbol bahaya ini dapat diterapkan pada tempat-tempat yang memiliki potensi terjadinya bahaya, seperti halnya yang ditunjukkan Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pemasangan label pada bahan kimia berbahaya
 Sumber: United Nations, 2017

5. Penggunaan Alat Pelindung Diri

Alat Pelindung Diri (APD) atau yang dikenal sebagai *Personal Protective Equipment* (PPE) adalah peralatan keselamatan untuk melindungi diri terhadap potensi bahaya kecelakaan kerja. Bagian tubuh yang rentan untuk diberi perlindungan, antara lain mata, telinga, kulit dan saluran pernapasan.

C. Bahaya Yang Timbul dalam Pekerjaan Las

Bahaya di lingkungan kerja merupakan kondisi atau faktor-faktor lingkungan kerja yang berpotensi menimbulkan penyakit atau gangguan kesehatan akibat kerja serta kecelakaan kerja. Bahaya di tempat kerja timbul karena adanya interaksi antar unsur produksi, yaitu manusia, peralatan, material, proses dan metode kerja. Sumber bahaya dapat berasal dari manusia, peralatan, bahan dan proses produksi, serta prosedur atau sistem kerja.

Berikut ini adalah beberapa bahaya yang bisa ditimbulkan dari kegiatan pengelasan.

1. Cahaya dan Sinar

Cahaya adalah sinar atau terang yang berasal dari hasil proses pengelasan. Cahaya dan sinar las dapat membahayakan mata juru las dan pekerja lain yang ada di sekitar pengelasan. Cahaya las dapat berupa cahaya yang dapat dilihat (cahaya tampak), sinar ultraviolet, dan sinar inframerah.

Sinar ultraviolet adalah sinar yang memiliki resiko paling berbahaya pada mata yaitu rusaknya epitel kornea. Apabila masuk dalam jumlah tertentu akan menimbulkan rasa sakit pada mata, seperti kelilipan atau kemasukan pasir, dan lain sebagainya. Menurut panjang gelombang, sinar ultraviolet dibagi menjadi tiga yaitu sinar UV-A (380–315 nm), sinar UV-B (315–280 nm), dan sinar UV-C (280-10 nm).

Cahaya tampak (*visible light*) merupakan cahaya yang terlihat oleh mata manusia normal dengan panjang gelombang 400–700 nm. Resiko yang dapat dialami oleh mata jika cahaya ini terlalu kuat, yaitu menjadikan mata lelah dan kalau terlalu lama mungkin akan menjadi sakit.

Sinar inframerah merupakan gelombang radiasi elektromagnetik tidak kasat mata yang memiliki panjang gelombang 700 nm dan 1 mn. Akibat dari paparan sinar infra merah terhadap mata sama dengan pengaruh panas, yaitu akan menimbulkan pembengkakan pada kelopak mata, terjadinya penyakit kornea, dan kerabunan.

2. Arus Listrik

Bahaya yang ditimbulkan dari arus listrik, yaitu dapat menimbulkan luka bakar, kerusakan organ dalam tubuh, hingga kematian. Besarnya kejutan yang timbul karena listrik tergantung pada besarnya arus dan keadaan badan manusia. Menurut penelitian yang telah dikemukakan oleh Dr. Hanz Prinz (dalam Burhan, dkk., 2018) batasan-batasan arus yang mempengaruhi manusia dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Batasan-batasan arus listrik dan pengaruhnya pada manusia.

No	Besar arus	Dampak
1	0 – 0,9 A	Tidak berpengaruh dan tidak menimbulkan reaksi.
2	0,9 – 1,2 A	Terasa ada arus listrik, namun tidak menimbulkan kejang, kontraksi, dan kehilangan control.
3	1,2 – 1,6 A	Mulai terasa ada aliran listrik pada tangan.
4	1,6 – 6,0 A	Tangan sampai siku mulai kesemutan.
5	6,0 – 8,0 A	Tangan mulai kaku dan terasa kesemutan.
6	13 – 15 A	Rasa sakit tak tertahankan, penghantar masih dapat dilepaskan dengan gaya yang besar sekali.

No	Besar arus	Dampak
7	15 – 20 A	Mulai lemas dan otot tidak dapat melepaskan penghantar.
8	20 – 50 A	Merusak organ tubuh manusia.
9	50 – 100 A	Dapat mengakibatkan kematian.

Sumber: Puhrani Burhan, Sunu Hasta W, Setia Graha dan M Ali Watoni, 2018

3. Debu dan Gas dalam Asap Las

Debu dan asap dari proses pengelasan sangat berbahaya bagi sistem pernafasan kita. Jila terkena mata, asap pengelasan dapat menyebabkan mata terasa pedih dan sakit. Jika terhirup, asap beracun ini juga bisa menyebabkan masalah kesehatan, terutama pada saluran pernapasan. Debu dalam asap las besarnya berkisar antara 0,2 μm sampai dengan 3 μm .

4. Bahaya Kebakaran

Kebakaran terjadi karena adanya kontak langsung antara api pengelasan dengan bahan-bahan yang mudah terbakar seperti solar, bensin, gas, cat kertas, dan bahan lainnya yang mudah terbakar.

5. Bahaya Jatuh

Di dalam pengelasan ketika dilakukan pengelasan di tempat yang tinggi akan selalu ada bahaya terjatuh dan kejatuhan sesuatu. Bahaya ini dapat menimbulkan luka ringan ataupun berat, bahkan kematian karena itu usaha pencegahannya harus diperhatikan.

6. Percikan Logam Cair

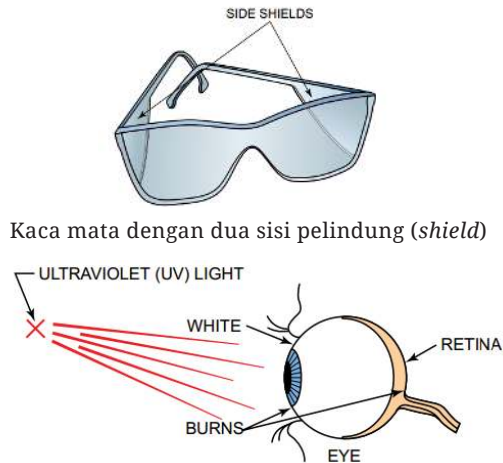
Selama proses pengelasan, tentu akan menimbulkan percikan logam cair yang mengenai kaki, tangan, mata, dada, dan kepala. Percikan ini dapat mengakibatkan luka bakar, bintik-bintik merah pada kulit ataupun sakit pada mata.

D. Jenis dan Fungsi Alat Pelindung Diri (APD)

Setiap melakukan kegiatan pengelasan, alat pelindung diri wajib digunakan untuk menjaga diri dari bahaya akibat proses pengelasan. Alatp pelindung diri pada pengelasan sangat beragam dan memiliki fungsi sendiri-sendiri.

1. Kacamata (*Welding Glasses*)

Kacamata merupakan alat pelindung mata yang dapat melindungi dari percikan bunga api las, sinar las, cairan logam, bahan kimia, debu, non logam, benturan, uap, gas, dan radiasi pada saat melakukan proses pengelasan. Berikut ditunjukkan Gambar 4.10 tentang kaca mata las beserta dampak yang ditimbulkan jika tidak menggunakannya.



Kacamata dengan dua sisi pelindung (*shield*)

Mata dapat terbakar pada bagian putih atau pada retina oleh sinar ultraviolet

Gambar 4.10 Alat pelindung mata dari sinar las.

Sumber: Jeffus, 2012

Setiap pengelasan dengan besar arus listrik yang berbeda tentu dibutuhkan ukuran kaca las yang berbeda juga. Berikut disajikan dalam Tabel 4.4 tentang ukuran kaca las yang digunakan pada beberapa jenis proses pengelasan.

Tabel 4.4 Tingkat Kegelapan (*shade*) Kaca Las

(from AWS F2.2.2001 (R2010), *Lens Shade Selector*)

Shade numbers are given as a guide only and may be varied to suit individual needs.

Process	Electrode Size in (mm)	Arc Current (Amperes)	Minimum Protective Shade	Suggested ^a Shade No. (Comfort)
Shielded Metal Arc Welding (SMAW)	Less Than 3/32 (2.4)	Less than 60	7	-
	3/32-5/32 (2.4-4.0)	60-160	8	10
	5/32-1/4 (4.0-6.4)	160-250	10	12
	More than 1/4 (6.4)	250-550	11	14
Gas Metal Arc Welding (GMAW) and Flux Cored Arc Welding (FCAW)		Less than 60	7	-
		60-160	10	11
		160-250	10	12
		250-500	10	14

Process	Electrode Size in (mm)	Arc Current (Amperes)	Minimum Protective Shade	Suggested ^a Shade No. (Comfort)
Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)		Less than 50	8	10
		50-150	8	12
		150-500	10	14
Air Carbon Arc (Light) Cutting (CAC-A) (Heavy)		Less than 500	10	12
		500-1000	11	14
Plasma Arc Welding (PAW)		Less than 20	6	6 to 8
		20-100	8	10
		100-400	10	12
		400-800	11	14
Torch Brazing (TB)		-	-	3 or 4
Torch Soldering (TS)		-	-	2
Carbon Arc Welding (CAW)		-	-	14

Sumber: ANSI Z49.1:2012 An American National Standard

2. Respirator

Respirator adalah alat pelindung yang digunakan untuk melindungi sistem pernapasan dari kontaminan udara. Respirator atau masker digunakan pada pekerjaan yang memiliki potensi terpaan debu, asap, uap, atau gas beracun. Untuk melindungi diri dari paparan debu dapat menggunakan masker sekali pakai yang terbuat dari katun, kasa, maupun kertas. Sementara untuk melindungi diri dari paparan uap, asap, maupun gas beracun dapat menggunakan respirator seperti yang ditunjukkan Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Penggunaan respirator dalam pengelasan.

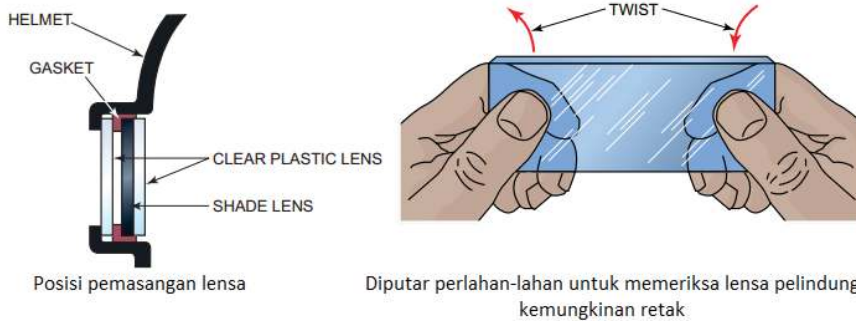
3. Helm Las

Helm las adalah alat yang mempunyai fungsi melindungi seluruh bagian wajah dari percikan las, panas pengelasan, dan sinar las ke bagian mata. Topeng las terbuat dari bahan plastik yang tahan panas, selain itu terdapat tiga kaca (bening, hitam, bening) yang berfungsi untuk melindungi mata dari bahaya sinar tampak dan ultraviolet ketika melakukan pekerjaan pengelasan seperti yang ditunjukkan Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Helm las.

Kaca las listrik mempunyai pengkodean nomor, yaitu nomor 6, 7, 8, 10, 11, 12, dan 14. Semakin besar ukurannya, maka densitas atau kegelapan kaca tersebut juga semakin tinggi. Jadi, kalian dapat menyesuaikan yang cocok dengan kondisi mata Anda. Pada Gambar 4.13 ditunjukkan bagaimana posisi pemasangan kaca las.



Posisi pemasangan lensa

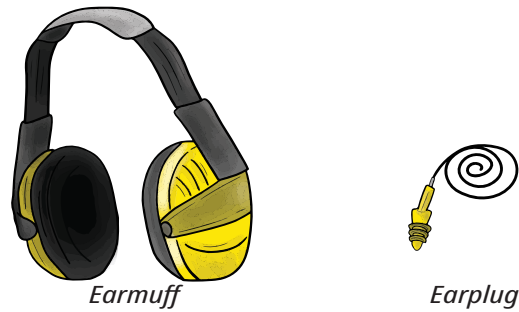
Diputar perlahan-lahan untuk memeriksa lensa pelindung kemungkinan retak

Gambar 4.13 Pemasangan kaca las.

Sumber: Jeffus, 2012

4. Alat Pelindung Pendengaran (*Hearing Protection*)

Alat pelindung pendengaran adalah alat yang digunakan untuk melindungi telinga dari suara bising. Lingkungan pengelasan bisa sangat bising. Tingkat suara yang tinggi bisa menyebabkan rasa sakit dan gangguan pendengaran. Percikan api panas juga bisa jatuh ke telinga terbuka dan menyebabkan luka bakar. Pelindung telinga tersedia dalam dua bentuk yaitu pelindung telinga yang menutupi semua bagian telinga (*earmuff*) dan penyumbat telinga yang masuk ke dalam saluran telinga (*earplug*) seperti yang diperlihatkan Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Pelindung telinga: *earplug* dan *earmuff*.

Earplug terbuat dari bahan lunak dan lembut agar tidak melukai telinga saat dipakai. *Earmuff* bisa digunakan berkali-kali dan *earplug* hanya sekali pakai.

5. Sarung Tangan Las (*Safety Gloves*)

Sarung tangan las adalah Alat Pelindung Diri (APD) yang digunakan untuk melindungi seluruh bagian tangan hingga ke jari-jari selama melakukan pekerjaan tertentu. Sarung tangan las berfungsi untuk melindungi tangan dari percikan bunga api saat proses pengelasan seperti yang ditunjukkan Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Sarung tangan las dan penggunaannya pada waktu pengelasan.

Sumber: Rika dan Banerjee, 2021



6. *Safety Shoes* (Sepatu Las)

Sepatu las adalah alat pelindung diri yang digunakan untuk melindungi jari-jari kaki dari benda keras atau panas. *Safety shoes* terbuat dari kulit dan bagian depan sepatu terdapat sebuah plat baja (*steel*) yang sangat efektif untuk melindungi kaki dari kejatuhan benda yang berat, percikan api las dan benda yang tajam seperti yang diperlihatkan Gambar 4.16. Karena kulit bersifat isolator, maka sepatu ini dapat melindungi dari bahaya sengatan listrik.



Gambar 4.16 Sepatu las dan penggunaannya

7. Apron Welding

Pakaian kerja las atau *apron welding* adalah pakaian yang digunakan untuk melindungi seluruh bagian tubuh dari panas dan percikan las. Jenis bahan yang digunakan harus memiliki sifat tahan panas dan tidak mudah terbakar. Jenis bahan pakaian kerja umumnya terbuat dari kulit seperti yang ditunjukkan Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Pakaian kerja las
Sumber: Bryant, 2011

Jaket las berfungsi melindungi tubuh dari percikan las, dan radiasi panas pada proses pengelasan. Sementara cellemek las (*welding aprons*) digunakan untuk melindungi tubuh bagian depan dari paparan panas dan percikan.

8. Welding Sleeve (Pelindung Tangan Las)

Pelindung tangan las atau selubung lengan merupakan bagian dari alat pelindung tubuh (helm dan apron). Pelindung tangan las digunakan untuk melindungi tangan dari sengatan listrik, panas yang ekstrem, radiasi ultraviolet dan inframerah, serta memberikan ketahanan abrasi dan cengkraman yang lebih baik saat melakukan pengelasan. Selain itu pelindung tangan las juga



Gambar 4.18 Welding Sleeve

bisa digunakan untuk melindungi tangan dari percikan api, logam panas, debu, kotoran, minyak, tangan terbentur, terjepit di antara dua benda, hingga terpotong secara tidak sengaja. Pada Gambar 4.18 ditunjukkan penggunaan *welding sleeve* pada saat proses pengelasan.

9. Penutup Sepatu Las (*Welding Shoes*)

Penutup sepatu adalah alat pelindung diri yang digunakan untuk melindungi pergelangan kaki sekaligus sebagai pelindung sepatu supaya efek dari percikan las dan kotoran las yang ditimbulkan pada saat proses pengelasan tidak menyebabkan rusaknya kulit sepatu. Bahan yang digunakan untuk penutup kaki terbuat dari denim dan dilengkapi tali pengikat seperti yang ditunjukkan Gambar 4.19.



Gambar 4.19 *Welding Shoes*

10. Topi Las/Pelindung Kepala (*Leather Welding Cap*)

Topi las adalah alat pelindung diri yang digunakan untuk melindungi kepala dari percikan api las, debu, asap pengelasan dan material lain yang secara langsung mengenai kepala. Pada Gambar 4.20 diperlihatkan topi las beserta penggunaannya.



Gambar 4.20 Topi las dan penggunaannya

E. Penyebab Kecelakaan Kerja

Kecelakaan merupakan kejadian yang tidak dikehendaki dan tidak terduga yang dapat terjadi dimana saja dan kapan saja serta menimbulkan korban baik dari manusia atau harta benda. Secara umum sumber kecelakaan kerja yaitu akibat tindakan tidak aman dari pekerja (*Unsafe Act*) dan kondisi tidak aman di lapangan/tempat kerja (*Unsafe Condition*).

1. Tindakan Tidak Aman (*Unsafe Action*)

Perbuatan tidak aman merupakan suatu tindakan yang tidak aman dan dapat menimbulkan potensi bahaya kecelakaan kerja bagi dirinya sendiri maupun orang lain. Kondisi tindakan yang tidak aman diakibatkan karena seseorang yang tidak memakai APD dan tidak mematuhi peraturan atau prosedur yang ada. Berikut adalah contoh perbuatan tidak aman ketika bekerja :

- a. Tidak menggunakan APD sesuai dengan jenis pekerjaan dan risiko bahaya yang timbul, contoh: *safety shoes*, helm las, apron, kacamata las, sarung tangan, dan lain-lain.
- b. Melakukan tindakan yang tidak sesuai dengan prosedur kerja atau ceroboh
- c. Kurangnya pengetahuan dan keterampilan terhadap potensi bahaya dalam bidang pekerjaannya
- d. Mental dan fisik yang kurang siap dengan jenis pekerjaannya.

Pada Gambar 4.21 diperlihatkan seorang juru las (*welder*) tidak menggunakan kacamata las/topeng las pada saat melakukan pengelasan dan ini sangat membahayakan bagi kesehatan mata.



Gambar 4.21 Mengelas tanpa menggunakan kacamata/helm lasa merupakan tindakan tidak aman yang dilakukan oleh *welder* saat mengelas

2. Kondisi Tidak Aman (*Unsafe Condition*)

Kondisi tidak aman merupakan kondisi lingkungan baik fisik maupun keadaan yang dapat menimbulkan potensi bahaya yang secara langsung maupun tidak langsung dapat mengakibatkan kecelakaan kerja seperti yang diperlihatkan Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Bekerja di ketinggian merupakan kondisi tidak aman dalam bekerja
Sumber: Dekker, 2022

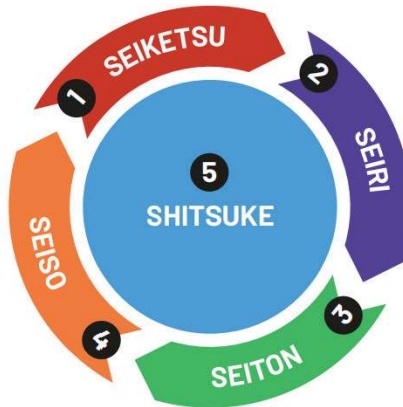
Dalam bekerja tentu bisa kalian jumpai kondisi lingkungan kerja yang dapat menimbulkan bahaya. Berikut ini contoh kondisi yang tidak aman untuk bekerja.

- a. Tidak adanya rambu-rambu K3 di tempat kerja.
- b. Penempatan bahan, alat, dan mesin yang tidak sesuai.
- c. Sarana dan prasarana yang tidak sesuai dengan standar minimal kerja.
- d. Peralatan K3 yang kurang memadai.
- e. Kurangnya pengelolaan dan penanganan lingkungan yang berpotensi bahaya.

Secara langsung kecelakaan menimbulkan penderitaan pada korban serta menimbulkan kesedihan bagi keluarga serta teman. Di sisi lain, akibat tidak langsung adalah kecelakaan menimbulkan kekacauan organisasi (perusahaan), yaitu berhentinya proses produksi saat terjadinya kecelakaan.

F. Penerapan Budaya Kerja Industri 5R

Perkembangan industri di Indonesia sangat pesat dan tuntutan terhadap peningkatan kualitas lulusan pendidikan kejuruan terus berkembang seiring dengan perkembangan dunia industri yang sudah memasuki era Revolusi Industri 4.0. Sekolah kejuruan sebagai tempat pendidikan dan proses belajar harus dirancang untuk menyerupai tempat kerja di dunia industri dan atau dunia usaha, baik peralatannya, sarana prasarana pendukungnya, keterampilan penggunaan alat kerja dan mesin produksi, maupun budayanya. Pada Gambar 4.23 ditunjukkan metode penataan dan pemeliharaan tempat kerja secara intensif yang bersal dari Jepang. Metode ini digunakan untuk memelihara ketertiban, efisiensi, dan kedisiplinan di lokasi kerja sekaligus meningkatkan kinerja perusahaan/tempat kerja secara menyeluruh.



Gambar 4.23 Alur Budaya 5S
 Sumber: Arief Rahman, dkk, 2018

Adapun prinsip budaya kerja yang diterapkan di industri, yaitu prinsip 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) atau 5R (Ringkas-Rapuh-Resik-Rawat-Rajin). 5S adalah perangkat yang dapat meningkatkan mutu produk dan tempat kerja.

Budaya kerja merupakan sebuah kebiasaan dalam suatu kelompok yang tercermin dalam sikap dan menjadi perilaku tindakan yang terwujud sebagai kerja. Budaya kerja 5S tidak hanya baik digunakan untuk memperbaiki kualitas lingkungan kerja, tapi juga dapat memperbaiki cara berpikir karyawan terhadap pekerjaannya (Viviyanti, 2008). Untuk memahami lebih jauh mengenai penerapan 5S dalam bekerja, silahkan kalian pahami dan cermati penjelasan berikut ini.

1. Budaya Kerja 5S

Perlu diketahui bahwa saat ini, program 5S telah banyak diadopsi oleh berbagai industri di berbagai negara. 5S adalah landasan untuk membentuk perilaku manusia agar memiliki kebiasaan (*habit*) mengurangi pemborosan di tempat kerjanya.

Program 5S pertama kali diperkenalkan di Jepang sebagai suatu gerakan kebulatan tekad untuk mengadakan pemilahan (*seiri*), penataan (*seiton*), pembersihan (*seiso*), penjagaan kondisi yang mantap (*seiketsu*), dan kesadaran diri akan kebiasaan yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan dengan baik (*shitsuke*). Masing-masing S dalam budaya kerja 5S beserta penjelasannya dijelaskan di bawah ini.

a. 1S – *Seiri*

Seiri merupakan merupakan kegiatan menyingkirkan barang-barang yang tidak diperlukan sehingga segala barang yang ada di lokasi kerja

hanya barang yang benar-benar dibutuhkan dalam aktivitas kerja. Kegiatan ini bertujuan agar tempat kerja terlihat lebih teratur dan rapi.

Langkah awal kegiatan seiri dikenal dengan istilah *Red Tag Strategy*, yaitu menandai barang-barang yang sudah tidak berguna dengan label merah (*red tag*) agar mudah dibedakan dengan barang-barang yang masih berguna. Sedangkan untuk barang yang tidak diperlukan namun tidak dapat dipindahkan tandai dengan label warna kuning (*yellow tag*). Barang-barang dengan label merah kemudian disingkirkan dari tempat kerja. Semakin ramping (*lean*) tempat kerja dari barang-barang yang tidak dibutuhkan, maka akan semakin efisien tempat kerja tersebut. Pada Gambar 4.24 ditunjukkan label merah dan kuning yang digunakan untuk identifikasi barang-barang yang tidak diperlukan.

The image shows two labels used for inventory management. The left label is yellow and titled 'YELLOW TAG Item Sementara'. It includes fields for 'Tanggal', 'Nama item', 'Ditandai oleh', and 'Lokasi item'. Below these is a section 'ALASAN:' with five checkboxes: 'Diperlukan insidental', 'Belum ada tempat yang tetap', 'Menunggu perbaikan', 'Tidak berfungsi & Belum ada TPSnya', and 'Lainnya'. The right label is red and titled 'RED TAG Item TIDAK Diperlukan'. It has the same fields as the yellow tag. Below is a section 'LANGKAH YANG DIAMBIL:' with six checkboxes: 'Dibuang/Dihancurkan', 'Diajukan Pemusnahan Terpusat', 'Simpan di TPS', 'Dikembalikan ke:', 'Diperbaiki', and 'Lainnya:'. At the bottom is an 'ALASAN:' section with four checkboxes: 'Rusak/Tidak bisa digunakan', 'Sisa', 'Tidak diperlukan lagi', 'Barang tua', and 'Lainnya'.

Gambar 4.24 Kartu label.

Sumber: Ismara, dkk, 2020

b. 2S – Seiton

Seiton adalah penataan barang yang berguna agar mudah dicari, dan aman, serta diberi indikasi. Segala sesuatu harus diletakkan sesuai posisi yang ditetapkan sehingga siap digunakan pada saat diperlukan.

Dalam penataan dikenal istilah *Signboard Strategy*, yaitu menempatkan barang-barang berguna secara rapih dan teratur kemudian diberikan indikasi atau penjelasan tentang tempat, nama barang, dan berapa banyak barang tersebut agar pada saat akan digunakan barang tersebut mudah dan cepat diakses. *Signboard strategy* mengurangi pemborosan dalam bentuk gerakan mondar-mandir mencari barang.

c. 3S – Seiso

Seiso adalah pembersihan dan pemeriksaan barang yang telah ditata dengan rapi agar tidak kotor, termasuk tempat kerja dan lingkungan serta mesin, baik mesin yang *breakdown* maupun dalam rangka program *preventive maintenance* (PM). Sebisa mungkin tempat kerja dibuat bersih dan bersinar seperti ruang pameran agar lingkungan kerja sehat dan nyaman sehingga mencegah motivasi kerja yang turun akibat tempat kerja yang kotor dan berantakan.

Prinsip penerapan Seiso :

- 1) Membersihkan sekaligus memeriksa
- 2) Mendeteksi sumber-sumber kotoran
- 3) Melakukan tindakan koreksi terhadap penyimpangan
- 4) Mencegah penyimpangan yang pernah atau belum terjadi

d. 4S – Seiketsu

Seiketsu adalah kegiatan penjagaan lingkungan kerja yang sudah rapi dan bersih menjadi suatu standar kerja. Keadaan yang telah dicapai dalam proses *seiri*, *seiton*, dan *seiso* harus distandardisasi. Standar-standar ini harus mudah dipahami, diimplementasikan ke seluruh anggota organisasi, dan diperiksa secara teratur dan berkala.

Prinsip penerapan Seiketsu :

- 1) Penerapan visual kontrol
- 2) Visualisasi standar kerja di area kerja
- 3) Standardisasi atribut kerja/label (contoh: penggunaan kartu tanda pengenalan, topi, pakaian seragam APD)
- 4) Standardisasi rambu-rambu K3
- 5) Standardisasi indikator warna/ penerapan warna

e. **5S – Shitsuke**

Shitsuke adalah penyadaran diri akan etika kerja :

- 1) Disiplin terhadap standar,
- 2) Saling menghormati,
- 3) Malu melakukan pelanggaran, dan
- 4) Senang melakukan perbaikan.

Prinsip penerapan Shitsuke :

- 1) Pembiasaan melakukan pekerjaan dengan benar secara berulang-ulang.
- 2) Lakukan yang harus dilakukan.
- 3) Jangan melakukan yang tidak boleh / tidak harus dilakukan.

Pada Gambar 4.25 ditunjukkan poster tentang budaya 5S/5R di ruang praktik SMK.





Gambar 4.25 Budaya 5S/5R di ruang praktik SMK
Sumber: Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan, 2021

2. Konsep 5S

Perlu kalian ketahui bahwa lebih dari 40% dari waktu dalam kehidupan manusia dihabiskan di tempat kerja 8 jam dari 24 jam sehari dihabiskan di tempat kerja, belum lagi kerja lembur. Kegiatan ini sangatlah memprihatinkan bila kita tidak mampu menikmati kegembiraan pada saat-saat bekerja, karena 40% kehidupan kita terasa membosankan. Salah satu cara memberikan keceriaan di tempat kerja dan dalam kehidupan kerja melalui penerapan 5R atau 5S.

Pendidikan SMK sebagai institusi yang membekali siswanya menjadi tenaga kerja yang siap kerja sesuai standar industri berupaya menerapkan budaya 5S ini agar terciptanya kondisi belajar yang serupa dengan kondisi yang berlangsung di industri.

Budaya kerja 5S merupakan sistem kerja yang berwawasan efektifitas berbasis pada budaya industri yang spesifik. Sistem ini memadukan profesionalitas dan efektifitas kerja guna memenuhi tujuan tujuan industri yang aman, efektif, dan efisien dari segi kebiasaan kerja dan fitur personil yang menjadi bagian penting dari dunia industri. Pengadaan dan penggunaan sarana praktik di sekolah akan diarahkan pada penerapan prinsip budaya kerja 5S di industri.

3. Penerapan Budaya Kerja 5S

5R atau 5S merupakan metode untuk mengatur, mengelola dan pemeliharaan wilayah kerja secara intensif agar lebih baik secara berkelanjutan. Penerapan 5R oleh manajemen dalam rangka untuk memelihara ketertiban, efisiensi, kualitas dan disiplin di lokasi kerja sekaligus meningkatkan kinerja.

a. Sasaran Penerapan 5S

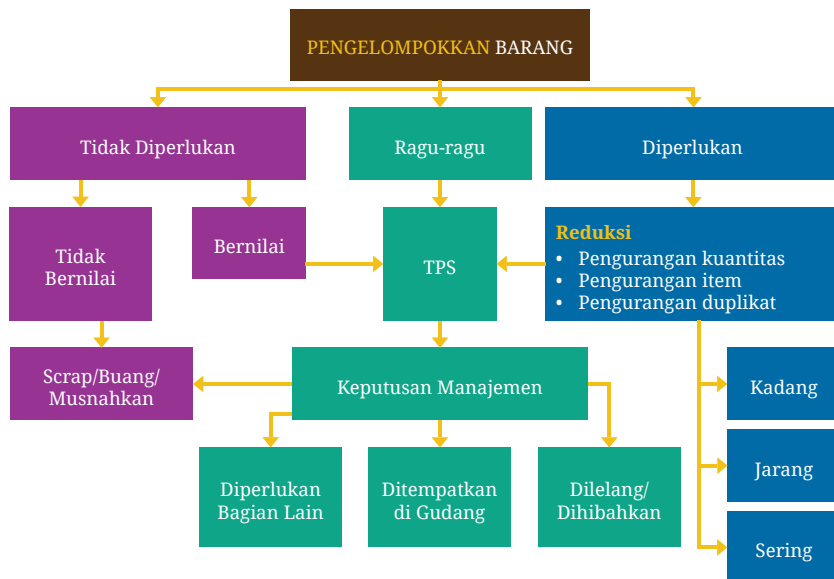
- 1) Mewujudkan tempat kerja yang nyaman dan pekerjaan yang menyenangkan.
- 2) Melatih manusia pekerja yang mampu mandiri mengelola pekerjaannya.
- 3) Mewujudkan perusahaan bercitra positif di mata pelanggan tercermin dari kondisi tempat kerja.
- 4) Konsep 5S ini sederhana namun membutuhkan kesadaran dan komitmen untuk melaksanakannya

Menurut Hiroyuki Hirano (1996), penerapan 5S di tempat kerja meliputi :

1) **Seiri atau Ringkas/Sisih**

Kegiatan membuang barang-barang yang tidak perlu sehingga semua barang yang digunakan hanyalah yang benar-benar dibutuhkan. Dengan menerapkan Seiri maka ruang kerja menjadi lebih luas dan menjadi lebih nyaman.

Pada Gambar 4.26 diperlihatkan alur proses pengelompokan barang supaya mudah dalam menemukan barang yang diinginkan.



Gambar 4.26 Skema alur pengelompokan barang.

Sumber: Ismara, dkk, 2020

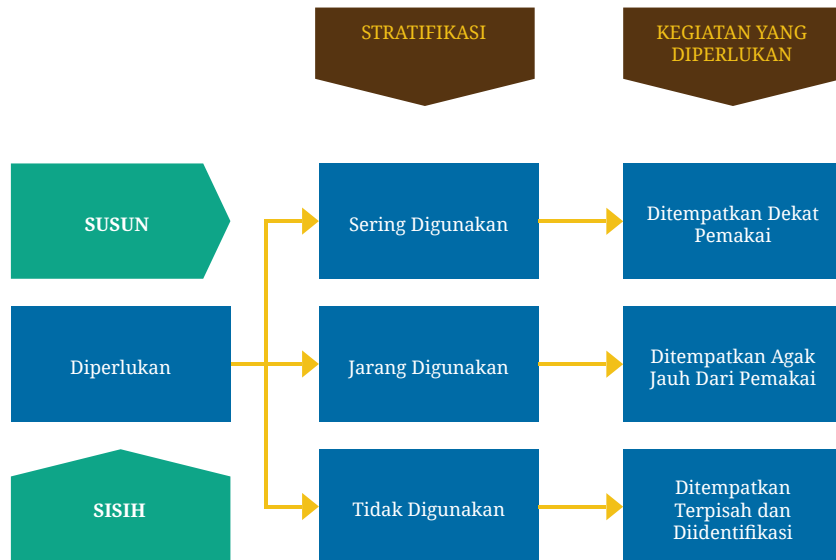
Tabel 4.5 Peralatan dan Barang yang diberi tanda label merah (*red tag*)

No	Nama Item	Jumlah	Alasan	Tanggal dan Waktu	Tindakan
1	Surat jalan	3	Rusak	-	Dibuang
2	Kartu stock barang baru	>100	Tidak diperlukan	-	Kembali ke TPS
3	Kartu stock barang habis	15	Tidak diperlukan	-	Kembali ke TPS
4	Meteran	1	Rusak	-	Dibuang
5	Map	1	Cacat	-	Dibuang
6	Komputer, mouse, keyboard	1	Rusak	-	Kembali ke TPS
7	Kursi	5	Cacat	-	Kembali ke TPS
8	Barang retur/reject	<i>Overload</i>	Tidak diperlukan	-	Kembali ke TPS

Keterangan : TPS (Tempat Pembuangan Sementara)

2) *Seiton* atau Rapi

Dengan menerapkan *seiton*, maka setiap barang yang diperlukan mudah dicari dan mudah dalam penyimpanan. Pada Gambar 4.27 diperlihatkan alur proses penyusunan barang yang benar supaya mudah dalam mencari barang-barang yang diperlukan.



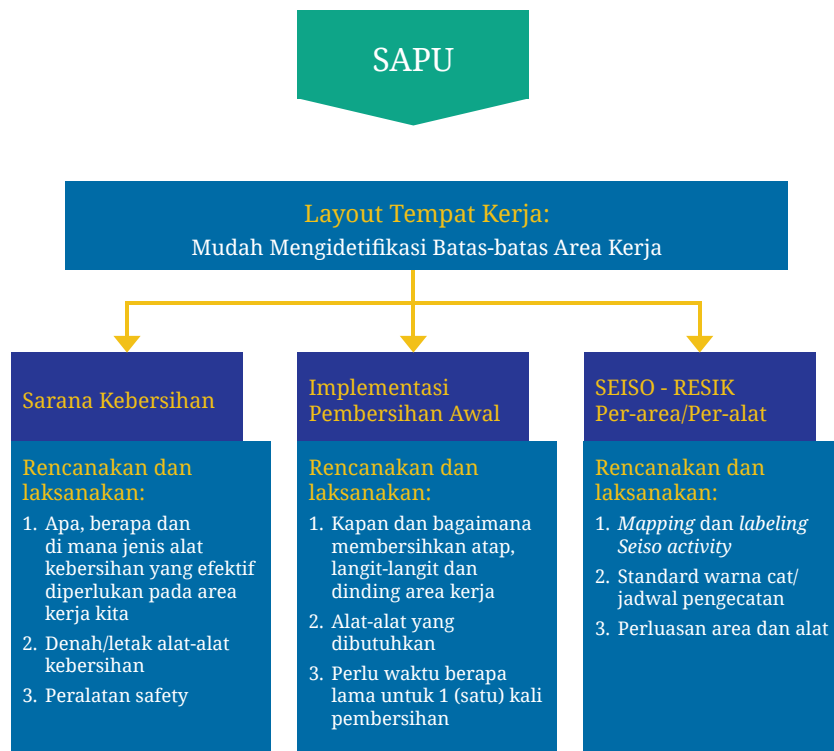
Gambar 4.27 Skema alur penyusunan barang.

Sumber: Ismara, dkk, 2020

3) **Seiso atau Resik**

Seiso (Resik) memiliki arti pembersihan yang berarti membersihkan yang telah ditata dengan rapi agar tidak kotor, termasuk tempat kerja dan lingkungan kerja beserta mesin, baik mesin *breakdown* maupun dalam rangka program *Preventive Maintenance* (PM). Sebisa mungkin tempat kerja dibuat bersih dan bersinar seperti ruang pameran agar lingkungan kerja sehat dan nyaman sehingga mencegah motivasi bekerja menurun akibat tempat kerja yang kotor dan berantakan.

Pada Gambar 4.28 ditunjukkan alur untuk melakukan kegiatan *seiso* atau resik.



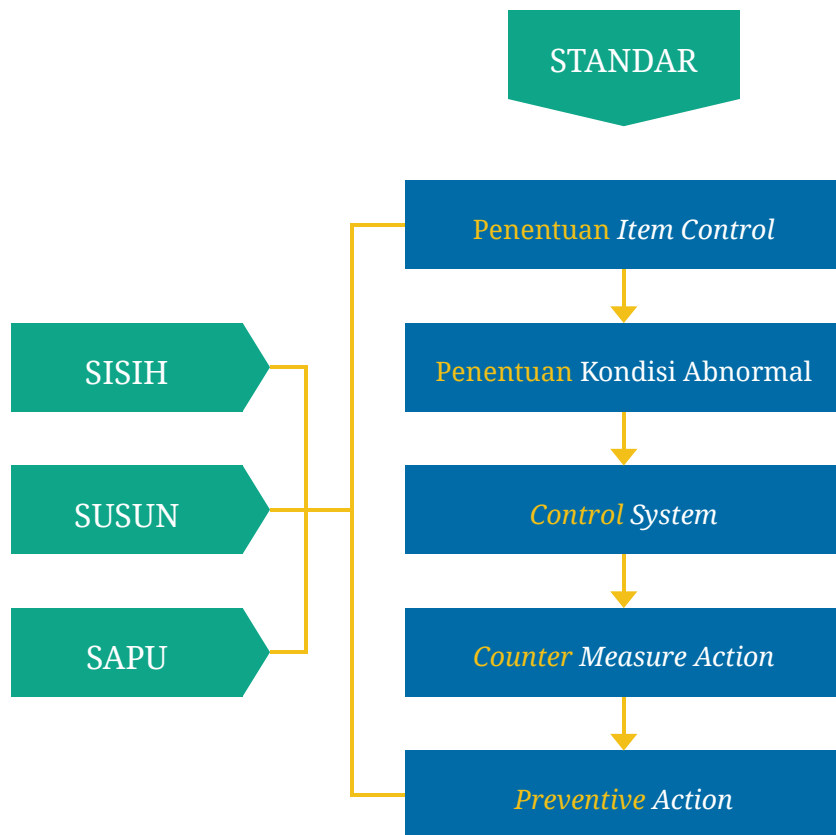
Gambar 4.28 Alur proses kebersihan (*seiso*)

Sumber: Ismara, dkk, 2020

4) **Seiketsu atau Rawat**

Rawat (*Seiketsu*) adalah penjagaan lingkungan kerja yang sudah rapi dan bersih menjadi suatu standar kerja. Keadaan yang telah dicapai dalam proses *Seiri*, *Seiton* dan *Seiso* harus distandardisasi. Standar-standar ini harus mudah dipahami, diimplementasikan ke seluruh anggota organisasi, dan diperiksa secara teratur.

Pada Gambar 4.29 ditunjukkan prosedur perawatan lingkungan agar tetap rapi dan bersih.



Gambar 4.29 Prosedur penjagaan lingkungan kerja agar rapi dan bersih
Sumber: Ismara, dkk, 2020

5) **Shitsuke** atau **Rajin (disiplin)**

Shitsuke merupakan pembiasaan (habit) secara terus menerus dan penyadaran diri akan etika/sikap kerja.

Dalam rangka menciptakan pembiasaan yang baik secara terus menerus, diperlukan prosedur yang diwujudkan dalam sebuah skema pembiasaan 5S seperti yang ditunjukkan Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Diagram alur pembiasaan 5S
 Sumber: Ismara, dkk, 2020

Contoh pembiasaan yang baik yaitu menggunakan media publikasi yang terdiri dari tulisan, gambar ataupun kombinasi antar keduanya seperti yang diperlihatkan Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Kondisi sebelum dan sesudah penerapan 5S di lingkungan kerja
 Sumber: Siddiqui, 2021

Contoh berikutnya dengan slogan yang merupakan kalimat pendek dan mudah diingat serta dapat membangkitkan daya tarik serta semangat untuk mengajak orang untuk melakukan atau tidak melakukan suatu tindakan. Slogan dibuat dengan tujuan agar setiap orang terlibat dalam kegiatan 5R seperti yang ditunjukkan Gambar 4.32.



SHITSUKE - Disiplin



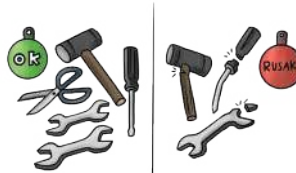
SEIKETSU - Rawat



SEISOU - Resik



SEITON - Rapi



SEIRI - Ringkas

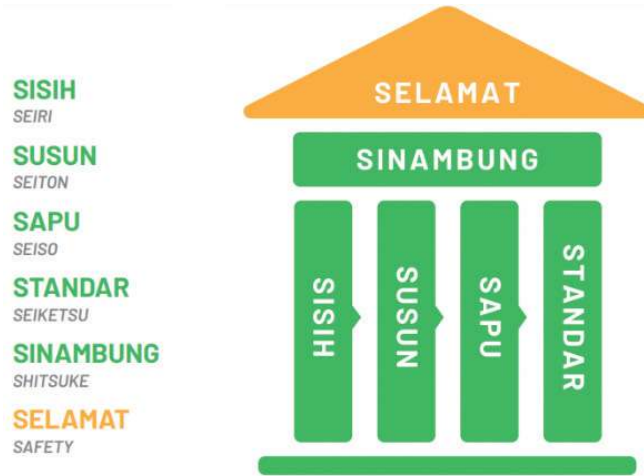
Gambar 4.32 Slogan 5S didalam bekerja.

b. Manfaat Penerapan 5S di Tempat Kerja

Manfaat dan keuntungan penerapan prinsip 5S yaitu terletak pada perubahan sikap, tingkah laku atau pola pikir manajemen dan pekerjaan terhadap peningkatan mutu dan produktivitas. Perubahan itu dapat dilihat dari perbaikan atau penyempurnaan secara bertahap yang berkesinambungan (*continues improvement process*).

c. Pilar Utama 5S

Konsep dasar 5R / 5S adalah adanya proses perubahan sikap dengan cara menerapkan aspek penataan, kebersihan dan kedisiplinan di tempat kerja. Dengan menerapkan prinsip “*A place for everything and every thing in its place*” maka setiap anggota organisasi dibiasakan bekerja dalam lingkungan kerja dengan standar tempat yang jelas. Pad Gambar 4.33 ditunjukkan 4 pilar dalam penerapan 5S+S.



Gambar 4.33 4 pilar utama program 5S+.
Sumber: Arief Rahman,dkk, 2018

4. Etika kerja

Dengan memiliki etika kerja yang baik, maka akan menjadikan individu ataupun kelompok untuk menilai apakah tindakan-tindakan yang telah dikerjakannya itu salah atau benar, buruk atau baik.

Etika dapat diartikan sebagai sikap, pandangan, kebiasaan, ciri-ciri atau sifat mengenai cara bekerja yang dimiliki seseorang.



Uji Kompetensi

Setelah kalian membaca dan memahami mengenai keselamatan, kesehatan kerja, lingkungan hidup dan budaya kerja di industri tentunya hal ini akan menambah wawasan dan kemandirian kalian dalam bekerja yang benar. Untuk menambah wawasan kalian silahkan kerjakan tugas-tugas di bawah ini.

Soal pilihan ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat

1. Sinar las pada proses las busur manual yang dapat mengakibatkan pembengkakan pada kelopak mata, terjadinya penyakit pada kornea dan kerabunan adalah
 - a. Sinar X
 - b. Sinar ultra violet
 - c. Sinar tampak
 - d. Sinar infra merah
 - e. Sinar terang

2. Berikut ini hal yang tidak termasuk dalam sasaran diterapkannya K3LH di suatu usaha/industri/laboratorium yaitu
 - a. Menjamin keselamatan operator dan orang lain
 - b. Menjamin penggunaan peralatan aman dioperasikan
 - c. Menjamin proses produksi aman dan lancar
 - d. Menjamin terlaksananya perintah UU K3
 - e. Menjamin lingkungan kerja tetapa bersih dan nyaman
3. Berikut ini adalah prinsip dasar pemilihan pakaian kerja di laboratorium/*workshop*, yaitu
 - a. Pakaian kerja yang mudah dibersihkan (*washable*)
 - b. Pakaian kerja yang bentuknya menyesuaikan kondisi badan pengguna
 - c. Pakaian mudah menyebabkan panas
 - d. Pakaian kerja yang tidak maksimal menyerap keringat
 - e. Pakaian kerja yang selalu mengikuti tren busana
4. Berikut adalah hal-hal yang perlu diperhatikan dalam cara bekerja yang aman sehingga penampilan diri ketika kerja selalu baik, yaitu
 - a. Menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) sesuai dengan fungsinya
 - b. Menerapkan Konsep 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, dan Rajin) dalam bekerja terutama setelah selesai melakukan pekerjaan
 - c. Bekerja tanpa harus sesuai prinsip ergonomis
 - d. Langkah dan urutan kerja dibuat fleksibel serta tidak selalu mengikuti prosedur operasi baku (SOP)
 - e. Tidak perlu adanya persiapan sebelum bekerja
5. Alat pelindung kebisingan yang hanya menutupi lubang telinga saja disebut
 - a. *Earmuff*
 - b. *Earplug*
 - c. *Headset*
 - d. *Headphone*
 - e. Helm

6. Fungsi alat pelindung diri di bawah adalah



- a. Pelindung telinga secara keseluruhan
 - b. Pelindung telinga sebagian
 - c. Pelindung telinga dari suara
 - d. Pelindung diri dari bahaya gas
 - e. Pelindung diri dari cairan
7. Timbulnya kecelakaan kerja dapat disebabkan oleh
- a. Kondisi yang tidak aman
 - b. Kondisi aman
 - c. Lingkungan yang luas
 - d. Jarak yang terlalu jauh
 - e. Ruang yang terlalu luas
8. Bertujuan untuk memilih atau meringkas barang-barang. Hal ini merupakan penerapan prinsip 5S yaitu
- a. Seiton
 - b. Seiri
 - c. Seiso
 - d. Seiketsu
 - e. Shitsuke
9. Tujuan dari budaya kerja 5S *seiketsu* yaitu
- a. Menjaga ruangan tetap bersih, sehat dan nyaman
 - b. Menata barang yang berguna secara rapi dan teratur
 - c. Memilah barang (alat dan bahan) yang diperlukan
 - d. Merawat supaya kondisi lingkungan kerja tetap baik
 - e. Membudayakan disiplin diri dan berani mengubah perilaku ke arah yang lebih baik

10. Pencehayaan yang tidak baik dapat menyebabkan
 - a. Kelelahan pada otot dan saraf mata
 - b. Menghindarkan pekerja dari potensi bahaya
 - c. Sistem cahaya menjadi berubah
 - d. Kelelahan psikologi pekerja
 - e. Kecelakaan pada seluruh tubuh
11. Syarat-syarat helm untuk alat pelindung diri yaitu...
 - a. Mudah rusak, mudah pecah
 - b. Tidak kuat, berumur pendek
 - c. Bahan mudah pecah, nyaman dipakai
 - d. Tidak meredam kejutan, mudah disesuaikan
 - e. Tahan benturan, mampu meredam kejutan, tidak mudah terbakar
12. Dibawah ini yang termasuk manfaat dari penerapan K3LH bagi perusahaan yaitu...
 - a. Mencegah kecelakaan ditempat kerja
 - b. Meningkatkan jumlah tenaga kerja atas hak keselamatannya
 - c. Menjamin tempat kerja rapi
 - d. Menjaga tubuh tetap kuat
 - e. Memelihara sumber produksi secara fleksibel
13. Suatu kondisi dimana terciptanya suatu kerja yang aman baik berupa materiil maupun nonmaterial adalah definisi dari...
 - a. Lingkungan hidup
 - b. APD
 - c. Kesehatan
 - d. Keamanan
 - e. Kecelakaan
14. Alat yang digunakan untuk melindungi kaki dari benda tajam , jalan yang licin sertabkejatuhan benda yang berat disebut...
 - a. *Hand skin*
 - b. *Earplug*
 - c. *Safety shoes*
 - d. *Body protector*
 - e. *Helmet*

15. Dibawah ini yang termasuk 4 bahaya kimia adalah
- a. Listrik, debu, api, air
 - b. Gas, debu, asap, cairan
 - c. Debu, uap, api, air
 - d. Uap, Listrik, api, air
 - e. Air, debu, cairan, listrik

Tugas Kelompok

1. Bentuklah kelompok maksimal 5 orang.
2. Cermati permasalahan yang akan didiskusikan, antara lain :
 - a. Mengapa pekerja usaha bidang pengelasan dan fabrikasi logam perlu mengetahui konsep dasar K3?
 - b. Bagaimana membudayakan K3 di lingkungan sekolah maupun di rumah ?
3. Diskusikan dengan kelompok kalian.
4. Presentasikan pada teman sekelas kalian!

Soal esai

Jawablah dengan benar dan tepat

1. Jelaskan yang dimaksud dengan Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan apa saja cakupannya?
2. Berilah 2 contoh program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di suatu perusahaan!
3. Jelaskan yang dimaksud dengan Program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan bagaimana Anda mewujudkan program tersebut agar sesuai dengan target!
4. Apa yang dimaksud dengan kondisi tidak aman (*unsafe condition*)?
5. Apa yang dimaksud dengan tingkat kebisingan?

Soal uraian singkat

Jawablah dengan ringkas dan benar

1. Apa yang dimaksud dengan etika kerja?
2. Identifikasilah aspek-aspek yang dapat mempengaruhi lingkungan kerja.
3. Tentukan sumber bahaya di tempat kerja bidang pengelasan.
4. Apa yang kalian ketahui tentang budaya 5S dalam bekerja.
5. Apa manfaat menerapkan budaya 5S dalam bekerja.

6. Bagaimana langkah-langkah dalam menerapkan resik di lingkungan kerja.
7. Manfaat yang didapat ketika menerapkan resik.
8. Apa manfaat yang didapat dari pemberian label terhadap semua barang yang ada di tempat kerja.
9. Standart apa saja yang perlu dijaga dalam penerapan rapi.
10. Tuliskan 4 contoh dari aktivitas Seiri dalam bekerja.



Pengayaan

Untuk menambah wawasan tentang , kalian dapat menelusuri berbagai situs yang ada di internet. Silahkan kalian klik link atau dengan menscan QR code.



<https://gim-indonesia.com/>



<https://id.hrnote.asia/personnel-management/>



Refleksi

Sebelum melanjutkan mempelajari materi pada bab berikutnya silahkan review kembali pemahaman Anda terkait materi pada bab 4 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Hidup (K3LH) dan Budaya Kerja Industri ini melalui pertanyaan-pertanyaan yang disajikan pada tabel berikut. Jika ada materi yang belum dipahami, Anda bisa menyampaikan terlebih dahulu kepada pendidik/guru pengampu ataupun berdiskusi dengan teman.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah saya telah mampu memahami Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH) serta Budaya Kerja di Industri dengan baik benar?		

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
2	Apakah saya telah mampu mengidentifikasi mengidentifikasi sumber-sumber bahaya ditempat kerja dengan tepat?		
3	Apakah saya telah mampu mengidentifikasi bahaya-bahaya yang timbul ditempat kerja dengan benar?		
4	Apakah saya telah mampu mengidentifikasi jenis dan kegunaan APD sesuai jenis pekerjaan dengan baik dan benar?		
5	Apakah saya telah mampu mengidentifikasi penyebab kecelakaan kerja ditempat kerja baik dan benar?		
6	Apakah saya telah mampu menerapkan budaya kerja seperti 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin), dan etika kerja di tempat kerja baik dan benar?		

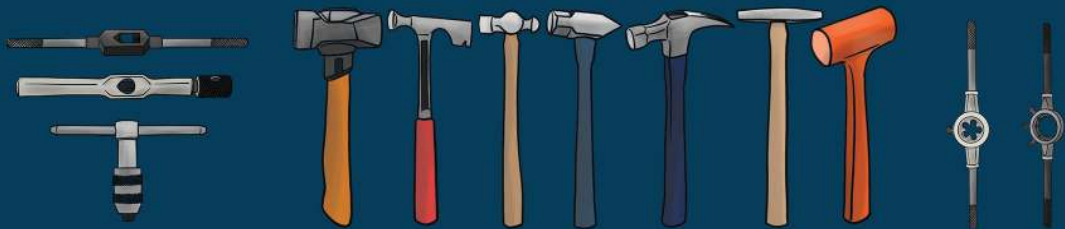
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Kurniawan Susanta, Khusni Syauqi
ISBN: 978-623-194-532-7 (PDF)

BAB 5

TEKNIK DASAR TEKNOLOGI PENGELASAN DAN FABRIKASI LOGAM



Tujuan Pembelajaran

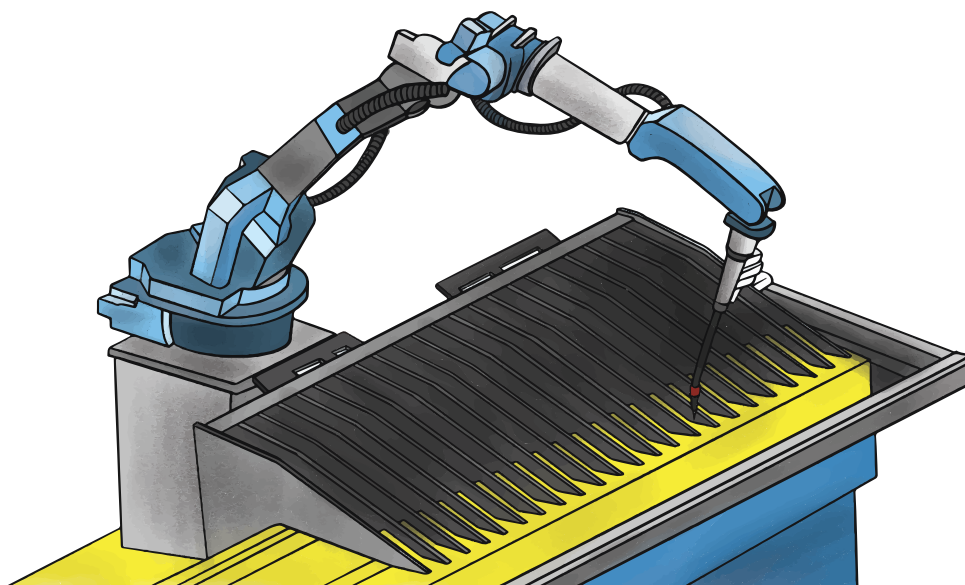
Siswa mampu memahami teknik dasar yang terkait dengan seluruh proses pengelasan dan fabrikasi logam.

Indikator Pencapaian

(1) Siswa mampu mengenal dan menggunakan perkakas tangan dan bertenaga dengan tepat (2) Siswa mampu memahami gambar teknik (3) Siswa mampu memahami teknik dasar pengelasan (4) Siswa mampu memahami penggunaan CAD dalam pengelasan dan fabrikasi logam.

Pernahkah kalian melihat orang mengelas dan melakukan kegiatan pengelasan dan fabrikasi logam dengan menggunakan robot pada sebuah konstruksi bangunan atau kendaraan? Tentu di antara kalian pernah melihatnya, baik secara langsung maupun melalui televisi dan media *online*.

Perkembangan teknologi menuntut lembaga pendidikan kejuruan bertugas mempersiapkan pekerja terampil di bidang tersebut, dengan menyiapkan kurikulum hingga teknologi dan metode yang digunakan dalam proses pembelajaran. Kondisi ini menuntut kalian untuk senantiasa terus berbenah dan meningkatkan kompetensi sesuai dengan relevansi di dunia industri. Pada Gambar 5.1 diperlihatkan penggunaan teknologi pengelasan dan fabrikasi logam yang dirancang dan dikontrol dengan sistem CAD/CAM sehingga hasil yang didapat lebih presisi dalam ukuran, efektif dalam waktu, serta efisien dalam produksi secara massal.



Gambar 5.1 Penggunaan sistem CAD/CAM dalam mengontrol proses pengelasan dan fabrikasi logam

Sumber: *jaubert, 2021*

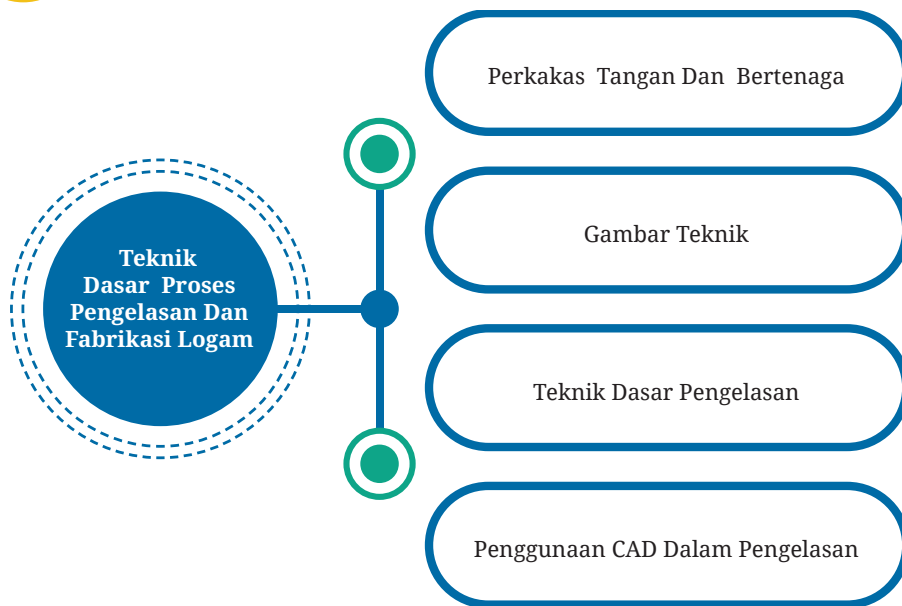


Kata Kunci

Perkakas tangan, perkakas bertenaga, gambar teknik, CAD-AM



Peta Konsep



Gambar 5.2 Peta konsep.

Apersepsi

Setiap orang yang akan bekerja pada bidang pengelasan dan fabrikasi logam tentu tidak asing dengan penggunaan perkakas tangan dan perkakas bertenaga. Penggunaan perkakas tersebut perlu dipahami dan dikuasai cara penggunaannya untuk mendukung terselesaikannya proses pekerjaan. Kemampuan membaca gambar teknik wajib dikuasai oleh seorang *welder* agar konstruksi yang dikerjakan tidak mengalami kesalahan yang berakibat pada terjadinya cacat las. Tanpa pengetahuan yang cukup, tentu proses pengelasan tidak akan mendapatkan hasil yang diinginkan sesuai dengan standar yang ditentukan.

Aktivitas Pembelajaran

A. Perkakas Tangan dan Bertenaga

Pada dasarnya manusia dapat bekerja dengan mudah, aman dan dapat menghasilkan benda kerja yang baik jika pemilihan alatnya benar. Pada bab

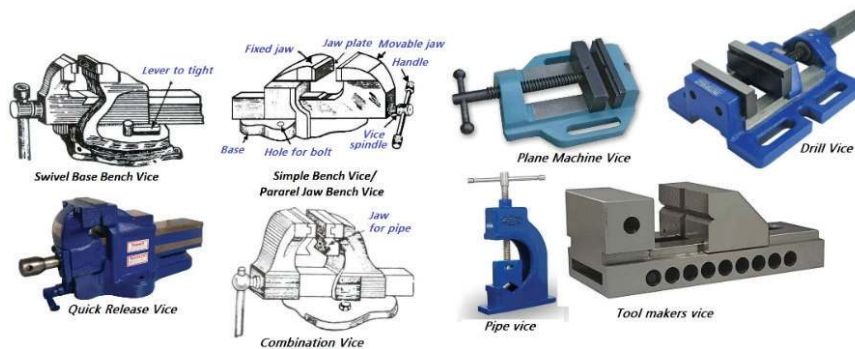
ini akan dibicarakan berbagai macam alat perkakas pada proses pembentukan disertai dengan cara penggunaannya.

1. Perkakas Tangan (*Hand Tool*)

Perkakas tangan adalah semua peralatan yang sumber tenaganya berasal dari tenaga manusia (fisik). Berikut ini beberapa jenis perkakas tangan yang umum digunakan dalam bidang pengelasan dan fabrikasi logam.

a. Ragum

Ragum berfungsi untuk menjepit dan mencekam benda kerja pada waktu pekerjaan mekanik seperti menggerinda, mengikir, mengetap, menyenai, memotong, memahat, menghaluskan benda kerja, atau mengelas. Jenis ragum banyak jenisnya seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Jenis ragum.

Sumber: Ilyas, 2020

b. Wire Brush/sikat kawat

Sikat baja digunakan untuk membersihkan permukaan benda yang akan dilas dari karat, oli, cat serta hasil lasan dari debu dan slag (terak las) seperti yang diperlihatkan Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Sikat baja.

c. Penitik (*punch*)

Penitik adalah alat yang digunakan untuk membuat sebuah tanda berupa titik pusat atau titik-titik garis. Penitik ada dua jenis, yaitu *centre punch* dan *dot punch* yang memiliki fungsi berbeda seperti yang ditunjukkan Gambar 5.5.

Centre punch digunakan untuk membuat titik pusat pada material logam sebelum dibor baik dengan mesin bor atau bor tangan. Tujuan dilakukan penitikan pada benda kerja adalah agar mata bor tidak meleset atau menggeser dari sasaran.

d. Gergaji Besi

Hacksaw atau gergaji besi adalah perkakas tangan yang digunakan untuk memotong benda dari material jenis logam. Gergaji besi memiliki mata potong yang berbeda-beda sesuai dengan penggunaannya seperti yang ditunjukkan Tabel 5.1.



Gambar 5.5 Jenis penitik.

Sumber: Ryan, 2021

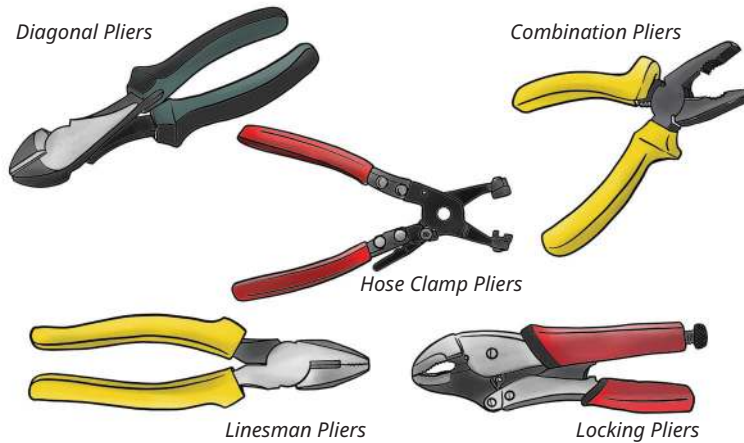
Tabel 5.1 Jumlah mata gergaji dan penggunaannya

Jumlah Mata Pisau Per Inch	Kegunaan Pemotongan
14 gigi per inch (TPI) (Mata gergaji kasar/ <i>coarse</i>)	Untuk memotong aluminium, kuningan, perunggu, <i>stainless steel</i> , tembaga, dan logam lunak. Ketebalan logam yang dipotong adalah 1/8" – 1/2" (3,2 mm – 12,7 mm).
18 gigi per inch (TPI) (Mata gergaji sedang/ <i>medium</i>)	Untuk pemotongan umum, seperti baja perkakas, baja lunak, <i>stainless steel</i> , aluminium, dan kuningan. Ketebalan logam yang dipotong yaitu 1/8" – 1/2" (3,2 mm – 12,7 mm).
24 gigi per inch (TPI) (Mata gergaji halus/ <i>fine</i>)	Untuk memotong material jenis plastik pejal, pipa baja, <i>stainless steel</i> , aluminium, pipa besi tuang dan kuningan. Ketebalan logam yang dipotong 3/32" – 5/16" (2,4 mm – 7,9 mm).
32 gigi per inch (TPI) (Mata gergaji halus sekali/ <i>very fine</i>)	Untuk memotong material yang tipis, yaitu logam yang bisa dipotong yaitu baja, <i>stainless steel</i> , aluminium, tembaga, dan kuningan. Ketebalan logam yang dipotong hingga 1/8" (3,2 mm).

Sumber: Miller, 2022.

e. Pliers (tang)

Tang berfungsi sebagai alat untuk menjepit, memotong, dan memegang benda kerja dengan erat. Jenis-jenis tang yang perlu kalian ketahui dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Jenis tang.

f. Palu Besi

Palu besi adalah perkakas tangan yang bagian kepalanya terbuat dari besi dan digunakan untuk memaku dan memperbaiki benda kerja. Selanjutnya untuk bagian-bagian dari palu ditunjukkan Gambar 5.7.

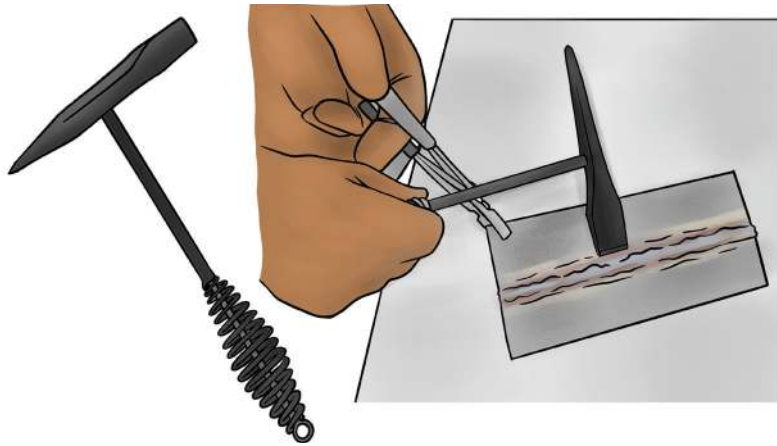


Gambar 5.7 Bagian-bagian palu.

Sumber: Ortiz, 2022

g. Chipping Hammer (Palu Terak)

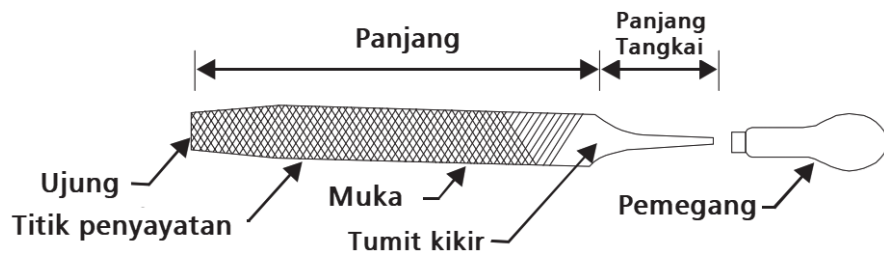
Palu terak digunakan untuk membersihkan kerak las (*slag*) dan *spatter* (percikan las) setelah proses pengelasan selesai (Gambar 5.8).



Gambar 5.8 Chipping hammer

h. Files (Kikir)

Kikir merupakan perkakas tangan yang berfungsi untuk menyayat benda kerja (Gambar 5.9). Secara spesifik, kikir digunakan untuk meratakan dan menghaluskan permukaan suatu bidang, membuat rata dan menyiku antara bidang satu dengan bidang lainnya, membuat rata dan sejajar, membuat bidang-bidang berbentuk dan sebagainya.

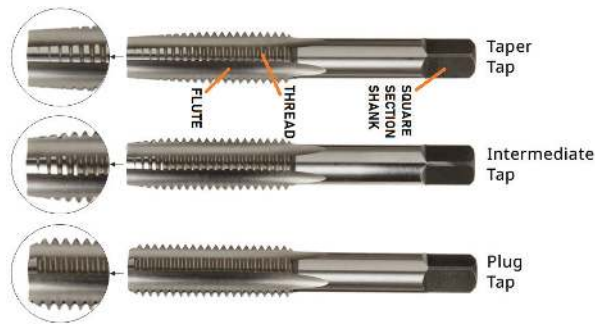


Gambar 5.9 Bagian-bagian kikir.

Sumber: Singh, 2006

i. Tap dan Sney

Tap (*thread tap*) adalah perkakas tangan yang digunakan untuk membuat ulir dalam (ulir mur) dengan tangan. Sementara itu, snei (*thread die*) digunakan untuk membuat ulir luar (ulir baut). Tiap satu set, tap terdiri dari 3 buah dengan penjelasan sebagai berikut, yaitu tap no 1 (*intermediate tap*) mata potongnya tirus digunakan untuk pengetapan langkah awal, kemudian dilanjutkan dengan tap no 2 (*tapper tap*) untuk pembentukan ulir, sedangkan tap no 3 (*bottoming tap*) dipergunakan untuk penyelesaian seperti yang ditunjukkan Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Nomer Tap.

Sumber: Ryan, 2019

j. Chisel (Alat Pahat)

Chisel adalah perkakas tangan yang digunakan sebagai alat pemotong, terbuat dari baja perkakas non-paduan atau baja paduan baik paduan rendah maupun paduan tinggi. Bentuk pahat tangan berbeda-beda seperti yang terlihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Macam-macam bentuk pahat tangan

2. Perkakas Bertenaga (Hand Power Tool)

Perkakas bertenaga merupakan perkakas tangan yang sumber tenaganya berasal dari listrik maupun tekanan udara. Berikut di bawah ini beberapa jenis perkakas bertenaga sesuai dengan fungsinya.

a. Mesin Bor Tangan

Mesin bor tangan (*portable drilling machine*) adalah perkakas bertenaga yang berfungsi untuk membuat lubang dengan ukuran standar untuk pengeboran berdiameter 12—18 mm. Pada Gambar 5.12 ditunjukkan bentuk mesin bor tangan beserta penggunaannya.



Gambar 5.12 Mesin bor tangan dan contoh penggunaannya.

b. Mesin Gerinda Tangan

Mesin gerinda tangan (*portable grinder machine*), dirancang untuk menggerinda atau mengikis material hingga putaran 10.000 Rpm.

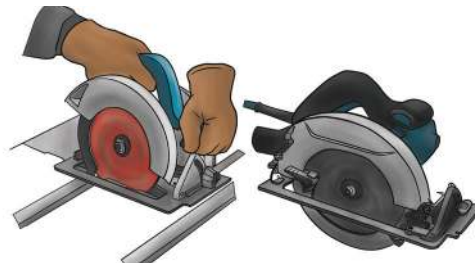
Mesin gerinda tangan umumnya digunakan dalam pekerjaan fabrikasi logam. Pada Gambar 5.13 ditunjukkan mesin gerinda tangan beserta penggunaannya.



Gambar 5.13 Mesin gerinda tangan dan contoh penggunaannya.

c. Mesin Gerinda Pemotong

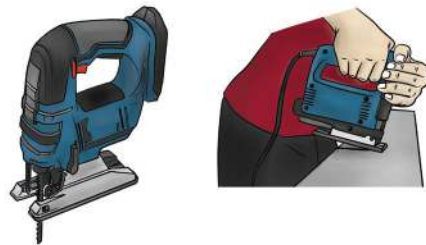
Mesin gerinda pemotong (*portable cutting off grinder machine*) berfungsi untuk memotong material (Gambar 5.14). Mesin gerinda ini bisa disesuaikan sudut pemotongannya dari 45° sampai 90° .



Gambar 5.14 Mesin gerinda potong (*circular saw*) dan penggunaannya.

d. Mesin Gergaji Portable (*Jigsaw Portable*)

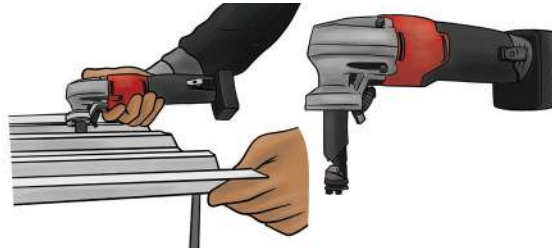
Mesin gergaji jig digunakan untuk memotong bentuk yang kompleks dari kedua bahan apakah berupa kayu atau logam. Mata gergaji jig bergerak naik turun (seperti; bolak balik) dengan sebanyak 2500 strokes/menit. Pada Gambar 5.15 ditunjukkan mesin gergaji *portable* beserta penggunaannya.



Gambar 5.15 Jigsaw dan contoh penggunaannya.
Sumber: Yonatan, 2021

e. Mesin Pemotong Nibbles Portable (*Portable Electric Nibbler*)

Mesin pemotong *nibbles* digunakan untuk memotong untuk membuat suatu bentuk pada lembaran logam (Gambar 5.16). *Nibbler* sangat cocok untuk memotong bentuk yang kompleks.



Gambar 5.16 *Portable Electric Nibbler* dan contoh penggunaannya.

f. Sikat Gerinda (*Steel Wire Brush*)

Sikat gerinda (sikat mekanik) berfungsi untuk membersihkan bagian-bagian permukaan logam dari kotoran, seperti karat, kerak, membersihkan permukaan sebelum dilakukan pengecatan serta membersihkan percikan las dan terak las. Umumnya, sumber tenaga yang digunakan untuk mengoperasikan alat ini adalah energi listrik atau tekanan udara dari kompresor. Jenis sikat gerinda memiliki 2 bentuk, yaitu rata (*Wheel Wire Brush*), dan berbentuk mangkuk (*Cup Wire Brush*) seperti yang ditunjukkan Gambar 5.17.



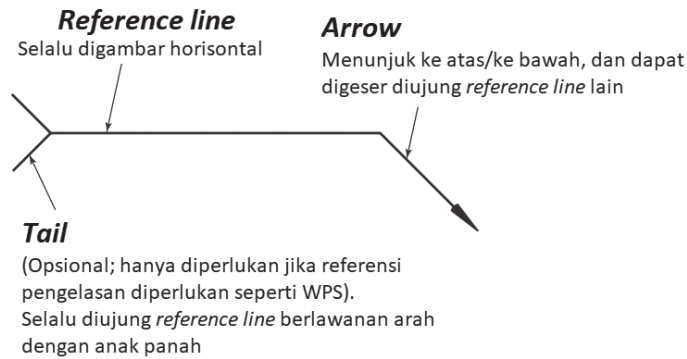
Gambar 5.17 Bentuk sikat gerinda

B. Gambar Teknik Pengelasan

Di dunia industri, gambar kerja/*job sheet* pengelasan dinamakan *Welding Procedure Specification* (WPS) yang berisikan instruksi pengelasan yang harus dipahami sebelum melakukan kegiatan praktik pengelasan. Jika terjadi kesalahan pada pembacaan gambar akan berakibat pada terjadinya kesalahan-kesalahan dalam pengelasan berupa cacat las yang berdampak terjadinya perbaikan yang berulang kali melalui proses pengerindaan sehingga akan merusak material/spesimen dari pengelasan.

1. Bentuk Simbol Las

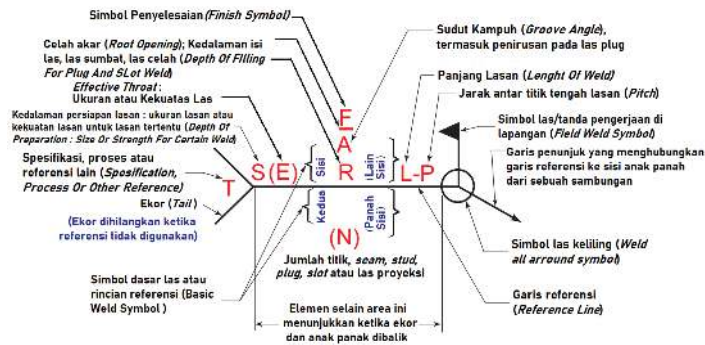
Berdasarkan standar AWS, simbol pengelasan memiliki 3 elemen dasar, yaitu *arrow line*, *reference line*, dan *supplementary information* seperti yang ditunjukkan Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Tiga elemen dasar simbol las (Standar ISO dan AWS).

Sumber: Bohnart, 2018

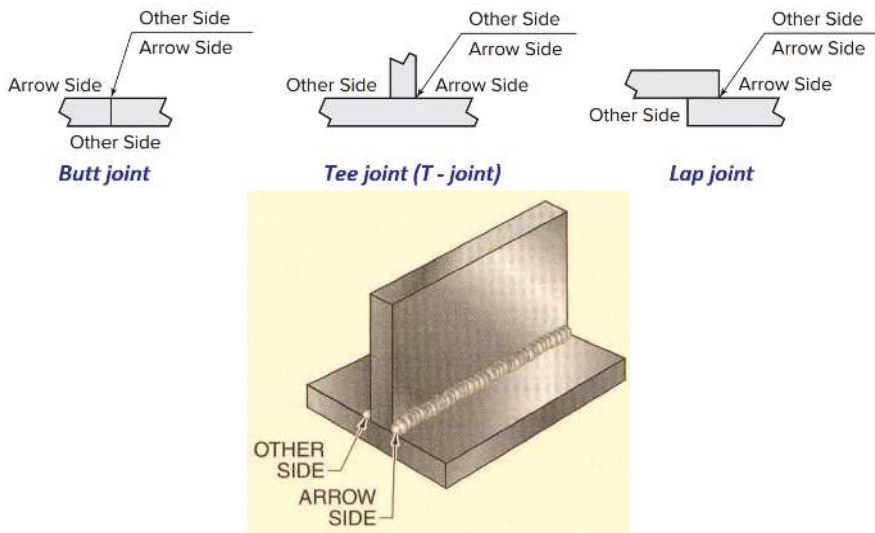
Selain tiga elemen dasar tersebut, terdapat elemen lain yang penting untuk diketahui, yaitu *basic weld symbols*, *dimensions* dan data lainnya, *supplementary symbols*, simbol *finishing*, dan spesifikasi lain. Penjelasan lengkap simbol las dapat dilihat pada Gambar 5.19 di bawah ini.



Gambar 5.19 Simbol Las

Sumber: Jeffus, 2016

Dalam simbol pengelasan menurut standar AWS, jenis sambungan yang menjadi dasar referensi dalam proses pengelasan di antaranya adalah *butt*, *tee*, *lap*, *corner*, dan *edge*. Setiap jenis sambungan las yang ditunjukkan oleh simbol akan selalu memiliki *arrow side*, *other side*, dan *both side* (kedua sisi). *Arrow side* artinya sambungan dilakukan pada area letak tanda panah, sedangkan *other side* artinya sambungan dilakukan pada area kebalikan tanda panah. Dengan demikian, istilah tersebut hanya digunakan untuk menempatkan lasan sehubungan dengan jenis sambungan (Gambar 5.20).



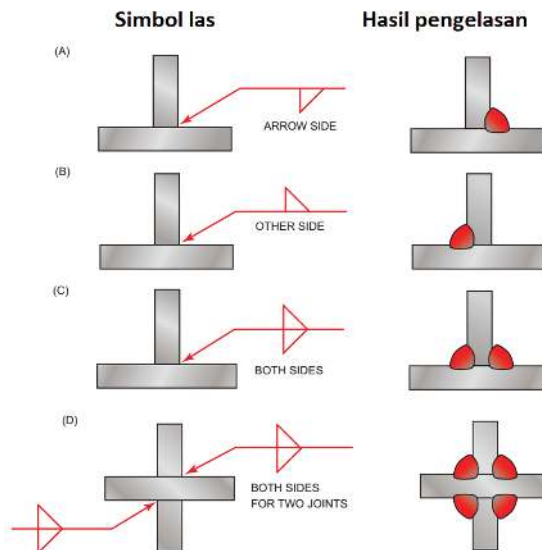
Gambar 5.20 Penempatan simbol las: *arrow side* dan *other side* pada sambungan las.

Sumber: Bohnart, 2018

2. Simbol Las *Fillet*

a. Simbol Las *Fillet*

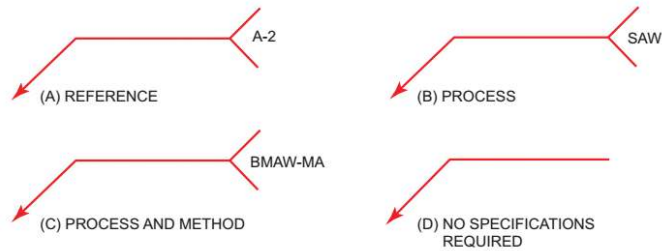
Pada sambungan *fillet* maupun kampuh, anak panah yang menghubungkan ke garis referensi simbol las diletakkan pada satu sisi sambungan saja (Gambar 5.21). Permukaan sambungan titik panah yang benar-benar menyentuh dianggap sebagai sisi panah sambungan.



Gambar 5.21 Desain simbol las untuk penunjukan lokasi pengelasan.

Sumber: Jeffus, 2016

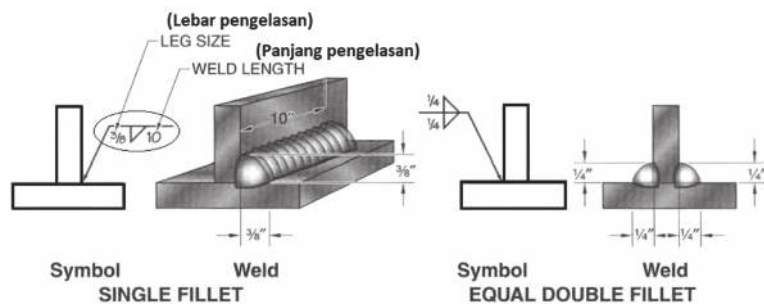
Notasi yang ditempatkan di bagian ekor simbol dapat menunjukkan proses pengelasan yang akan digunakan, jenis logam pengisi yang dibutuhkan, perlu atau tidaknya *peening* atau *root chipping*, dan informasi lain yang berkaitan dengan lasan. Jika notasi tidak digunakan, ekor simbol dihilangkan. Untuk sambungan yang memiliki lebih dari satu lasan, simbol ditunjukkan untuk setiap las seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.22.

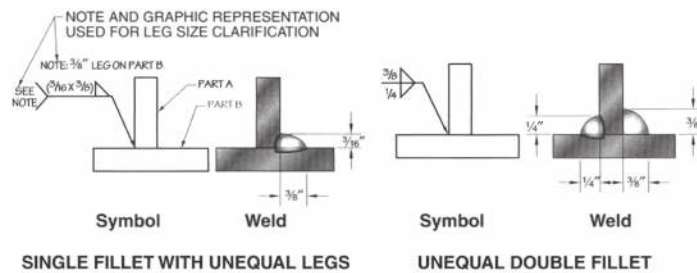


Gambar 5.22 Spesifikasi lokasi pengelasan, proses, dan referensi lain pada simbol las.
 Sumber: Jeffus, 2016

b. Simbol Las Fillet Dengan Ukuran

Selain untuk memberi informasi bentuk dari permukaan lasan, pada simbol las juga dicantumkan ukuran dimensi hasil pengelasan yang berguna untuk *welder* membuat sambungan. Biasanya informasi ukuran yang diberikan adalah tinggi lasan (*leg length*). Dimensi dalam simbol las ini biasanya terdiri dari tinggi *capping*, panjang *leg length* (panjang kaki), panjang *throat* (tenggorokan). Sementara itu, dimensi pada sambungan biasanya meliputi *root gap*, *root face*, sudut bevel atau sudut kampuh (Gambar 5.23).



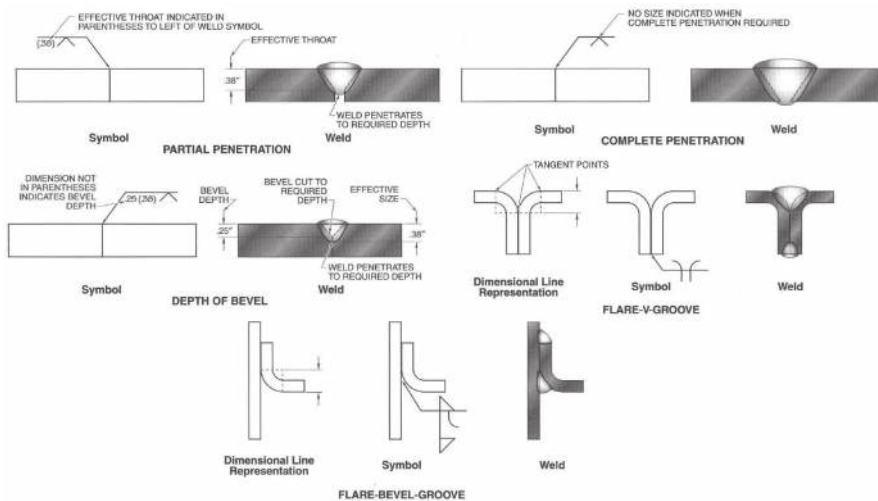


Gambar 5.23 Panjang lasan dan lebar las fillet dapat dinyatakan dengan angka pecahan, decimal, atau satuan metrik yang terletak di sebelah kiri simbol las.

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

c. Simbol Fillet Groove

Kekuatan sambungan dapat ditingkatkan dengan membuat beberapa jenis persiapan kampuh sebelum sambungan dilas. Kampuh pengelasan dapat dibuat di satu atau kedua pelat atau di satu atau kedua sisi. Dengan membuat kampuh di pelat, lasan dapat menembus lebih dalam ke sambungan dan ini menjadikan sambungan las lebih kuat tanpa membatasi fleksibilitas pengelasan. Pada Gambar 5.24 ditunjukkan simbol sambungan las kampuh (*groove*).

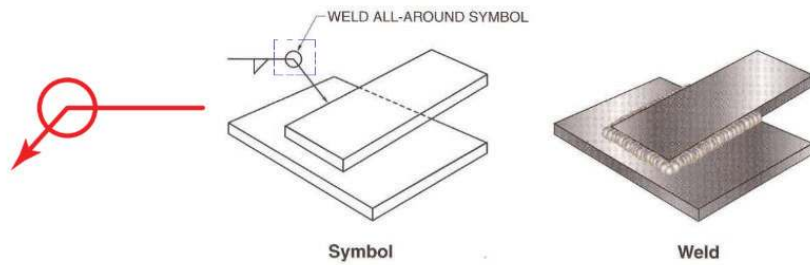


Gambar 5.24 Las kampuh mungkin memerlukan penetrasi sebagian atau seluruhnya dan kedalaman bevel tertentu.

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

d. Simbol Las Melingkar

Jika menemukan gambar simbol las dengan tanda lingkaran antara garis *arrow line* dan *reference line*, maka pengelasan dilakukan melingkar mengikuti lajur lasan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.25.

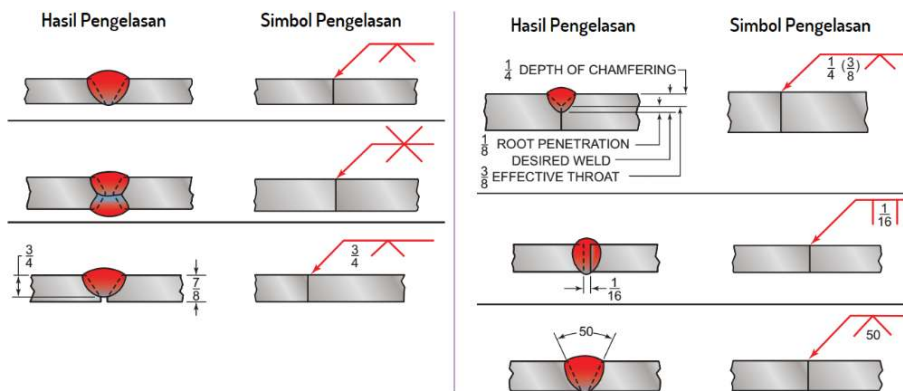


Gambar 5.25 Simbol las melingkar dan contoh penerapannya..

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

3. Simbol Las *Butt Joint*

Butt joint (sambungan tumpul) merupakan sambungan yang dibentuk dengan cara menyatukan ujung pada kedua bagian. Sambungan las *butt joint*, kedua bagian objek yang ingin dilas diletakkan pada bidang yang sama dan saling berdampingan (tidak ada celah) seperti yang ditunjukkan Gambar 5.26.



Gambar 5.26 Simbol *butt joint* dan contoh hasil pengelasan yang diinginkan.

Sumber: Jeffus, 2016

C. Teknik Dasar Pengelasan SMAW

Proses pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (bahan pengisi). Berikut ini akan disampaikan beberapa hal yang terkait dalam teknik dasar pengelasan SMAW.

1. Arus Pengelasan

Arus las (*welding current*) adalah aliran pembawa muatan listrik dari mesin las yang digunakan untuk menyambung dua logam dengan mengalirkan panas ke logam pengisi atau elektroda.

a. Jenis Arus Pengelasan

Besarnya arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda, tebal bahan yang dilas, jenis elektroda yang digunakan, diameter inti elektroda, dan posisi pengelasan. Makin tinggi arus las, makin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Berikut ini beberapa jenis arus pengelasan pada mesin

1) Mesin Las Dengan Arus Bolak Balik (AC)

Mesin las arus AC yang dihasilkan oleh pembangkit listrik, listrik PLN atau generator AC yang digunakan sebagai sumber tenaga dalam proses pengelasan. Mesin las ini sangat banyak dipergunakan karena rendahnya biaya operasi serta harganya yang relatif murah. Mesin las ini membutuhkan tegangan rata-rata antara 55—85 Volt. Kelebihan menggunakan mesin las arus AC adalah harga yang murah, kabel yang bisa diganti, dan nyala busur las listrik yang kecil. Sementara itu, kelemahan mesin las arus AC adalah berbahan jenis logam dan elektroda terbatas serta kurang stabil.

2) Mesin Las Dengan Arus Searah (DC)

Mesin las arus DC dihasilkan dari dinamo motor listrik searah. Dinamo dapat digerakkan oleh motor listrik, motor bensin, dan motor diesel. Mesin las arus DC memerlukan peralatan yang berfungsi sebagai penyearah arus. Penyearah arus atau *rectifier* berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC).

Kelebihan menggunakan mesin las arus DC adalah nyala busur listrik stabil, bisa untuk semua jenis elektroda, mudah dioperasikan, suara tidak bising dan bisa untuk las tipis. Sementara itu, mesin las arus DC memiliki kelemahan, yaitu memiliki polaritas yang berbeda-beda sehingga tidak bisa digunakan pada kutub sembarangan karena berakibat pada hasil las.

3) Mesin Las Listrik Ganda (AC-DC)

Mesin las AC-DC dapat digunakan dengan dua arus yang berbeda sekaligus karena sudah dilengkapi dengan transformator (trafo) satu frasa dan sebuah alat perata dalam satu unit mesin.

Kelebihan mesin las arus AC-DC adalah penggunaan lebih fleksibel, cocok di berbagai bidang pekerjaan, memiliki kemampuan ganda yang cocok untuk berbagai material logam (besi, stainless steel,

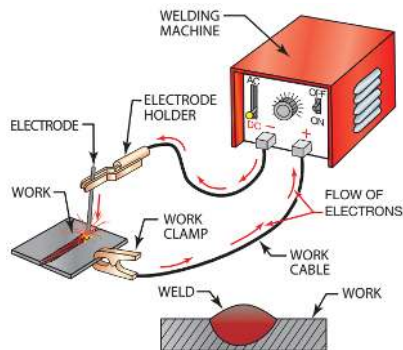
aluminium), *heavy duty* (kemampuan untuk pekerjaan pengelasan yang lebih berat dan lama). Sedangkan klemahannya yaitu mesin lebih berat serta pengaturan lebih banyak.

2. Polaritas Pengelasan

Pengertian “polaritas” dalam pengelasan adalah penempatan atau pemasangan kabel elektroda dan kabel massa ke kutub positif atau negatif pada mesin las. Pemilihan polaritas akan berpengaruh pada distribusi panas pada busur pengelasan.

a. DCEN (*Direct Current Electrode Negative*)

Polaritas pengelasan DCEN adalah ketika benda kerja yang hendak dilas disambungkan pada kutub positif (+) dan elektroda disambungkan ke kutub negatif (-) mesin las DC (Gambar 5.27). Dengan polaritas ini, 2/3 panas berada pada *base metal* (logam induk) dan umumnya digunakan untuk pengelasan *root* dan pelat dengan tebal lebih dari 8 mm. Polaritas jenis ini digunakan agar penetrasi dapat dimaksimalkan karena panas lebih besar ada di media kerja dan lebih mudah tergerus.



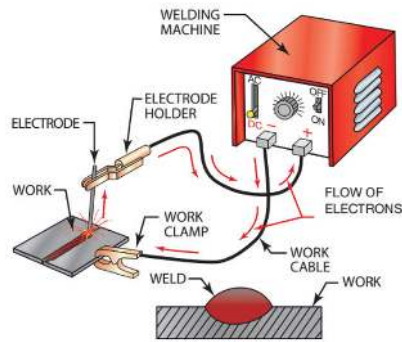
Gambar 5.27 Electrode Negative (DCEN), Straight Polarity (DCSP).

Sumber: Jeffus, 2016

b. DCEP (*Direct Current Electrode Positive*)

Polaritas DCEP adalah ketika benda kerja yang akan dilas disambungkan pada kutub negatif (-) dan elektroda disambungkan pada kutub positif (+) mesin las DC seperti yang diperlihatkan Gambar 5.28.

Polaritas ini 2/3 panas berada pada elektroda. Umumnya, ini dilakukan untuk pengelasan *filler*, *capping*, dan pengelasan plat tipis dengan tujuan menghindari panas yang berlebih, namun dapat mengakibatkan plat menjadi berlubang.

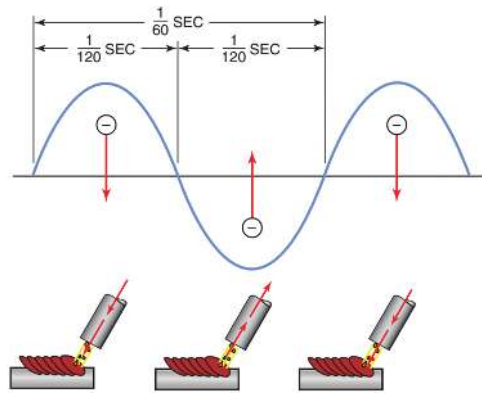


Gambar 5.28 Electrode Positive (DCEP), Reverse Polarity (DCRP).

Sumber: Jeffus, 2016

c. Polaritas Alternating Current (AC)

Polaritas arus bolak-balik (AC) menggunakan arus bolak-balik dan tidak ada kutub negatif atau positif sehingga pemasangan kabel *holder* (pemegang las) dan kabel massa boleh terbalik atau ditukar posisi karena hal ini tidak akan berpengaruh. Pada polaritas jenis ini 50% panas disalurkan ke elektroda las dan 50% disalurkan ke logam dasar (*base metal*). Frekuensi arus AC adalah 50Hz atau 60Hz. Jika frekuensi arus AC 60Hz, akan terjadi 60 siklus setiap detik. Aliran elektron terus berganti-ganti setiap 1/120 detik dari elektroda las ke sampai bahan dasar (*base material*) seperti yang diperlihatkan Gambar 5.29.



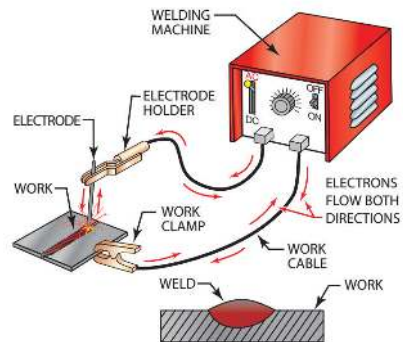
Gambar 5.29 Gelombang Arus AC

Sumber: Jeffus, 2016

Pada Gambar 5.30 ditunjukkan konstruksi penempatan elektroda dan kabel massa pada polaritas AC.

3. Daya Las (Welding Power)

Daya pengelasan merupakan energi listrik yang diserap oleh suatu rangkaian



Gambar 5.30 Alternating Polarity (AC).

Sumber: Jeffus, 2016

setiap satuan waktu. Semakin besar daya listrik pada suatu rangkaian, semakin besar pula energi yang akan diserap.

a. Constant Voltage/Tegangan konstan (CV)

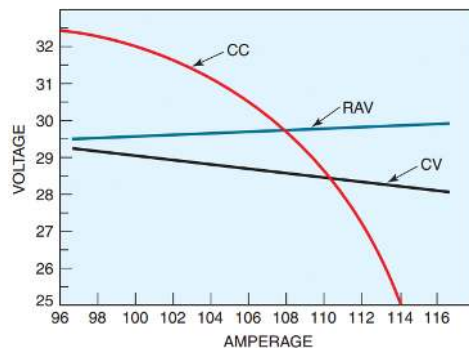
Tegangan busur tetap konstan pada pengaturan yang dipilih meskipun panjang busur dan arus listrik bertambah atau berkurang.

b. Rising Arc Voltage (RAV)

Tegangan busur meningkat seiring dengan meningkatnya arus listrik.

c. Constant Current/Arus Konstan (CC)

Jenis arus konstan pada mesin las dapat mengatur/mengontrol arus dengan baik tetapi tidak memiliki kontrol untuk tegangan. Jenis daya ini juga disebut *Drooping Arc Voltage* (DAV), karena tegangan busur berkurang dengan meningkatnya arus listrik.

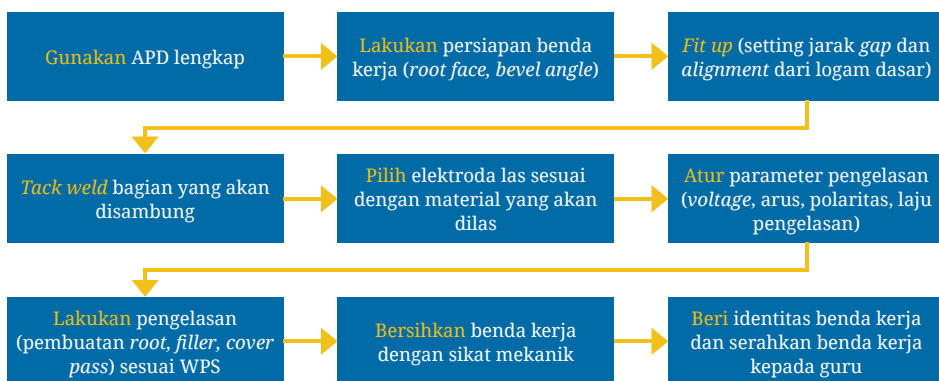


Gambar 5.31 Grafik jenis daya pengelasan *Constant Voltage* (CV), *Rising Arc Voltage* (RAV) dan *Constant Current* (CC).

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

4. Prosedur Umum Pengelasan

Prosedur merupakan sebuah tahapan– tahapan dari serangkaian kegiatan yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya dalam proses pengelasan. Adapun prosedur pengelasan dapat dilihat pada Gambar 5.32.



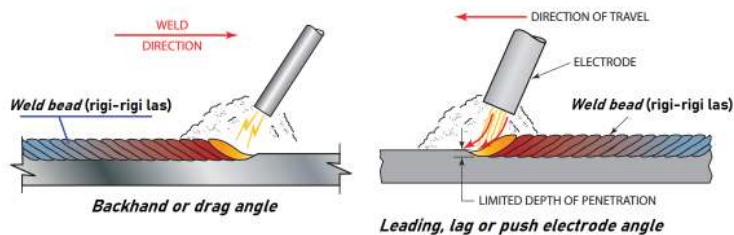
Gambar 5.32 Diagram alur prosedur pengelasan

5. Teknik Pengelasan

Teknik mengelas yang diterapkan dalam proses pengelasan dapat dilakukan dengan mengikuti aturan atau ketentuan yang umum berlaku pada pengelasan. Skema proses pengelasan memperlihatkan bahwa beberapa parameter untuk pengelasan yang dilakukan pada posisi di bawah tangan .

a. Arah Pengelasan

Arah pengelasan merupakan arah pergerakan elektroda pada saat melakukan proses pengelasan. Di dalam pengelasan terdapat dua metode yang digunakan, antara lain *drag/pull* dan *push* seperti yang ditunjukkan Gambar 5.33.

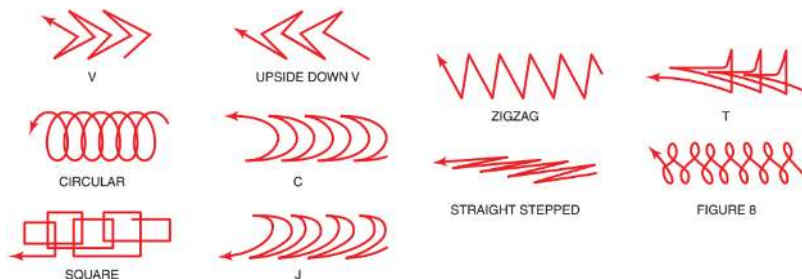


Gambar 5.33 Teknik gerakan elektroda las.

Sumber: Jeffus, 2016

b. Orientasi Elektroda

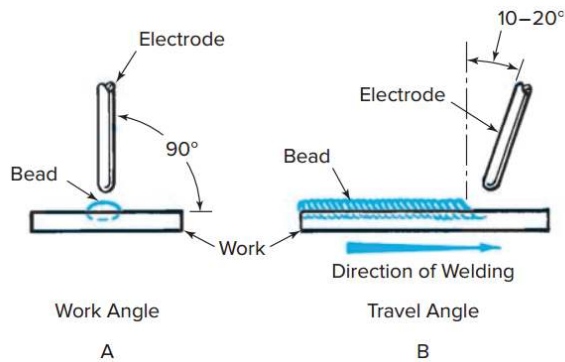
Orientasi elektroda las berupa arah dan gerakan elektroda pada saat melakukan pengelasan. Gerakan elektroda las ada 2 yaitu gerakan lurus (*stringer bead*) dan gerakan ayunan (*weave*). Gerakan elektroda dalam pengelasan berfungsi untuk mendapatkan hasil lasan yang halus dan rata serta menghindari cacat pada hasil lasan. Bentuk gerakan ayunan dari elektroda las dapat kalian lihat pada Gambar 5.34.



Gambar 5.34 Arah dan bentuk ayunan elektroda las.

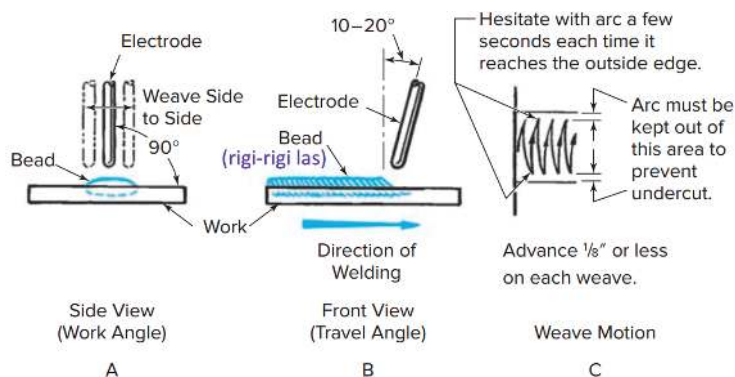
Sumber: Bohnart, 2018

Selanjutnya untuk contoh gerakan elektroda las dengan gerakan lurus (*stringer bead*) dapat dilihat pada Gambar 5.35.



Gambar 5.35 Posisi elektroda untuk *stringer beads* (lurus) pada posisi mendatar.
 Sumber: Bohnart, 2018

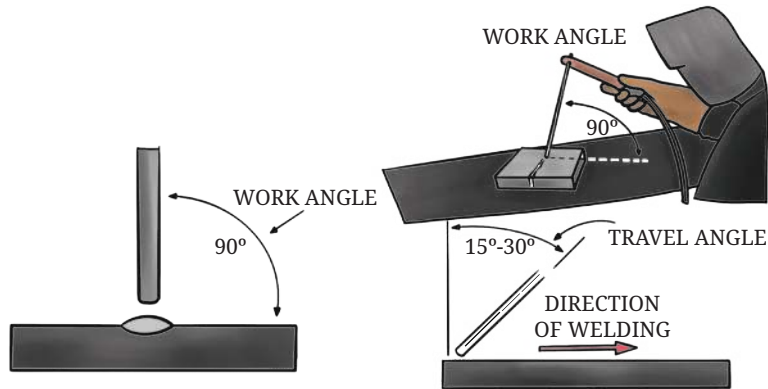
Bentuk rigi-rigi las dipengaruhi oleh posisi elektroda las ketika pengelasan dilakukan. Pada Gambar 5.36 ditunjukkan bagaimana penerapan posisi elektroda las dalam memebentuk rigi-rigi las dengan gerakan ayunan (*weave motion*).



Gambar 5.36 Posisi elektroda dengan gerakan ayunan.
 Sumber: Bohnart, 2018

c. Arah Pengelasan (*Travel Angle*)

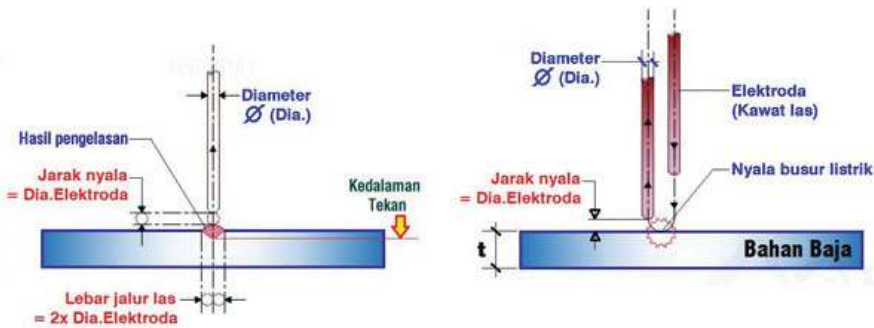
Sudut elektroda terdiri atas dua posisi, yaitu sudut kerja (*work angle*) dan sudut arah pengelasan (*travel angle*) seperti yang ditunjukkan Gambar 5.37. Sudut kerja adalah sudut yang terbentuk dari garis horisontal tegak lurus terhadap arah pengelasan. Pada posisi *flat* (mendatar), *work angle* yang digunakan sebesar 90° . Sudut arah pengelasan (*travel angle*) adalah sudut pada arah pengelasan terhadap garis vertikal dan mungkin berubah dari 15 hingga 30 derajat.



Gambar 5.37 Sudut kerja elektroda dan sudut arah pengelasan (*travel angle*).

d. Panjang Busur

Jarak elektroda ke benda kerja yang baik umumnya adalah besarnya diameter elektroda yang digunakan. Sebagai contoh, jika besarnya diameter inti elektroda adalah 3,2 mm, jarak elektroda ke bahan dasar logam lasan sebesar 3,2 mm seperti yang ditunjukkan Gambar 5.38. Usahakan dalam proses pengelasan jarak elektroda ke benda kerja ini relatif konstan.

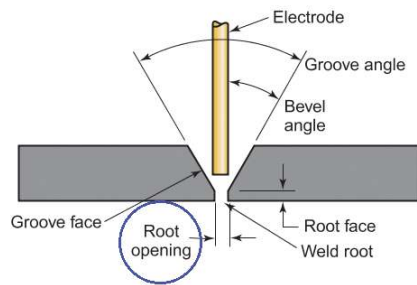


Gambar 5.38 Jarak benda kerja terhadap elektroda.

Sumber: *Arsitekta*, 2020

e. Root Gap/Root Opening

Root gap atau *root opening* adalah jarak antara dua benda yang akan dilas. Menurut AWS, *root gap* adalah sebesar 0—3 mm. Tujuan diberi jarak tersebut adalah agar cairan las dapat masuk ke dalam sehingga akan menghasilkan penetrasi pengelasan yang lebih baik dan sambungan kuat. Pada Gambar 5.39 ditunjukkan *root opening* pada sebuah sambungan las.



Keterangan :
Electrode = elektroda las
Root face = bidang permukaan akar las.
Groove angle = sudut kampuh.
Groove face = muka kampuh.
Weld root = akar las.
Bevel angle = setengah sudut kampuh/alur.

Gambar 5.39 Root gap sambungan las.

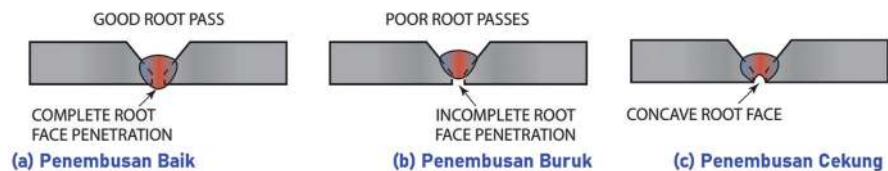
Sumber: Althouse, dkk, 2020

f. Kecepatan Laju Pengelasan (*Travel Speed*)

Kecepatan pengelasan selama proses pengelasan diusahakan konstan mulai dari saat pengelasan sampai pada penyelesaian pengelasan. Seorang *welder* membutuhkan latihan yang terus menerus, agar kecepatan pengelasan dengan pencairan elektroda terjadi dengan baik.

g. Penetrasi Pengelasan

Penetrasi adalah penembusan logam lasan mencapai kedalaman pada bahan dasar logam yang dilas. Penetrasi ini juga merupakan pencairan antara elektroda dengan bahan dasar dari tepi bagian atas sampai menembus pelat pada kedalaman tertentu. Penetrasi yang memenuhi standar harus dapat mencapai seluruh ketebalan plat yang dilas seperti yang ditunjukkan Gambar 5.40. Bagi juru las tingkat dasar hal ini sulit dicapai, tetapi dengan latihan secara terus-menerus, standar penetrasi ini akan dapat dicapai.

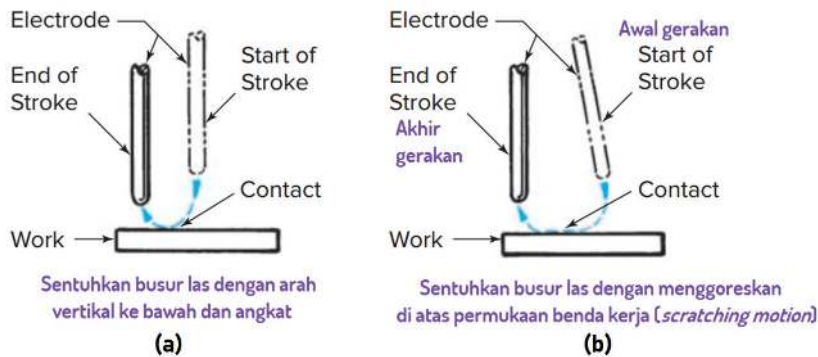


Gambar 5.40 Bentuk penembusan logam las.

Sumber: Jeffus, 2016

6. Menyalakan Busur Las

Menyalakan busur las dapat dilakukan dengan dua cara seperti yang ditunjukkan Gambar 5.41. Jika mesin las yang digunakan mesin AC, maka penyalaan busur api dilakukan dengan cara menggoreskan elektroda pada benda kerja. Jika mesin las yang digunakan adalah mesin las DC, penyalaan busur las dilakukan dengan cara disentuhkan atau dihentakkan ke benda kerja.

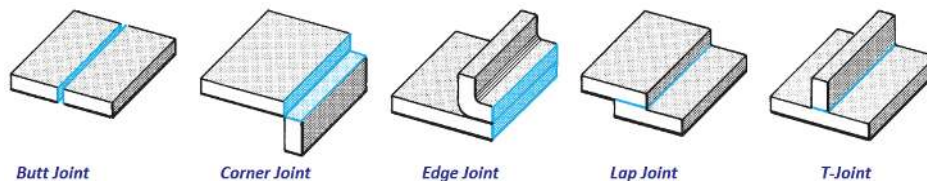


Gambar 5.41 Metode menyalakan busur las: (a) *Tapping*, (b) *Scratching*.

Sumber: Bohnart, 2018

7. Jenis Sambungan Las

Secara umum, jenis sambungan las untuk pelat terdiri dari lima jenis, yaitu *butt joint* (sambungan tumpul), *corner joint* (sambungan sudut), *edge joint/parallel joint* (sambungan tepi), *lap joint* (sambungan tumpang), dan *T-joint* (sambungan T) seperti yang ditunjukkan Gambar 5.42.



Gambar 5.42 Jenis sambungan las.

Sumber: Bohnart, 2018

Sambungan tumpul (*butt joint*) digunakan untuk menyambung ujung-ujung pelat yang datar dengan ketebalan yang sama atau hampir sama, biasanya divariasikan pada kampuh. Sambungan tumpang (*lap joint*) dalam prosesnya dilaksanakan dengan las sudut dan las isi. Sambungan tumpang digunakan untuk menyambung pelat dengan ketebalan yang berbeda dan kelebihanannya ialah sambungan ini tidak membutuhkan kampuh atau kampuh.

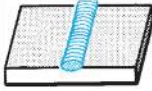
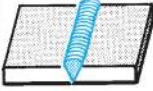
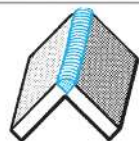

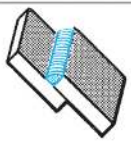
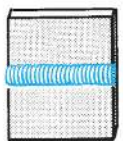
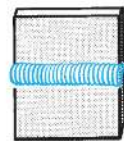

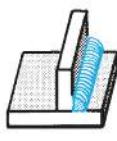
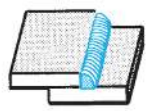
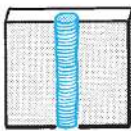
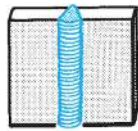
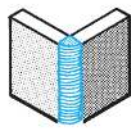
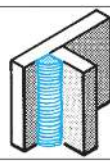
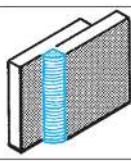
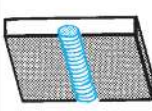
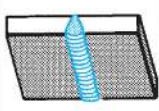
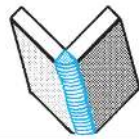
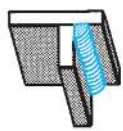
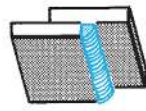
Sambungan T dibagi dua jenis, yaitu sambungan las dengan kampuh (*groove*) dan las sudut. Sambungan T digunakan untuk menyambung pelat pada bagian-bagian *built up*, seperti profil T, Profil I, atau bagian-bagian yang berbentuk rangka. Sambungan sudut (*corner joint*) digunakan untuk menyambung konstruksi dengan membentuk penampang boks segi empat terangkai (*built-up*) seperti untuk balok baja yang membutuhkan ketahanan terhadap torsi yang tinggi. Sambungan sisi (*edge joint*) digunakan untuk

menjaga dua atau lebih pelat agar tetap pada suatu bidang tertentu ataupun untuk mempertahankan kedudukan seperti semula.

8. Posisi Pengelasan Pelat

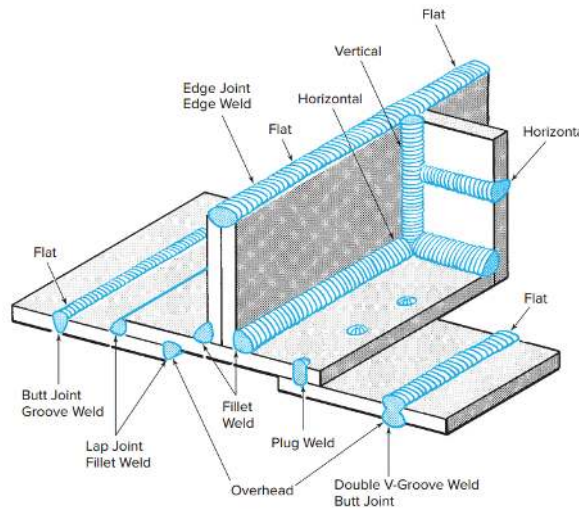
Posisi dalam pengelasan atau sikap pengelasan berhubungan dengan pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Empat posisi dasar untuk pengelasan adalah datar, horizontal, vertikal, dan di atas kepala. Perhatikan Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Macam-macam posisi pengelasan pelat SMAW.

Position of Welding	Bead Welds	Groove Welds		Fillet Welds	
	Flat Plate	Butt Joint	Corner Joint	Tee Joint	Lap Joint
A Flat					
B Horizontal					
C Vertical					
D Overhead					

Sumber: Bohnart, 2018

Contoh penerapan posisi pengelasan dapat dilihat pada Gambar 5.43 di bawah ini.



Gambar 5.43 Contoh bentuk pengelasan dan posisi pengelasan.

Sumber: Bohnart, 2018

9. Pemilihan Elektroda Las

Elektrode atau kawat las digunakan untuk melakukan pengelasan listrik yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala. Umumnya diameter elektroda las yang ada dipasaran adalah 2 mm, 2,5 mm, 3,2 mm, 4 mm dan 5, mm. Namun, beberapa produsen ada yang membuat ukuran yang sedikit berbeda seperti 3, 15 mm untuk 3,2 mm dan 2,4 mm untuk 2, 5 mm.

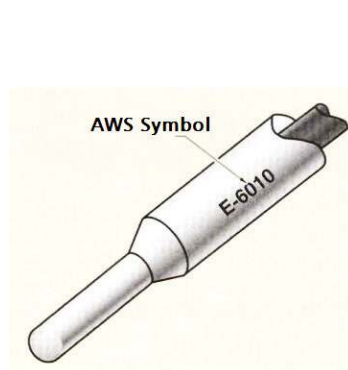
Diameter elektroda diukur pada kawat intinya. Ukuran diameter elektroda secara umum berkisar antara 1,5 sampai dengan 7 mm. Untuk mengidentifikasi elektroda, digunakanlah kombinasi huruf dan angka untuk mengidentifikasi karakteristik elektroda tersebut (Gambar 5.44).



Gambar 5.44 Identifikasi elektroda berdasarkan huruf dan angka.

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

Selanjutnya untuk pembacaan kode elektroda las dapat dilihat pada Gambar 5.45.



Keterangan :

E = Elektroda untuk las busur listrik

60 ksi = nilai tegangan tarik dari logam las (dikalikan dengan 1000 psi)

Tegangan tarik las = 60.000 psi

Angka setelah tegangan tarik menunjukkan posisi pengelasan.

1=semua posisi pengelasan

flat, horizontal, vertical (up), overhead

2=posisi pengelasan *horizontal* dan di bawah tangan (*flat*)

3=posisi flat

4=posisi pengelasan *flat, horizontal, overhead, vertical (down)*.

Gambar 5.45 Identifikasi kode elektroda las standar AWS

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

Perlu kalian ketahui bahwa untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik, diperlukan pemilihan elektrode yang tepat. Berikut ini beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis elektroda las yaitu :

- a. Karakteristik (sifat) dari material yang akan dilas
- b. Posisi pengelasan
- c. Tipe sambungan
- d. Jumlah pengelasan
- e. Kerapatan sambungan pengelasan
- f. Jenis arus yang tersedia

Lebih jelasnya mengenai pemilihan elektroda pengelasan, kalian dapat melihat Tabel 5.3 tentang identifikasi kode elektroda las SMAW.

Tabel 5.3 Tabel identifikasi elektroda las SMAW.

ELECTRODE IDENTIFICATION				
AWS Classification	Position*	Weld Characteristics†	Weld Current†	Coating‡
EXX 10	ALL	Deep penetration, flat or concave beads	DCEP	Cellulose sodium
EXX 20	FLAT, HORIZONTAL			
EXX 11	ALL	Deep penetration, flat or concave beads	DCEP, AC	Cellulose potassium
EXX 12	ALL	Medium penetration, convex beads	DCEN, AC	Titania sodium
EXX 13	ALL	Shallow penetration, convex beads	DCEP, DCEN, AC	Titania potassium
EXX 14	ALL	Medium penetration, fast deposit	DCEP, DCEN, AC	Iron powder titania
EXX 24	FLAT, HORIZONTAL			
EXX 15	ALL	Moderate penetration, convex beads	DCEP	Low-hydrogen sodium
EXX 16	ALL	Moderate penetration, convex beads	DCEP, AC	Low-hydrogen potassium
EXX 27	FLAT, HORIZONTAL	Medium penetration, flat beads	DCEP, DCEN, AC	Iron powder iron oxide
EXX 18	ALL	Shallow to medium penetration, convex beads	DCEP, AC	Iron powder low-hydrogen
EXX 28	FLAT, HORIZONTAL			

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

Elektroda las busur dapat diklasifikasikan berdasarkan jenisnya yaitu *mild steel*, *iron powder*, dan *low hydrogen*. Pada tabel 5.4 ditunjukkan pengelompokkan elektroda las berdasarkan *fast freeze*, *fill freeze*, dan *fast fill*.

Tabel 5.4 Klasifikasi elektroda.

ELECTRODE CLASSIFICATIONS				
AWS Class	Current Type	Welding Position	Weld Results	Electrode Group
E-6010	DCEP	ALL	Deep penetration, flat beads	Fast-freeze
E-6011	DCEP, DCEN, AC			
E-6012	DCEN AC	ALL	Shallow penetration, good bead contour, minimum spatter, for poor fit-up	Fill-freeze
E-6013	DCEP, DCEN, AC			
E-6020	DCEP DCEN AC	FLAT, HORIZONTAL	High deposition, deep groove single-pass welds	Fast-fill
E-6027	DCEN AC	FLAT, HORIZONTAL	High deposition, deep penetration	Fast-fill
E-7014	DCEP DCEN AC	ALL	Low penetration, high speed	Fill-freeze
E-7024	DCEP DCEN AC	FLAT, HORIZONTAL	High deposition, single and multiple passes	Fast-fill
E-7016	DCEP AC	ALL	Welding of high-sulfur and high-carbon steels that tend to develop porosity and crack under weld bead	Fill-freeze
E-7018	DCEP AC	ALL		
E-7028	DCEP AC	FLAT, HORIZONTAL		Fast-fill

DCEP—direct current electrode positive
DCEN—direct current electrode negative
AC—alternating current

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

Setiap jenis bahan elektroda memiliki besar arus dan diameter yang berbeda-beda. Pada Tabel 5.5 disajikan rekomendasi untuk pengaturan arus pengelasan pemilihan spesifikasi elektroda las.

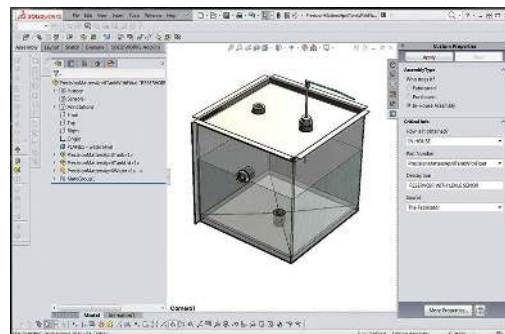
Tabel 5.5 Rekomendasi arus pengelasan, kode elektroda, dan ukuran elektroda.

MILD STEEL ELECTRODE CURRENT SETTINGS			IRON POWDER ELECTRODE CURRENT SETTINGS			LOW-HYDROGEN ELECTRODE CURRENT SETTINGS		
Electrode	Diameter*	Amperes†	Electrode	Diameter*	Amperes†	Electrode	Diameter*	Amperes†
E-6010	3/32	60 – 90	E-6027	3/16	225 – 300	E-7016	3/32	75 – 105
	1/8	80 – 120		7/32	275 – 375		1/8	100 – 150
	5/32	110 – 160		1/4	350 – 450		5/32	140 – 190
	3/16	150 – 200	5/32	80 – 110	3/16		190 – 250	
	7/32	175 – 250	1/2	110 – 150	7/32		250 – 300	
	1/4	225 – 300	5/16	140 – 190	1/4		300 – 375	
E-6011	3/16	250 – 450	E-7014	3/16	180 – 260	E-7018	5/32	70 – 120
	3/32	50 – 90		7/32	250 – 325		1/8	100 – 150
	1/8	80 – 130		1/4	300 – 400		5/32	120 – 200
	5/32	120 – 180		5/16	400 – 500		3/16	200 – 275
	3/16	140 – 220		3/32	90 – 120		7/32	275 – 350
	7/32	170 – 250		1/8	120 – 150		1/4	300 – 400
E-6012	1/4	225 – 325	E-7024	5/32	180 – 230	E-7028	5/32	175 – 250
	3/32	40 – 90		3/16	250 – 300		3/16	250 – 325
	1/8	80 – 120		7/32	300 – 350		7/32	300 – 400
	5/32	120 – 190		1/4	350 – 400		1/4	375 – 475
	3/16	140 – 240		5/16	400 – 500			
	7/32	180 – 315						
E-6013	1/4	225 – 350						
	3/16	20 – 40						
	5/16	25 – 50						
	3/32	30 – 80						
	1/8	80 – 120						
	5/32	120 – 190						
	3/16	140 – 240						
	7/32	225 – 300						
	1/4	50 – 350						

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

D. Penggunaan CAD Dalam Pengelasan

Pernahkah kalian mendengar istilah CAD pada bidang manufaktur? Apa fungsi CAD dan bagaimana menggunakannya? CAD merupakan teknologi yang terus berkembang saat ini selain teknologi CAD-CAM-CNC yang digunakan untuk meningkatkan kualitas produk industri. Gambar 5.46 menunjukkan bahwa aplikasi CAD digunakan dalam mendesain sebuah konstruksi.

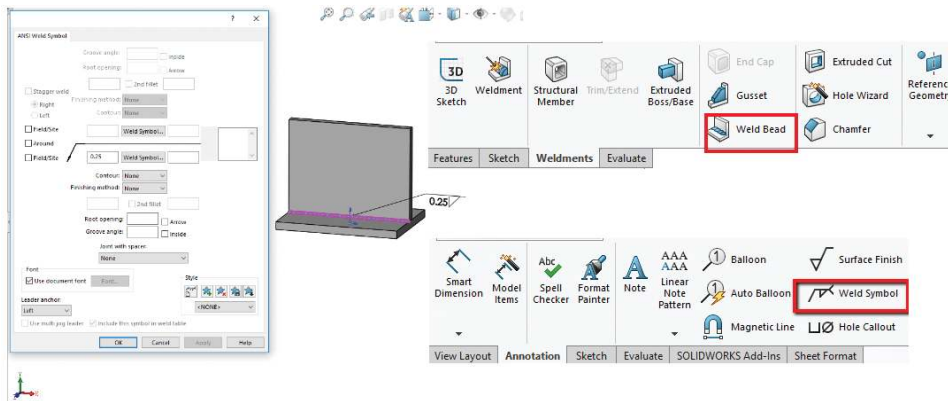


Gambar 5.46 Tampilan aplikasi CAD: mendesain reservoir.

Sumber: Davis, 2017

CAD merupakan perangkat lunak komputer yang digunakan untuk mendesain sebuah produk yang berada di fase desain selama proses *engineering*. Fasilitas yang dimiliki CAD adalah pemilihan material, proses, dimensi, dan toleransi. Desain yang digambar bisa berupa 2D atau 3D dan dapat dilihat dari berbagai pandangan.

CAD dapat berupa gambar 2 dimensi (2D) dan gambar 3 dimensi (3D). Perangkat lunak CAD dapat diintegrasikan dengan perangkat CAM (*Computer Aided Manufacturing*) karena perangkat lunak CAD merupakan aplikasi gambar 3 dimensi atau biasa yang disebut *solid modeling* guna memvisualisasikan komponen dan perakitan secara realistis. Pada Gambar 5.47 dicontohkan bagaimana penggunaan *software* Solidwork 3D dapat digunakan untuk mendesain sebuah sambungan las beserta simbolnya..



Gambar 5.47 Penggunaan *software* Solidwork 3D untuk mendesain sebuah sambungan las beserta simbolnya.

Sumber: Hernandez

1. Perbedaan CAD dan CAM

Antara CAD dan CAM terdapat perbedaan mendasar yang perlu kalian ketahui. Adapun perbedaannya di antaranya yaitu:

- CAD lebih spesifik terkait dengan pembuatan desain. Desain ini nantinya dapat dimasukkan ke dalam mesin dengan bantuan komputer untuk membuat produk manufaktur melalui penggunaan program CAM.
- Mesin CAM berbeda dari alat CAD. Untuk CAD, hanya komputer dan perangkat lunak CAD yang dibutuhkan teknisi atau *engineer* untuk membuat desain.
- Mesin CAM menyertakan komputer dan perangkat lunak CAM. Namun, selain itu proses pembuatannya membutuhkan mesin CAM pula. Ini adalah pusat mesin atau mesin kontrol yang menggunakan tiga atau lima sumbu yang kompatibel, canggih, dan berkecepatan tinggi.

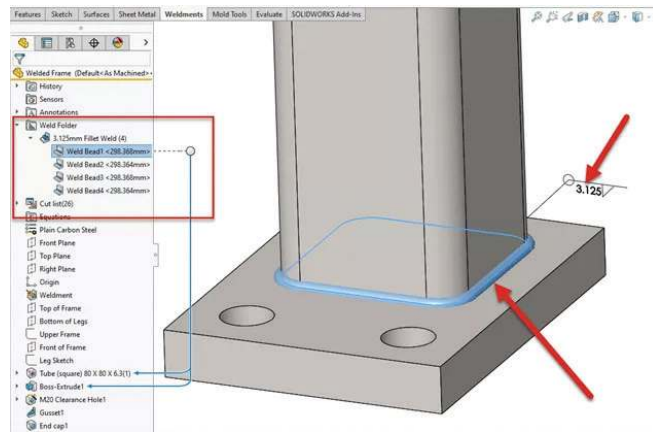
2. Aplikasi CAD

a. SolidCAM

Ini adalah perangkat lunak CAM yang terintegrasi dengan SolidWork dan *Autodesk Inventor*.

SolidWorks adalah aplikasi yang berfungsi untuk membantu proses desain (desain teknik), membuat simulasi proses permesinan seperti *turning*, *milling* dan *analysis* terhadap desain yang kita buat. SolidWorks bisa kita gunakan untuk membuat desain dalam bentuk 3D dan 2D. Akan tetapi SolidWorks lebih umum digunakan untuk membuat desain 3D seperti yang ditunjukkan Gambar 5.48.

Saat kita membuka dokumen baru, ada tiga opsi dokumen yaitu *part*, *assembly*, dan *drawing*. *Part*, untuk membuat desain part baru (komponen satuan). *Assembly*, untuk merakit beberapa part. *Drawing*, untuk membuat gambar 2D dari part atau *assembly* yang ada.

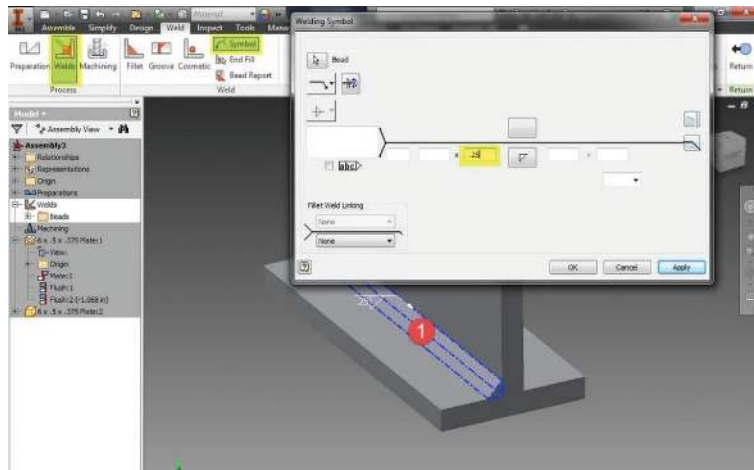


Gambar 5.48 Penggunaan solidwork dalam desain las.

Sumber: Hakeman, 2022

b. Autodesk Inventor

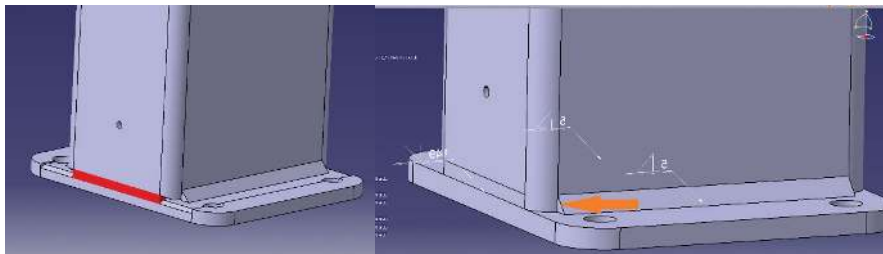
AutoCAD biasa digunakan untuk mendesain desain mekanik, sipil, hingga arsitektur seperti yang ditunjukkan Gambar 5.49. Khusus Autodesk Inventor digunakan dalam desain mekanik saja.



Gambar 5.49 Penggunaan Autodesk Inventor dalam desain *Introduction*.
 Sumber: Braithwaite, 2021

c. CATIA

Catia merupakan kepanjangan dari *Computer Aided Three Dimensional Interactive Application* adalah perangkat lunak yang sangat komplet dan multidisiplin ilmu. Desain kelistrikan, elektronika, fluida, teknik mesin, *aerospace, shape*, fabrikasi logam dan pengelasan seperti yang diperlihatkan Gambar 5.50.



Gambar 5.50 Penggunaan CATIA dalam desain dan simbol las.
 Sumber: James, 2013



Uji Kompetensi

Setelah kalian membaca dan memahami mengenai teknik dasar pengelasan dan fabrikasi logam, tentunya hal ini akan menambah wawasan dan kemandirian kalian dalam bekerja secara baik dan benar. Untuk menambah wawasan kalian, silahkan kerjakan tugas-tugas di bawah ini.

Soal pilihan ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat

1. Disebut apa suatu proses pengelasan busur listrik yang energi panas untuk pengelasannya dibangkitkan oleh busur listrik yang terbentuk antara elektroda yang terbungkus dan benda kerja ?
 - a. *Shield Metal Arc Welding*
 - b. *Gas Metal Arc Welding*
 - c. *Oxy Asetylen Welding*
 - d. *Gas Tungsten Arc Welding*
 - e. *Flux Core Arc Welding*
2. Rata-rata tegangan yang diperlukan oleh mesin las dengan arus AC adalah sebesar
 - a. 55–85 Volt
 - b. 50–100 Volt
 - c. 60–120 Volt
 - d. 65–125 Volt
 - e. 50–100 Volt
3. Berikut ini yang bukan termasuk parameter pengelasan SMAW adalah ...
 - a. Tegangan busur
 - b. Arus las
 - c. Flow rate gas
 - d. Polaritas listrik
 - e. Kecepatan pengelasan
4. Arah pengelasan SMAW 3F *Up* adalah
 - a. Arah dari kiri ke kanan
 - b. Arah maju mundur
 - c. Arah vertikal dari bawah ke atas
 - d. Arah vertikal dari atas ke bawah
 - e. Arah mundur

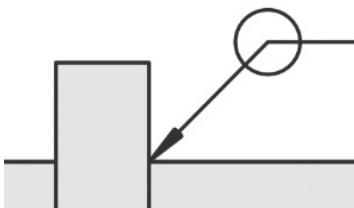
5. Pernyataan yang tidak tepat dari identifikasi elektroda las SMAW dengan kode E-7016 adalah
 - a. Posisi pengelasan untuk semua posisi
 - b. Jenis *coating low-hydrogen potassium*
 - c. Arus pengelasan DCEP,AC
 - d. Kekuatan tarik minimal 70.000 psi
 - e. Karakteristik las *medium penetration*

6. Simbol las di bagian bawah garis acuan (*reference line*) menandakan
 - a. Sebuah sisi lain
 - b. Kedua sisi
 - c. Sisi anak panah
 - d. Ukuran
 - e. Lebar

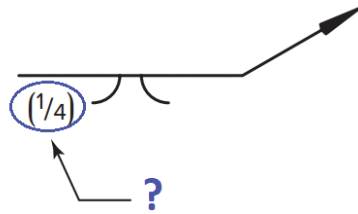
7. Garis yang merupakan garis horizontal yang berfungsi sebagai lokasi simbol dasar pengelasan, seperti dimensi pengelasan, jenis kampuh, jenis pengelasan dan simbol lainnya adalah..
 - a. Panah (Arrow)
 - b. Reference Line
 - c. Basic Weld Symbols
 - d. Dimensi
 - e. Finish Symbol

8. Sebuah simbol tambahan yang tidak harus disertakan atau hanya dimasukkan bila diperlukan, adalah..
 - a. Panah (*Arrow*)
 - b. *Reference Line*
 - c. *Supplementary Symbols*
 - d. Dimensi
 - e. *Finish Symbol*

9. Gambar di bawah ini merupakan simbol untuk menjelaskan....
 - a. *Weld All Around*
 - b. *Field Weld*
 - c. *Convex*
 - d. *Melt Through*
 - e. *Root Gap*



10. Simbol pengelasan yang ditunjukkan oleh tanda tanya (?) di bawah ini untuk menjelaskan....

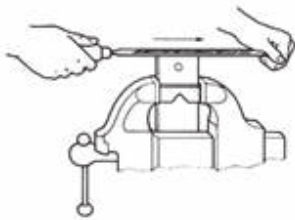


- a. *Thick material* 1/4 mm
b. *Root gap* 1/4 mm
c. *Fillet groove* 0,25 mm
d. *Fillet* 1/4 inchi
e. *Bevel groove* 1/4 inchi
11. Apa fungsi utama dari fluks elektroda SMAW?
- a. Untuk menaikkan busur listrik
b. Mempengaruhi kurangnya penetrasi lasan
c. Mencairkan logam dasar
d. Menghasilkan deposit yang kompleks
e. Melindungi busur listrik dan logam cair oleh gas yang ditimbulkan
12. Kode elektroda SMAW tertulis E6012, angka 2 pada digit ketiga memiliki arti
- a. Untuk semua posisi
b. Hanya posisi di bawah tangan
c. Jenis selaput elektroda potassium
d. Posisi di bawah tangan dan mendatar untuk sambungan fillet
e. Jenis fluks dan polaritas
13. Kode elektroda SMAW E-6010 dari bahan *mild steel* dengan diameter 2,4 mm besar arus pengelasan yang dianjurkan adalah ...
- a. 20–40 A
b. 30–60 A
c. 40–80 A
d. 70–120 A
e. 60 – 90 A

14. Kelembaban pada elektroda dapat menyebabkan

- a. Memudahkan penyalaan elektroda
- b. *Porosity*
- c. Mencegah proses pendinginan
- d. Bahan tambah berlebihan
- e. Busur las kecil

15. Perhatikan gambar di bawah!

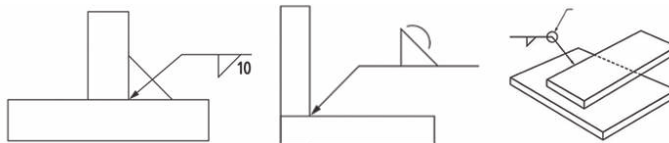


- a. Pengikiran ringan
- b. Pengikiran berat
- c. Pengikiran sedang
- d. Pengikiran maju mundur
- e. Pengikiran keras

Teknik pengikiran yang digunakan pada gambar di atas adalah

Tugas Kelompok

- 1. Bentuklah kelompok maksimal 5 orang.
- 2. Cermati simbol pengelasan di bawah ini.



- 3. Diskusikan dengan kelompok kalian.
- 4. Lengkapilah gambar simbol pengelasan di atas, termasuk informasi apa yang diperlukan. Setelah itu, presentasikan proses pengelasannya di depan kelas.

Soal esai

Jawablah dengan benar dan tepat

- 1. Apa fungsi elektroda las?
- 2. Jelaskan kode elektrode E-6013!

3. Apa perbedaan antara arus AC dan arus DC?
4. Apa yang dimaksud dengan polaritas?
5. Apa kelebihan dari polaritas mesin las DCEN dan DCEP?

Soal uraian singkat

Jawablah dengan ringkas dan benar

1. Faktor apa saja yang harus dipertimbangkan ketika menentukan jenis sambungan yang akan digunakan dalam pengelasan setiap unit struktur?
2. Sebutkan 4 alat perkakas tangan bertenaga!
3. Apa pengertian dari *butt joint*?
4. Apa fungsi alat perkakas tangan tap dan snei?
5. Pada jenis sambungan apa las alur (*groove*) dibuat?
6. Mengapa *grooved butt joints* lebih baik untuk mengelas pelat tebal daripada *square butt joints*?
7. Tentukan 5 jenis desain sambungan dalam pengelasan!
8. Jelaskan yang dimaksud dengan *weld all around*?
9. Bagaimana cara menentukan ukuran kaki las?
10. Sebutkan 2 perbedaan antara CAM dan CAM!



Pengayaan

Untuk menambah wawasan tentang, kalian dapat menelusuri berbagai situs yang ada di internet. Silahkan kalian klik tautan di bawah ini atau dengan memindai kode QR.



<https://www.expertlas.com/>



<https://memenangkan.com/>



Refleksi

Sebelum melanjutkan mempelajari materi pada bab berikutnya silahkan *review* kembali pemahaman kalian terkait materi pada bab 5 tentang teknik dasar teknologi pengelasan dan fabrikasi logam ini melalui pertanyaan-pertanyaan yang disajikan pada tabel berikut. Jika ada materi yang belum dipahami, kalian bisa menyampaikan terlebih dahulu kepada pendidik/guru pengampu ataupun berdiskusi dengan teman.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah saya telah mampu mengenal dan menggunakan perkakas tangan dan bertenaga dengan tepat dengan baik benar?		
2	Apakah saya telah mampu memahami gambar teknik dengan baik dan benar?		
3	Apakah saya telah mampu mengidentifikasi teknik dasar pengelasan dengan benar?		
4	Apakah saya telah mampu memahami penggunaan CAD dalam pengelasan dengan baik dan benar?		

GAMBAR TEKNIK PENGELASAN



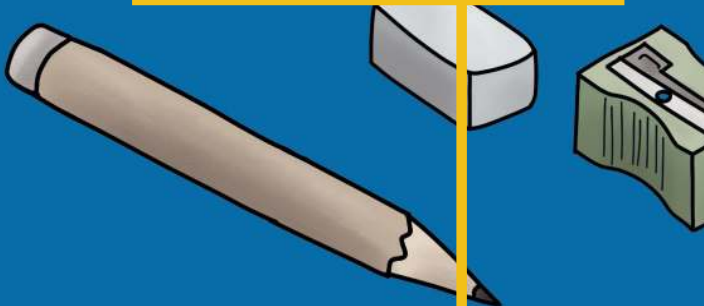
Tujuan Pembelajaran

Siswa mampu menggambar teknik dasar lingkup pengelasan, antara lain membuat sketsa tangan, menginterpretasi detail sketsa tangan, menginterpretasikan gambar teknik dan dasar gambar bentangan, serta menerapkan simbol las untuk pekerjaan pengelasan dan fabrikasi logam.



Indikator Pencapaian

- (1) Siswa mampu membuat sketsa tangan.
- (2) Siswa mampu memahami standar gambar untuk pengerjaan pengelasan.
- (3) Siswa mampu memahami penerapan gambar teknik beserta simbol-simbol untuk pengerjaan pengelasan dan fabrikasi logam.
- (4) Siswa mampu menginterpretasikan gambar kerja



Desain sebuah sambungan las memiliki pengaruh terhadap kualitas dan biaya lasan yang telah ditentukan. Pemilihan desain sambungan las yang tepat perlu mendapat perhatian dan keterampilan khusus.

Dalam menentukan desain sambungan las memerlukan pertimbangan yang detail. Sebagai contoh pertimbangan terkait dengan kekuatan dan biaya pengelasan, antara peralatan yang tersedia dan keterampilan tukang las. Karena ada begitu banyak faktor, maka desain sambungan las yang baik dibutuhkan seseorang yang berpengalaman dalam bidang tersebut. membutuhkan pengalaman. Orang yang berpengalaman akan sangat membantu seorang tukang las untuk menjadi seorang *joint designer* (perancang) dan *fabricator* (perakit) yang lebih baik.

Simbol pengelasan adalah bahasa yang digunakan untuk memberi tahu tukang las dengan tepat pengelasan apa yang dibutuhkan. Simbol pengelasan digunakan sebagai kode untuk memberikan semua informasi yang diperlukan kepada tukang las agar dapat membuat lasan yang benar. Bab ini akan menekankan penggunaan dan interpretasi simbol pengelasan.

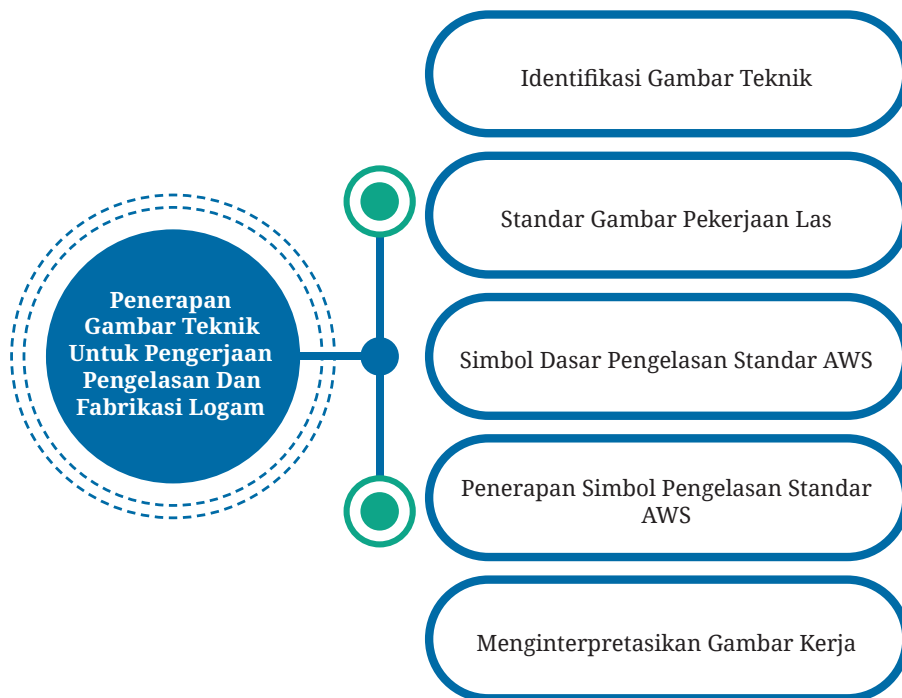


Kata Kunci

Gambar teknik, standar gambar, simbol pengelasan, gambar kerja



Peta Konsep



Gambar 6.1 Peta konsep

Apersepsi

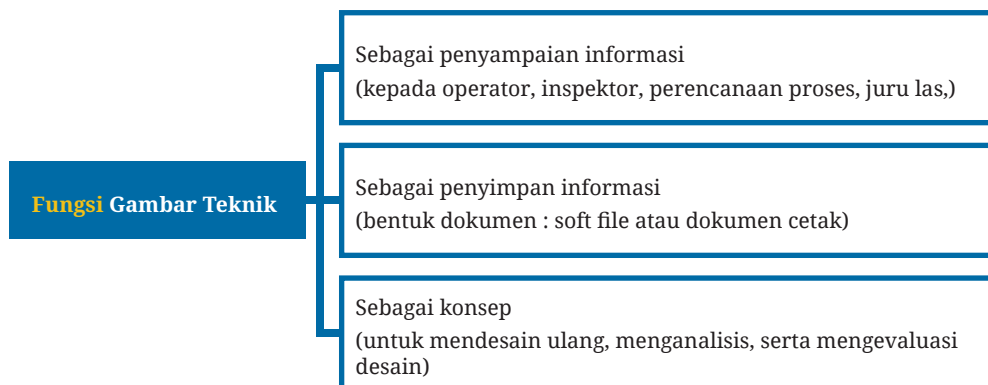
Gambar teknik merupakan alat komunikasi antara perencana kepada pelaksana yang bertujuan menyampaikan informasi dalam bentuk gambar yang dibuat secara detail, akurat, dan mudah dipahami oleh keduanya. Saat ini gambar dapat dibuat/didesain menggunakan bantuan *software* untuk mempermudah dan mempercepat dalam merancang.

Seorang juru las tentunya harus paham dan mampu membaca secara detail informasi-informasi yang tercantum dalam gambar kerja. Untuk itu, seorang juru las harus memahami dan mampu menginterpretasikan tentang gambar kerja yang menunjukkan daerah yang akan dikerjakan menggunakan mesin las. Membaca gambar kerja merupakan kompetensi dasar seseorang perancang, juru las, maupun inspektor sebelum melakukan pekerjaan. Gambar kerja dalam pengelasan melingkupi informasi-informasi yang dibutuhkan seperti penunjukan daerah las, simbol-simbol, bentuk sambungan, serta keterangan dimensi.

Aktivitas Pembelajaran

Gambar teknik sebagai alat komunikasi memiliki peran dan fungsi yang penting dalam bahasa gambar seperti yang ditunjukkan Gambar. Oleh karena itu, isi dari gambar teknik harus dapat menyampaikan informasi secara akurat dan objektif. Dalam gambar teknik pengelasan, informasi secara visual yang tidak dapat diungkapkan dalam bahasa lisan harus diwakili oleh simbol. Oleh karena itu, kualitas informasi yang dapat diberikan dalam sebuah gambar bergantung pada keahlian perancangannya. Selain itu, pembaca gambar juga harus memiliki pengetahuan tentang gambar teknik secara detail untuk dapat menginterpretasikan gambar kerja.

Gambar teknik dalam proses pengelasan berupa simbol-simbol yang menunjukkan daerah yang akan dilas, teknis proses pengelasannya, bahkan sampai jenis pengujiannya. Simbol pengelasan merupakan penunjukkan sambungan las pada gambar teknik yang dibuat dan dirancang oleh perancang las sebagai informasi daerah yang akan di las. Simbol digunakan untuk menunjukkan sambungan las pada gambar teknik yang dirancang oleh perancang untuk memberikan informasi penting tentang instruksi untuk daerah yang akan di las.



Gambar 6.2 Fungsi gambar teknik.

A. Identifikasi Gambar Teknik

1. Peralatan Gambar

Proses pembuatan gambar teknik dalam pengelasan membutuhkan alat-alat gambar yang sesuai dengan penggunaannya. Saat ini pembuatan gambar teknik dapat dilakukan secara manual dan menggunakan bantuan *software*. Berikut di bawah ini beberapa peralatan gambar teknik yang digunakan dalam menggambar.

a. Mesin Gambar

Mesin gambar merupakan alat bantu yang digunakan untuk mempermudah dan mempercepat menyelesaikan gambar. Mesin gambar biasanya dilengkapi dengan sepasang mistar dan busur derajat seperti yang ditunjukkan Gambar 6.3.

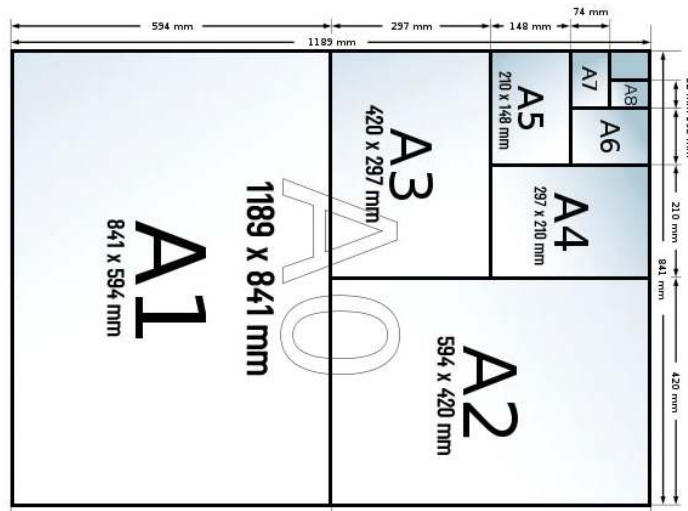


Gambar 6.3 Mesin gambar.

Sumber: Abdurrahman, 2020

b. Kertas Gambar

Kertas gambar merupakan tempat untuk menggoreskan garisan-garisan untuk menghasilkan gambar sesuai dengan keinginan. Untuk mendapatkan ukuran lain maka tinggal membagi kertas seperti yang ditunjukkan Gambar 6.4.



Gambar 6.4 Ukuran kertas gambar.

Sumber: Dani, 2015

Selanjutnya untuk standar ukuran kertas menurut ISO 261 dapat dilihat pada Tabel 6.1 berikut.

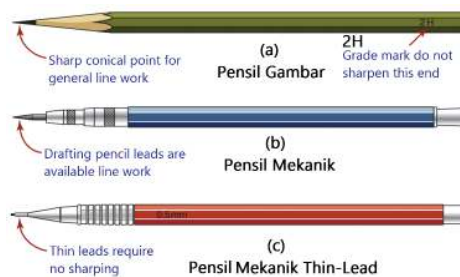
Tabel 6.1 Standar ukuran kertas gambar

Ukuran	Ukuran	
	Lebar (mm)	Panjang (mm)
A ₀	841	1189
A ₁	594	841
A ₂	420	594
A ₃	297	420
A ₄	210	297
A ₅	148	210

Sumber: Dani, 2015

c. Pensil Gambar (*Drawing Pencils*)

Pensil berfungsi untuk menulis dan membuat goresan di atas kertas gambar. Pensil gambar yang berkualitas tinggi akan sangat membantu untuk menghasilkan sketsa dan gambar yang berkualitas baik. Pada Gambar 6.5 ditunjukkan beberapa jenis pensil yang digunakan dalam menggambar.



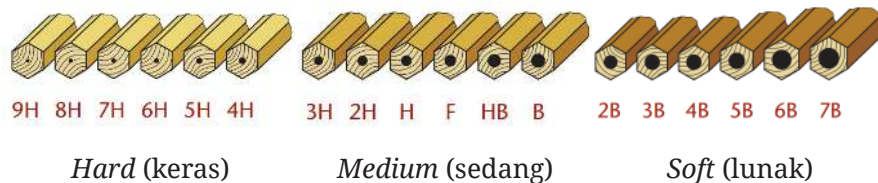
Gambar 6.5 Jenis pensil gambar.

Sumber: Giesecke, 2016

Drawing pencil adalah pensil yang lapisan luarnya terbuat dari kayu dan isinya terbuat dari grafit. Untuk menggunakan pensil batang harus meraut batang pensil terlebih dahulu sampai isi dari pensil tersebut runcing. *Mechanical pencil* merupakan pensil yang terpisah antara batang dengan isi pensil. Apabila isi pensil habis dapat diisi ulang sehingga dapat digunakan secara terus menerus. *Thin-lead mechanical*

pencil mirip dengan *mechanical pencil* hanya saja ujung isi pensil tidak runcing (rata) sehingga akan dapat menghasilkan lebar garis yang seragam tanpa diasah. Cara menggunakannya cukup menekan tombol pada bagian kepala pensil hingga isi pensil keluar. Ukuran pensil ini tersedia dengan diameter 0,3, 0,5, 0,7, atau 0,9 mm. Isi pensil dengan diameter 0,5 mm adalah ukuran umum yang baik, atau kalian dapat menggunakan diameter 0,7 mm untuk garis tebal dan 0.3 mm untuk garis tipis.

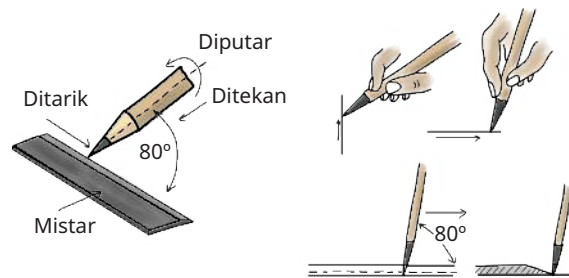
Pensil gambar dibagi menjadi 18 kelas dari 9H (paling keras) hingga 7B (paling lunak) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.6. Tingkat kekerasan pensil yang ditandai dengan kode H (*Hard*), B (*Black*), HB (*Half Black*) dan F (*Fine point*). Pada pensil juga biasanya terdapat kode seperti H, HB (*Half Black*). Misalnya kode pensil 2B yang menunjukkan tingkat kehitaman dari goresan pensil yang ditorehkan di atas kertas.



Gambar 6.6 Tingkat kekerasan pensil gambar.

Sumber: Giesecke, 2016

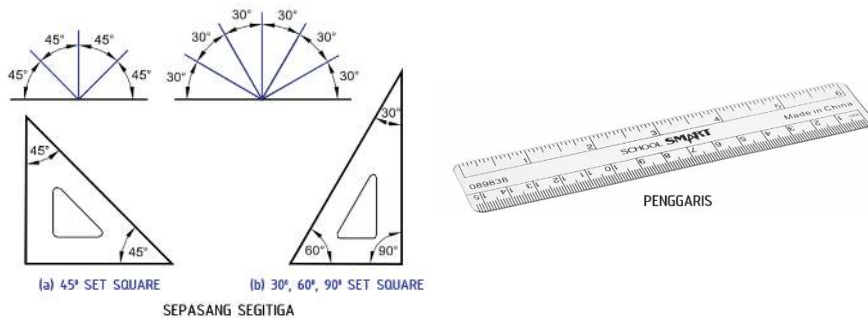
Gambar 6.7 diperlihatkan bagaimana teknik penggunaan pensil dalam membuat goresan di atas kertas.



Gambar 6.7 Menggunakan pensil.

d. Penggaris dan Sepasang Segitiga

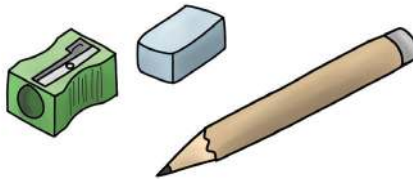
Jenis penggaris yang digunakan dalam menggambar diantaranya yaitu sepasang segitiga (*set squares*) dan penggaris (*ruler*) seperti yang ditunjukkan Gambar 6.8. Sepasang segitiga digunakan untuk membuat garis lurus sejajar dan tegak lurus sedangkan penggaris untuk membuat garis lurus saja.



Gambar 6.8 Jenis penggaris.

e. Karet penghapus (*Rubber*)

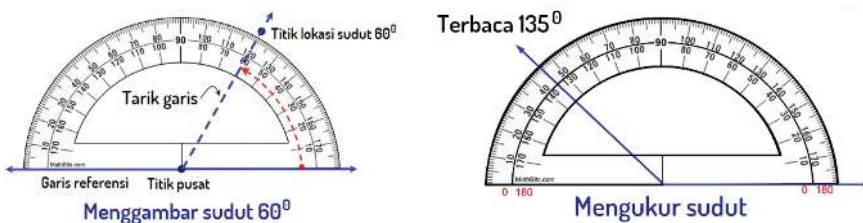
Karet penghapus berfungsi untuk menghapus garis atau goresan yang tidak berguna. Penghapus ini mempunyai bahan yang bisa menghilangkan karbon dikertas yang dihasilkan pensil.



Gambar 6.9 Rautan, Eraser dan pensil.

f. Busur Derajat (*Protractor*)

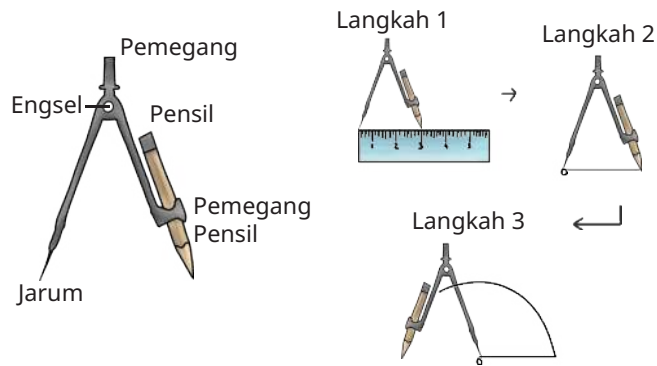
Busur derajat digunakan untuk membuat dan mengukur besar sudut. Penggunaannya cukup dengan meletakkan busur derajat di atas gambar sudut. Letakkan titik pusat busur derajat di titik sudut pada gambar sudut yang diukur seperti yang diperlihatkan Gambar 6.10.



Gambar 6.10 Menggunakan busur derajat

g. Jangka (*Compass*)

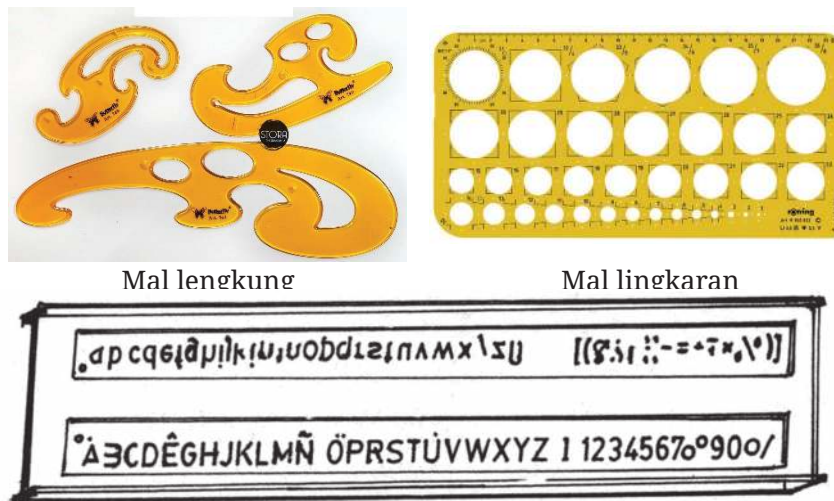
Jangka digunakan untuk membuat lingkaran baik menggunakan pensil maupun pena. Cara penggunaan jangka dapat dilihat pada Gambar 6.11.



Gambar 6.11 Menggunakan jangka.

h. Mal

Mal merupakan salah satu peralatan gambar teknik yang mempunyai fungsi untuk membuat pola-pola tertentu seperti garis melengkung, huruf, dan pola-pola sulit lainnya seperti yang diperlihatkan Gamba 6.12.




Gambar 6.12 Jenis mal gambar.

2. Jenis-Jenis Garis Gambar

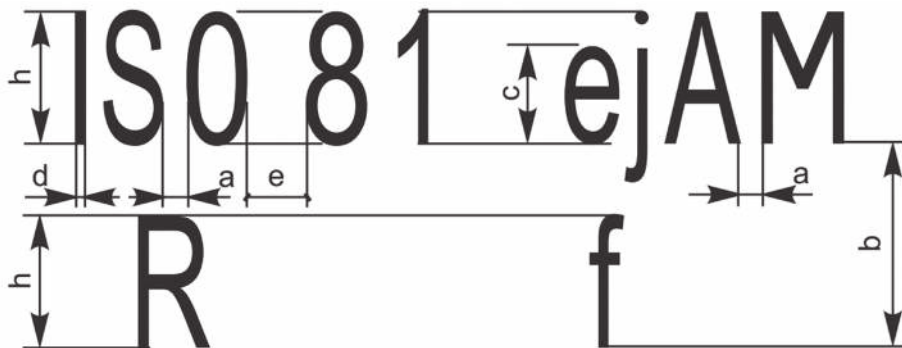
Garis gambar dalam pembuatan gambar teknik memiliki fungsi dan tujuan masing-masing. Jenis garis gambar memiliki ketentuan atau standar dalam pembuatannya. Jenis-jenis garis yang dapat digunakan dalam gambar mesin dapat ditentukan berdasarkan bentuk dan ketebalan garis. Berikut disajikan dalam Tabel 6.2 mengenai jenis-jenis garis gambar menurut ISO.R 128.

Tabel 6.2 Macam-macam garis gambar dan penggunaannya

No	Jenis Garis	Keterangan	Penggunaan
1		Garis tebal kontinyu	- Garis benda nyata (garis benda terlihat) - Garis khayal berpotongan (garis imajiner) - Garis ukuran
2		Garis tipis kontinyu (lurus atau lengkung)	- Garis proyeksi - Garis penunjuk - Garis arsir - Garis nyata pada penampang yang diputar di tempat - Garis sumbu pendek
3		Garis tipis kontinyu bebas	Garis batas yang dipotong, jika batasnya bukan garis bergores tipis
4		Garis tipis kontinyu dengan zig-zag	Garis batas yang dipotong, jika batasnya bukan garis bergores tipis
5		Garis gores tebal	Garis gambar terhalang (Garis benda/nyata terhalang)
6		Garis gores tipis	- Garis sumbu - Garis simetri - Garis lintasan
7		Garis gores tipis yang dipertebal ujungnya dan perubahan arah	Garis yang menunjukkan bidang potong
8		Garis gores tipis	Garis yang menunjukkan permukaan benda kerja yang harus mendapatkan pengerjaan khusus
9		Garis gores ganda tipis	- Garis benda/bagian yang berdekatan - Posisi alternatif dan batas kedudukan benda yang bergerak - Garis sistem

3. Standar Huruf dan Angka

Dalam gambar teknik, huruf dan angka memiliki fungsi untuk memperjelas maksud dari sebuah gambar dan memberi keterangan gambar (Gambar 6.13). Pada Tabel 6.3 dan Tabel 6.4 disajikan standar ukuran huruf dan angka pada gambar teknik.



Keterangan :

h = ketinggian dari huruf atau angka

c = ketinggian dari huruf kecil

a = jarak antara huruf satu dengan huruf lainnya

b = jarak garis dari ketinggian huruf ditambah jarak antara huruf atau angka dengan huruf atau angka dibawahnya.

e = jarak antar kata

d = ketebalan dari huruf atau angka yang digunakan.

Gambar 6.13 Dimensi huruf dan angka.

Sumber: Narayana, Kannaiah dan Reddy, 2006

Tabel 6.3 Ukuran huruf tipe A ($d = h/14$)

Penggunaan	Rasio	Ukuran (mm)							
Tinggi huruf besar (Kapital)	h $(14/14)h$	2.5	3.5	5	7	10	14	20	
Tinggi huruf kecil (<i>lower case letter</i>)	c $(10/14)h$	—	2.5	3.5	5	7	10	14	
Jarak antar huruf	a $(2/14)h$	0.35	0.5	0.7	1	1.4	2	2.8	
Jarak tiap baris	b $(20/14)h$	3.5	5	7	10	14	20	28	
Jarak antar kata	e $(6/14)h$	1.05	1.5	2.1	3	4.2	6	8.4	
Lebar huruf	d $(1/14)h$	0.18	0.25	0.35	0.5	0.7	1	1.4	

Sumber: Narayana, Kannaiah dan Reddy, 2006

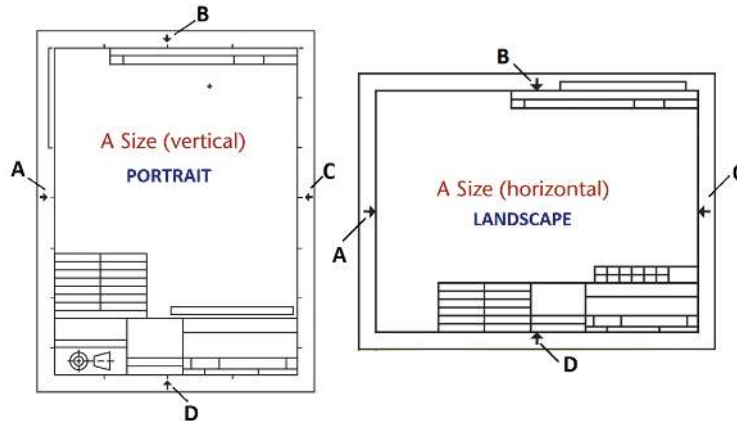
Tabel 6.4 Ukuran huruf tipe B ($d = h/10$)

Penggunaan	Rasio	Ukuran (mm)							
Tinggi huruf besar (Kapital)	h $(10/10)h$	2.5	3.5	5	7	10	14	20	
Tinggi huruf kecil (<i>lower case letter</i>)	c $(7/10)h$	—	2.5	3.5	5	7	10	14	
Jarak antar huruf	a $(2/10)h$	0.5	0.7	1	1.4	2	2.8	4	
Jarak tiap baris	b $(14/10)h$	3.5	5	7	10	14	20	28	
Jarak antar kata	e $(6/14)h$	1.5	2.1	3	4.2	6	8.4	12	
Lebar huruf	d $(1/10)h$	0.25	0.35	0.5	0.7	1	1.4	2	

Sumber: Narayana, Kannaiah dan Reddy, 2006

4. Tata Letak Gambar (*Layout*)

Tata letak kertas gambar dibagi menjadi dua yaitu *landscape* dan *portrait*. Untuk ukuran kertas A4, posisi yang diperbolehkan hanyalah posisi tegak/*portrait*, sedang untuk ukuran A3, A2, A1 dan A0, dapat menggunakan kedua posisi kertas (Gambar 6.14).



Gambar 6.14 Tata letak kertas gambar.

Sumber: Giesecke, 2016

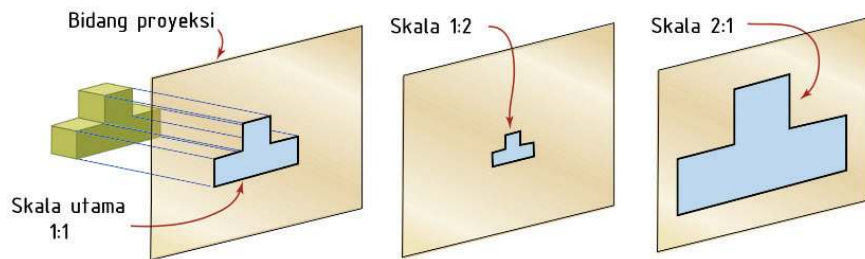
Sebelum menggambar, maka pada kertas gambar diberi garis batas. Nilai garis batas berbeda-beda sesuai dengan ukuran kertas seperti yang ditunjukkan Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Margin kertas gambar standar ISO.

Ukuran Kertas	Batas Kiri (A)	Batas Atas (B)	Batas Kanan (C)	Batas Bawah (D)
A0	20 mm	10 mm	20 mm	10 mm
A1	20 mm	10 mm	20 mm	10 mm
A2	20 mm	10 mm	20 mm	10 mm
A3	20 mm	10 mm	20 mm	10 mm
A4	20 mm	5 mm	5 mm	5 mm
A5	20 mm	5 mm	5 mm	5 mm

Sumber: Yudianto dan Agung, 2021

Dalam menggambar terkadang ukuran gambar lebih besar dari ukuran kertas, sehingga perlu dibuat skala (Gambar 6.15). Skala adalah perbandingan antara ukuran gambar dengan ukuran yang sebenarnya.



Gambar 6.15 Ilustrasi skala gambar.
Sumber: Giesecke, 2016

Berikut disajikan Tabel 6.6 tentang skala gambar teknik sebagai referensi dalam menggambar.

Tabel 6.6 Skala pada gambar teknik

Jenis skala	Skala yang direkomendasikan		
Skala perbesaran	50 : 1	20 : 1	10 : 1
	5 : 1	2 : 1	
Ukuran sebenarnya			1 : 1
Skala pengecilan	1 : 2	1 : 5	1 : 10
	1 : 20	1 : 50	1 : 100
	1 : 200	1 : 500	1 : 1000
	1 : 2000	1 : 5000	1 : 10000

Sumber: Narayana, Kannaiah dan Reddy, 2006

Sebagai contoh jika panjang poros pada gambar teknik adalah 10 mm dengan skala 1:10. Dengan demikian maka, panjang sebenarnya adalah 100 mm karena 1 mm di gambar mewakili 10 mm pada ukuran sebenarnya.

5. Proyeksi Gambar

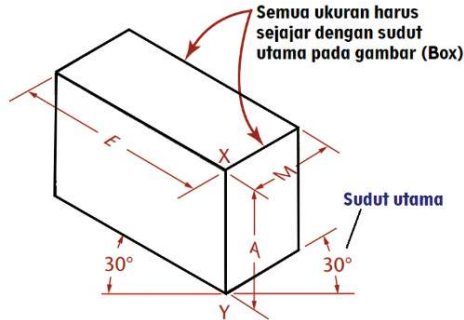
Proyeksi gambar adalah pandangan dari benda nyata atau khayalan, yang digambarkan dalam bentuk garis-garis pandangan oleh pengamat terhadap suatu bidang datar. Proyeksi berfungsi untuk menampilkan wujud benda ke dalam bentuk gambar yang diinginkan. Berikut ini beberapa jenis proyeksi gambar yang perlu kalian ketahui.

a. **Proyeksi Pictorial**

Proyeksi pictorial adalah cara penyajian suatu gambar tiga dimensi terhadap bidang dua dimensi.

1) Proyeksi isometri

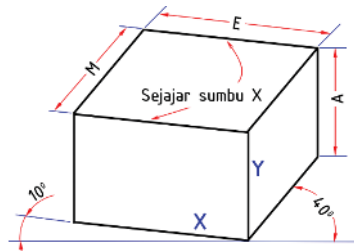
Proyeksi yang memiliki sudut 30° diantara sumbu x dan y serta memiliki ukuran panjang yang sama pada masing-masing sumbu seperti yang diperlihatkan Gambar 6.16.



Gambar 6.16 Proyeksi isometri.
Sumber: Giesecke, 2016

2) Proyeksi Dimetri

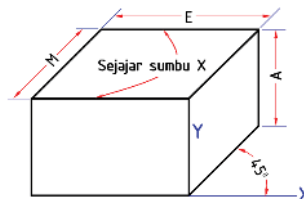
Proyeksi yang memiliki sudut 10° pada sumbu X dan 40° pada sumbu y dengan skala ukuran sumbu x = 1:1 dan sumbu y = 1:2 seperti yang ditunjukkan Gambar 6.17.



Gambar 6.17 Proyeksi dimetri.

3) Proyeksi Miring (*Oblique*)

Proyeksi yang mana sumbu x berhimpit dengan garis horisontal/ mendatar dan sumbu y mempunyai sudut 45° dengan garis mendatar. Skala ukuran sumbu x = 1 : 1 dan pada sumbu y = 1 : 2, sedangkan pada sumbu z = 1 : 1.



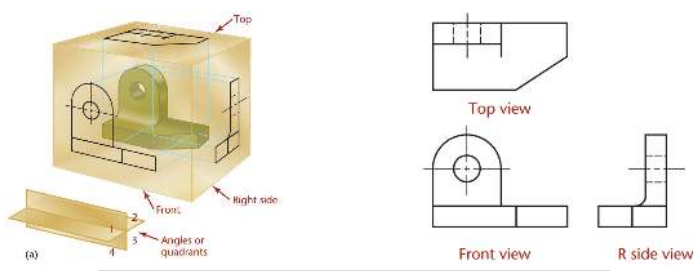
Gambar 6.18 Proyeksi miring.

b. Proyeksi Ortogonal

Proyeksi ortogonal adalah sebuah sistem penggambaran untuk merepresentasikan pandangan dari berbagai sisi yang berbeda dari sebuah obyek sehingga memungkinkan bagi kita untuk menampilkan bentuk dari sebuah obyek dengan menggunakan dua *view* (pandangan) atau lebih. Sedang proyeksi jika dilihat dari segi memandangnya dibagi menjadi dua yaitu proyeksi Eropa dan proyeksi Amerika.

1) Proyeksi Eropa

Proyeksi Eropa adalah gambar proyeksi yang peletakan bidangnya terbalik dengan arah pandangnya. Proyeksi Eropa disebut juga sebagai proyeksi kuadran I (pertama).

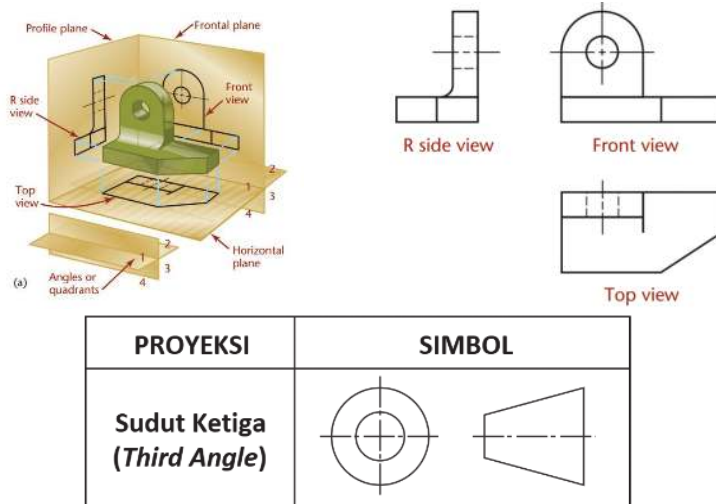


PROYEKSI	SIMBOL
Sudut Pertama (First Angle)	

Gambar 6.19 Simbol proyeksi Eropa.
Sumber: Giesecke, 2016

2) Proyeksi Amerika

Proyeksi Amerika adalah gambar proyeksi yang penempatan bidangnya sesuai dengan arah pandangnya. Pandangan utama yang dimaksud adalah pandangan depan. Proyeksi Amerika disebut juga sebagai proyeksi kuadran III.



Gambar 6.20 Simbol proyeksi Amerika.

Sumber: Giesecke, 2016

B. Standar Gambar Pekerjaan Las

Dalam bekerja seorang juru las berpatokan pada gambar kerja. Pada Gambar di tunjukkan beberapa standar yang digunakan pada proses pengelasan. Kompetensi dalam memahami standar gambar ini perlu dimiliki oleh juru las agar mampu menterjemahkan simbol – simbol pengelasan, penempatan simbol pengelasan pada gambar, penempatan ukuran/dimensi gambar, teknik pengelasan, elektroda yang digunakan, serta simbol – simbol tambahan lainnya.

Jika hanya mengandalkan kemampuan juru las karena sudah memiliki pengalaman di lapangan, tentunya hal seperti ini akan sangat berisiko karena di dalam proses pengelasan, jenis dan ukuran sambungan las harus sesuai dengan logam induk, proses pengelasannya, dan standar pengelasan yang digunakan. *Job sheet* pengelasan di industri pengelasan disebut juga *Welding Procedure Specification* (WPS) yang harus dipahami juru las sebelum dan sesudah melakukan kegiatan praktik pengelasan.

WPS merupakan dokumen prosedur pengelasan yang berisi variable pengelasan yang diperlukan untuk melakukan pengelasan agar menghasilkan sambungan las sesuai dengan standar yang diacu. Contoh ilustrasi pada gambar instruksi dilakukan pengelasan seperti terlihat pada gambar 6.21.

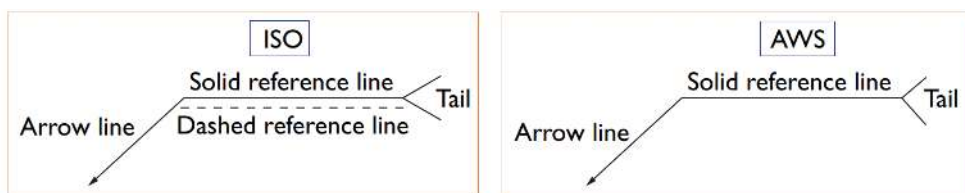


Gambar 6.21 Simbol pengelasan dan hasil pengelasan.

Beberapa negara telah mengembangkan standar sendiri untuk pengerjaan las, namun dibutuhkan standar yang dapat diakui secara internasional untuk memenuhi pelanggan secara global. Sebagai contoh simbol dari amerika adalah AWS (*American Welding Society*). Standar AWS telah banyak digunakan secara luas khususnya dalam industri minyak dan telah digunakan sekitar setengah industri pengelasan di dunia. Selain itu ada pula standar ISO (*International Organization for Standardization*) yang dapat digunakan secara internasional. Penggunaan standar pengelasan tergantung dari permintaan pasar pada masing-masing negara.

C. Simbol Dasar Pengelasan Standar AWS

Elemen dasar pada simbol pengelasan memiliki 3 elemen elemen diantaranya yaitu *arrow line*, *reference line* dan *tail* seperti yang ditunjukkan Gambar 6.22. Terkadang dalam pengelasan *butt weld* atau *groove weld* memiliki bentuk dan ukuran las *fillet*, maka dibutuhkan seperangkat simbol las yang dapat mewakilinya.



Gambar 6.22 Reference lines dan arrow lines standar ISO dan AWS.

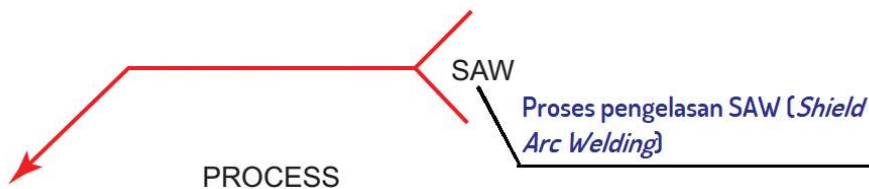
Sumber: Armstrong dan Gregory, 2005

Dalam sistem ISO *reference line* terdapat dua garis sejajar yaitu garis putus-putus (*dashed*) dan garis lurus. Sedangkan sistem AWS *reference line* menggunakan garis lurus (*solid reference line*). Secara ringkas pada elemen dasar simbol pengelasan terdapat bagian-bagian yang memiliki fungsi masing-masing, diantaranya yaitu :

1. Garis referensi (*reference line*), merupakan garis horizontal yang berfungsi sebagai tanda atau lokasi simbol, seperti jenis kampuh, ukuran las, jenis

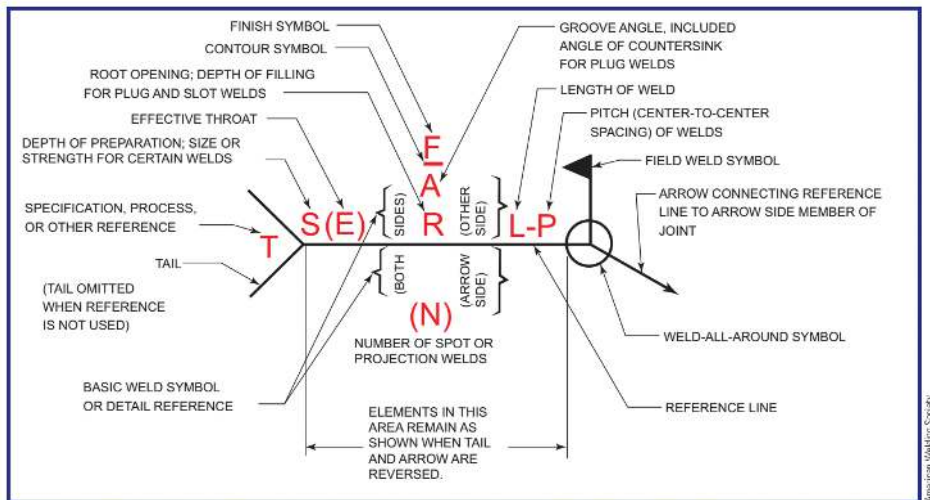
proses pengelasan, dan simbol-simbol las lainnya. Garis referensi selalu berbentuk garis horizontal, walaupun saat anak panah berubah arah.

2. Anak panah (*arrow*), merupakan simbol yang harus ada dalam simbol pengelasan. Anak panah menunjukkan titik atau posisi dimana akan dilakukan pengelasan. Arah anak panah dapat berubah naik atau turun tergantung titik yang akan dilakukan pengelasan.
3. Simbol dasar pengelasan (*basic welding symbol*), merupakan simbol yang mewakili jenis pengelasan yang dibutuhkan, umumnya untuk simbol pengelasan sambungan *fillet*, *spot*, *seam*, maupun *plug* yang dikhususkan pada permukaan (*cover*) atau bagian *root*.
4. Simbol pengelasan tambahan (*supplementary weld symbols*), merupakan simbol tambahan yang dicantumkan jika membutuhkan informasi tambahan dalam gambar kerja. Contoh informasi tambahan seperti pengelasan yang dilakukan keliling, simbol finishing pada permukaan seperti kontur las rata, cekung, ataupun cembung.
5. *Finish symbols*, merupakan pemberian instruksi tentang informasi pengerjaan setelah dilakukan proses pengelasan seperti penyelesaian permukaan menggunakan penggerindaan maupun gouging pada bagian permukaan daerah hasil las.
6. Ukuran (*dimensions*), merupakan pemberian ukuran yang bertujuan agar dimensi hasil pengelasan dan persiapan sambungan sesuai dengan gambar kerja. Pemberian ukuran dalam simbol las umumnya pada panjang *throat*, tinggi *capping*, dan panjang *leg length*. Sedangkan pemberian dimensi dalam jenis sambungan las umumnya pada sudut bevel atau kampuh, *root gap*, maupun *root face*.
7. Ekor (*tail*), merupakan bagian dimana dapat digunakan sebagai penambahan instruksi yang spesifik seperti proses pengelasan, prosedur yang digunakan, ataupun perintah tambahan lainnya. Sebagai contoh Gambar 6.23 menunjukkan simbol pengelasan dengan menambahkan jenis pengelasan pada bagian ekor seperti SMAW, ASW, GMAW, GTAW, maupun jenis las lainnya.



Gambar 6.23 Simbol pengelasan dengan menunjukkan jenis proses pengelasan.

Untuk memahami lebih lengkap mengenai elemen dasar simbol las lainnya, silahkan kalian amati Gambar 6.24.



Gambar 6.24 Standar elemen simbol pengelasan .

Sumber: AWS-A2.4, 2020

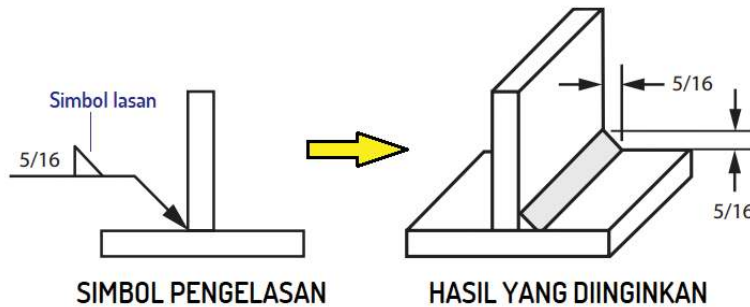
D. Penerapan Simbol Pengelasan Standar AWS

Simbol-simbol pengelasan digunakan sebagai lambang atau instruksi kerja untuk proses pengerjaan las kepada juru las. Sehingga juru las dapat melakukan proses pengelasan sesuai dengan desain dari perancang. Dalam sebuah proyek konstruksi, gambar teknik yang merupakan gambar desain lebih dikenal dengan sebutan *Detail Engineering Design* (DED). DED merupakan dokumen desain teknis konstruksi bangunan yang terdiri dari gambar teknis, spesifikasi teknis dan spesifikasi umum, volume serta biaya pekerjaan.

Standar utama yang mendefinisikan dan mengatur tentang gambar teknik dalam pengelasan yaitu ISO 2553 yang dipublikasikan oleh *International Organization for Standardization* dan ANSI/ AWS A2.4:2007 yang dipublikasikan oleh *American National Standards Institute*. Kedua standar ini mengatur masing-masing penerapan pada simbol-simbol las dan memiliki beberapa perbedaan.

Simbol *arrow line* berbentuk tanda panah pada ujungnya yang digunakan sebagai penunjuk daerah permukaan yang akan dilakukan penyambungan las. *Reference line* berbentuk garis datar yang lurus dan berfungsi sebagai keterangan bentuk sambungan yang akan dilakukan. *Arrow side* memiliki arti sambungan las terlepas pada area yang ditandai dengan panah. Sedangkan sisi (*other side*) memiliki arti sambungan las berada di area yang berlawanan dengan tanda panah. Informasi tambahan (*supplementary information*) memiliki arti terdapat

keterangan tambahan seperti jenis mesin las yang digunakan, pengujian NDT (*Non-Destructive Test*) yang digunakan, maupun proses pengerjaan sesuai dengan yang tercantum dalam WPS. Selanjutnya dari simbol pengelasan dapat dilihat hasil terjemahannya pada Gambar 6.25.



Gambar 6.25 Penerapan simbol pengelasan dan hasil yang diinginkan pada *fillet weld*.

Penulisan simbol lasan di atas garis, simbol tersebut menunjukkan sisi sebaliknya, pengelasan akan dilakukan di sisi yang sebaliknya (seberangnya) dari tanda panah. Kalau di bawah garis, menunjukkan bahwa simbol pengelasan akan dilakukan di sisi sesuai panah.

1. Simbol Sambungan *Butt/Groove*

Groove weld adalah las yang dilakukan setelah suatu alur yang sesuai disusun di tepi dua bagian yang akan dilas. Hal ini diterapkan untuk *butt joints* (sambungan tumpul), *T-joints* (sambungan T), *corner joints* (sambungan sudut) dan *edge joints* (sambungan tepi) seperti ditunjukkan Tabel 6.7.

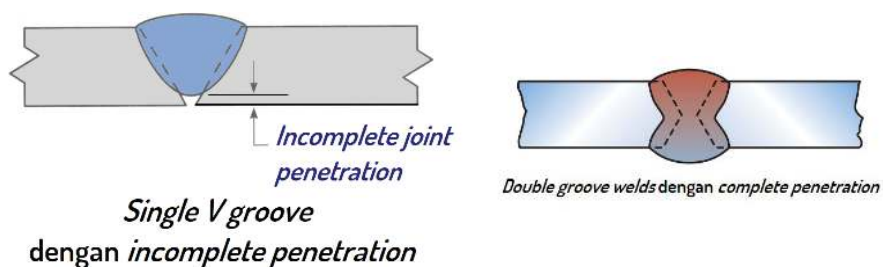
Tabel 6.7 Simbol-simbol pada jenis sambungan *butt/groove*

Jenis sambungan	Ilustrasi	Simbol las
<i>Single-V butt/groove weld</i>		
<i>Square butt/groove weld</i>		
<i>Single bevel butt/groove weld</i>		

Jenis sambungan	Ilustrasi	Simbol las
<i>Single-U butt/groove weld</i>		
<i>Single-J butt/groove weld</i>		
<i>Butt weld between plates dengan raised edges (ISO). Edge weld on a flanged groove joint (AWS)</i>		 ISO AWS
<i>Single-V butt weld dengan broad root face</i>		
<i>Single bevel butt weld dengan broad root face</i>		

Sumber: Gregory dan Armstrong, 2005

Las alur (*groove*) terdiri dari *complete joint penetration weld* (penetrasi las penuh) dan *incomplete joint penetration weld* (penetrasi tidak penuh) seperti ditunjukkan pada Gambar 6.26.



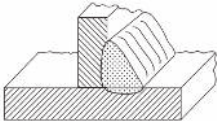

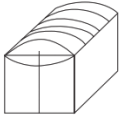

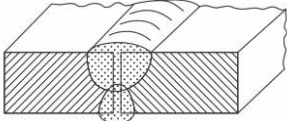

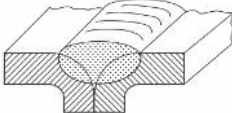

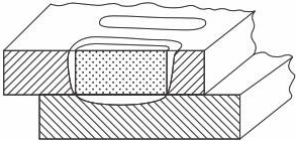

Gambar 6.26 Jenis-jenis penetrasi lasan.

2. Simbol Sambungan Fillet dan Edge Welds, Backing Run atau Weld, Flare Groove dan Bevel Welds, dan Plug atau Slot Weld

Las *Fillet* adalah las di mana *bead* (manik-manik las) diletakkan di dua sudut permukaan bagian *part* yang ortogonal sehingga penampang dari *bead*

adalah segitiga. Hal ini diterapkan pada *T-joint*, *cross joint*, *lap joint*. Berikut ditunjukkan dalam Tabel 6.8 mengenai bentuk penampang dari *bead* menjadi *convex fillet weld* (las filet cembung), *concave fillet weld* (las filet cekung) dan *concave-convex mixed fillet weld* (las filet campuran cembung-cekung).

Tabel 6.8 Simbol-simbol pada jenis sambungan *fillet and edge welds, backing run or weld, flare groove and bevel welds, and plug or slot weld*

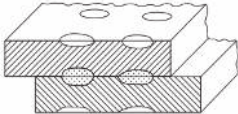
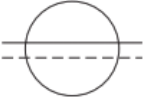
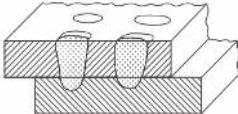
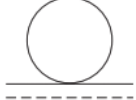
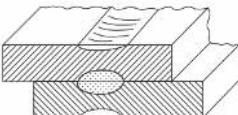

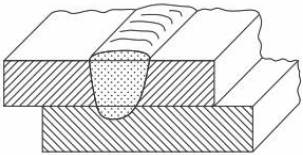
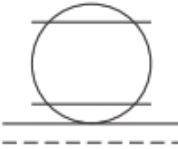
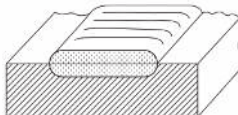

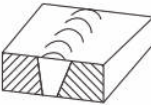

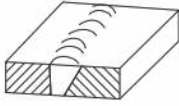

Jenis sambungan	Ilustrasi	Simbol las
<i>Fillet weld</i> (las sudut)		
<i>Edge weld</i> (las ujung tepi)		
<i>Backing run (ISO)</i> <i>Backing weld (AWS)</i> (kampuh pelapis)		
<i>Flare-V-groove weld</i> (AWS)		
<i>Plug or slot weld</i> (las tumpuk dengan lubang kampuh bulat atau alur)		

Sumber: Gregory dan Armstrong, 2005

3. Simbol Sambungan *Spot dan Seam Welds, Surfacing, dan Steep Flanked Butt Welds*

Simbol sambungan *spot dan seam welds, surfacing, dan steep flanked butt welds* menandakan jenis penyambungan yang ditampilkan menyerupai bentuk kampuh las pada setiap jenis sambungan. Tabel 6.9 menunjukkan simbol sambungan dan ilustrasi pada masing-masing jenis sambungan las.

Tabel 6.9 Simbol-simbol pada jenis sambungan *spot and seam welds, surfacing, and steep flanked butt welds*

Jenis sambungan	Ilustrasi	Simbol las
<i>Resistance spot weld</i>		
<i>Arc spot weld</i>		
<i>Resistance seam weld</i>		
<i>Arc seam weld</i> (las tumpuk tahanan listrik dengan kampuh bentuk alur)		
<i>Surfacing</i> (las pelapisan permukaan)		
<i>Steep flanked single-V butt weld</i>		
<i>Steep flanked single-bevel butt weld</i>		

Sumber: Gregory dan Armstrong, 2005


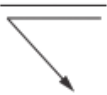











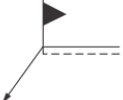
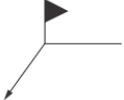
Surfacing memberikan lapisan pada permukaan bidang yang dilas dengan tujuan anti korosi, anti abrasi atau tahan panas dibandingkan logam induk.

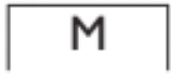
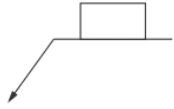
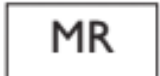
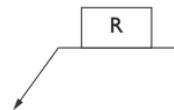
4. Simbol tambahan

Simbol ini ditambahkan untuk melengkapi simbol utama sebagai tanda bentuk permukaan kampuh las yang diinginkan, seperti permukaan yang rata, cekung atau cembung. Bilamana simbol tambahan ini tidak dicantumkan, maka hal itu berarti bentuk permukaan kampuh las tersebut

tidak harus dibuat secara spesifik. Pada Tabel 6.10 ditunjukkan beberapa simbol tambahan dalam pengelasan.

Tabel 6.10 Simbol tambahan

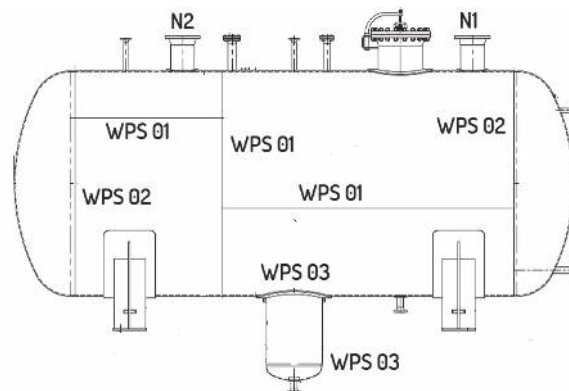
Simbol	ISO	AWS
<i>Flush or flat</i> (rata)		
<i>Convex</i> (cembung)		
<i>Concave</i> (cekung)		
<i>Toes shall be blended smoothly</i> (kampuh permukaan lengkung)		Tidak ada
<i>Spacer</i>	Tidak ada	
<i>Back or backing weld</i>	Tidak ada	
<i>Melt through</i>	Tidak ada	
<i>Consumable insert</i>	Tidak ada	
<i>Weld all round</i>		
<i>Field weld</i>		

Simbol	ISO	AWS
<i>Backing</i>		
<i>Removable backing</i>		

Sumber: Gregory dan Armstrong, 2005

E. Menginterpretasikan Gambar kerja

Menginterpretasikan gambar kerja merupakan kegiatan untuk melakukan identifikasi proses pengelasan yang ditunjukkan oleh gambar kerja. Gambar 6.27 ditunjukkan contoh *welding map* pada konstruksi *pressure vessel* dengan 4 WPS pada proses manufaktur.



Gambar 6.27 *Welding map* konstruksi *pressure vessel*

Sumber: Hayes, 2020

Contoh identifikasi pada *welding map* yaitu gambar kerja, simbol las dan dimensi las, gambar alur kerja (*process engineering*) dan proses pengelasan. Pada Gambar 6.27 dapat diidentifikasi bahwa WPS 01 menggunakan sambungan longitudinal dan melingkar. WPS 02 digunakan pada kepala ke *shell joint* (sambungan dinding). WPS 03 digunakan untuk *weld boot* (pengelasan bagian dasar) dengan material dinding (*shell*) dan kepala pada konstruksi *pressure vessel* menggunakan baja karbon sedangkan *weld boot* menggunakan *stainless steel* sehingga WPS 01 dan WPS 02 tidak dapat dilakukan *weld boot* karena memiliki nomor P yang berbeda.

Untuk memahami lebih lanjut mengenai *welding map*, silahkan untuk klik tautan di bawah ini atau dengan memindai kode QR pada Gambar 6.28.



Gambar 6.28 *Welding map*
<https://s.id/Pressure-Vessel>

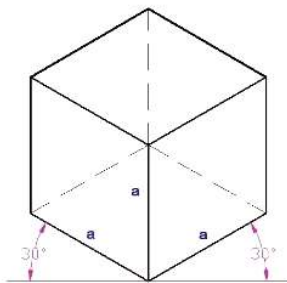


Uji Kompetensi

Soal pilihan ganda

1. Dalam bidang teknik, gambar memiliki makna sebagai ...
 - a. Karya
 - b. Bahasa teknik
 - c. Kuasa
 - d. Ilustrasi
 - e. Imajinasi
2. Untuk membuat lingkaran kecil dapat digunakan alat gambar berupa...
 - a. Jangka
 - b. Mal elips
 - c. Mal kurva
 - d. Mal lingkaran
 - e. Busur derajat
3. Berikut di bawah ini yang merupakan sudut – sudut penggaris segitiga adalah....
 - a. 90°, 70°, dan 30°
 - b. 90°, 50°, dan 30°
 - c. 90°, 60°, dan 45°
 - d. 90°, 45°, dan 55°
 - e. 90°, 55°, dan 45°
4. Urutan tingkat kekerasan pensil dari yang paling keras ke lunak adalah...
 - a. F, HB, 4H, 5H, dan 2B
 - b. HB, F, 5H, 4H, dan B
 - c. 5H, 7H, 9H, dan 2B
 - d. 8H, 6H, 4H, F, dan B
 - e. 8B, 6B, 4B, B, dan H

5. Standardisasi yang berlaku secara internasional adalah
 - a. ISO
 - b. ANSI
 - c. DIN
 - d. SNI
 - e. JIS
6. Etiket atau kepala gambar adalah...
 - a. Aturan – aturan yang telah disepakati bersama
 - b. Perbandingan ukuran sebenarnya dengan objek sebenarnya
 - c. Teknik pemberian warna atau bayangan dengan cara membuat garis-garis paralel
 - d. Suatu identitas yang menjelaskan berbagai keterangan pendukung sebagai pelengkap gambar
 - e. Huruf dan angka teknik
7. Untuk memudahkan komunikasi antara pembuat gambar dan pengguna gambar merupakan salah satu fungsi gambar teknik sebagai...
 - a. Menyimpan ide dan gagasan
 - b. Bahasa teknik
 - c. Pengembangan
 - d. Standardisasi internasional
 - e. Evaluasi konsep
8. Nama proyeksi pada gambar di bawah adalah ...



- a. Proyeksi miring
 - b. Proyeksi isometris
 - c. Proyeksi dimetris
 - d. Proyeksi perspektif
 - e. Proyeksi aksonomi
9. Angka pada kode pensil 2H dalam pensil memiliki arti tingkat.....
 - a. Kelunakan
 - b. Ketebalan
 - c. Kehitaman
 - d. Bold
 - e. Kekerasan

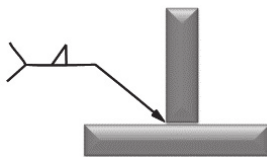
10. Dokumen yang berisikan tentang variabel serta parameter pengelasan yang dibuat sebagai acuan *welder* adalah...

- a. *Welding Prospect Specification*
- b. *Welding Process Specification*
- c. *Welding Procedure Specification*
- d. *Welding Procedure Standart*
- e. *Welding Process Certification*

11. Proyeksi kuadran III (proyeksi sudut ketiga) merupakan proyeksi

- a. Eropa
- b. Amerika
- c. Perancis
- d. Italia
- e. Jepang

12. Simbol las yang ditunjukkan pada gambar di bawah menunjukkan simbol las ...



- a. *Lap joint*
- b. *Butt joint*
- c. *Tee joint*
- d. *Corner joint*
- e. *Edge joint*

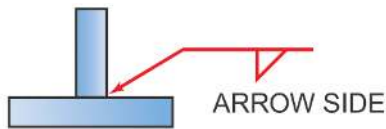
13. *Root gap* yang dibuat pada persiapan bahan yang akan dilas tersebut pada dasarnya bertujuan untuk....

- a. Memudahkan pengelasan
- b. Memudahkan penembusan
- c. Memudahkan pengisian celah
- d. Meningkatkan kekuatan las
- e. Meningkatkan kualitas las

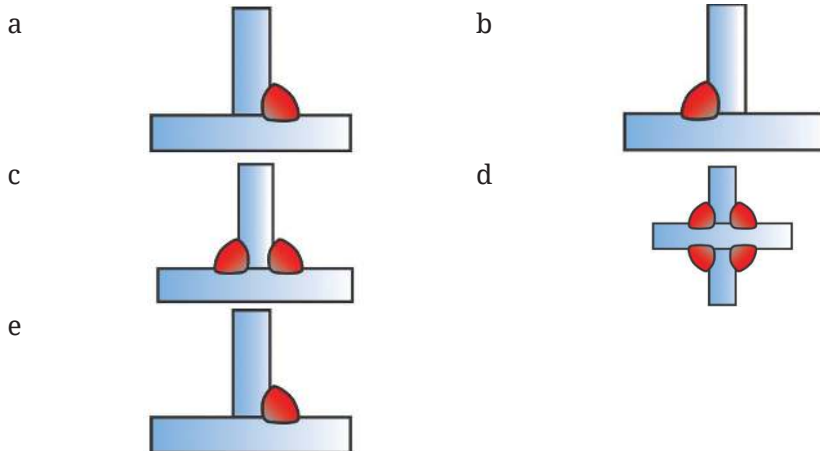
14. Jika dalam pengelasan penetrasi ada bagian kampuh yang tidak terjadi penembusan, maka hal tersebut disebabkan oleh....

- a. Arus pengelasan yang terlalu besar
- b. Kesepatan gerakan elektroda yang lambat
- c. Root face yang terlalu tipis
- d. Root gap yang terlalu lebar
- e. Jarak elektroda yang terlalu jauh

15. Perhatikan gambar di bawah.



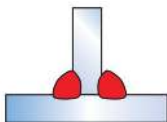
Pada simbol pengelasan di atas, maka gambar hasil pengelasan yang tepat adalah



Soal esai

Jawablah dengan jawaban benar dan tepat.

1. Jelaskan yang dimaksud dengan *Detail Engineering Design* (DED).
2. Jelaskan maksud dari gambar teknik sebagai bahasa teknik menurut pendapat kalian.
3. Identifikasilah 4 peralatan gambar yang kalian ketahui.
4. Tuliskan ukuran batas margin kertas gambar mulai dari A5, A4, A3, A2, A1 dan A0.
5. Tuliskan informasi apa saja yang terdapat pada simbol pengelasan.
6. Perhatikan gambar di bawah.



Pertanyaan : gambarkan simbol pengelasan yang tepat untuk hasil pengelasan seperti gambar di atas.

7. Jelaskan perbedaan dari *complete joint penetration weld* dan *incomplete joint penetration weld*.
8. Jelaskan yang dimaksud dengan *fillet weld*.
9. Jelaskan yang dimaksud dengan *groove weld*.
10. Jelaskan yang dimaksud *Welding Procedure Specification* (WPS).

Soal esai uraian

Jawablah dengan ringkas dan benar.

1. Jelaskan pengertian dari gambar teknik sebagai evaluasi konsep.
2. Sebutkan pengertian proyeksi pictorial?
3. Sebutkan dan jelaskan macam – macam proyeksi pictorial?
4. Sebutkan ciri ciri proyeksi isometri?
5. Apa perbedaan antara proyeksi isometri dan proyeksi miring?



Pengayaan

Untuk mengetahui, memahami, dan menambah wawasan mengenai penerapan gambar teknik untuk pengerjaan pengelasan dan fabrikasi logam, lihatlah video berikut ini dengan cara scan QR code atau klik link di bawah berikut ini.



https://www.youtube.com/watch?v=FQx-Y79f_TE



Refleksi

Sebelum melanjutkan mempelajari materi pada bab berikutnya silahkan review kembali pemahaman Anda terkait materi pada bab 6 tentang penerapan gambar teknik untuk pengerjaan pengelasan dan fabrikasi logam ini melalui pertanyaan-pertanyaan yang disajikan pada tabel berikut. Jika ada materi yang belum dipahami, Anda bisa menyampaikan terlebih dahulu kepada pendidik/guru pengampu ataupun berdiskusi dengan teman.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah saya telah mampu membuat sketsa tangan dengan benar?		
2	Apakah saya telah mampu memahami standar gambar untuk pengerjaan pengelasan dengan tepat?		
3	Apakah saya telah mampu memahami penerapan gambar teknik beserta simbol-simbol untuk pengerjaan pengelasan dan fabrikasi logam dengan benar?		
4	Apakah saya telah mampu menginterpretasikan gambar kerja dengan benar?		



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Kurniawan Susanta, Khusni Syauqi
ISBN: 978-623-194-532-7 (PDF)

BAB 7

PENGGUNAAN PERKAKAS BENGKEL



Tujuan Pembelajaran

Siswa mampu memahami
penggunaan perkakas
bengkel

Indikator Pencapaian

(1) Siswa mampu memahami penggunaan alat ukur perbengkelan dengan baik dan benar (2) Siswa mampu memahami penggunaan perkakas tangan sesuai fungsinya dengan tepat (3) Siswa mampu memahami penggunaan perkakas bertenaga sesuai fungsinya dengan tepat (4) Siswa mampu memahami penggunaan peralatan potong mekanik dengan baik dan benar (5) Siswa mampu memahami penggunaan peralatan potong dengan busur api



Di era modern seperti saat ini, perkembangan peralatan bengkel mengalami perubahan yang signifikan. Peralatan bengkel, khususnya pada bidang pekerjaan pengelasan dan fabrikasi logam, sangat beragam jenisnya. Sebagai mekanik atau pemilik usaha yang profesional, alat adalah sebuah tangan kedua yang bisa membantunya dalam mempermudah pekerjaan karena tidak mungkin seorang mekanik menggunakan tangan kosong dalam melakukan perbaikan maupun pengukuran terhadap benda kerja.

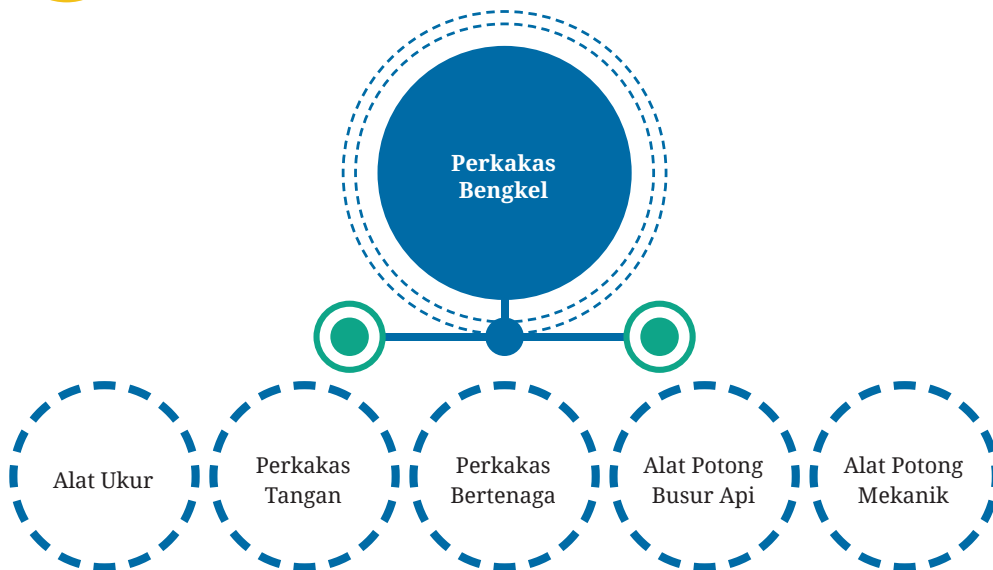


Kata Kunci

Alat ukur, perkakas tangan, perkakas bertenaga, alat potong mekanik



Peta Konsep



Gambar 7.1 Peta konsep.

Apersepsi

Palu terak, tang, jangka dan gergaji, dan kikir adalah contoh peralatan yang digunakan dalam kegiatan pengelasan dan fabrikasi logam. Walaupun alat tangan ini cukup sederhana dan mudah digunakan, namun jarang dianggap sebagai sumber potensi bahaya di tempat kerja. Pada kenyataannya, penggunaan

peralatan tangan bisa saja menghambat pekerjaan, dan jika salah dalam menggunakannya dapat membahayakan dan mengakibatkan cedera bagi pekerja. Penggunaan alat tangan yang tepat merupakan salah satu cara menghindarkan diri dari bahaya kecelakaan sehingga kalian perlu memahami dan menggunakan peralatan tangan dengan tepat.

Aktivitas Pembelajaran

A. Alat Ukur

Alat ukur adalah suatu alat yang digunakan untuk melakukan proses inspeksi terhadap dimensi suatu benda. Guna menghasilkan pengukuran yang tepat, peralatan ukur, cara memegang alat ukur, dan cara melakukan pengukuran haruslah dikuasai oleh pekerja.

1. Jangka Sorong

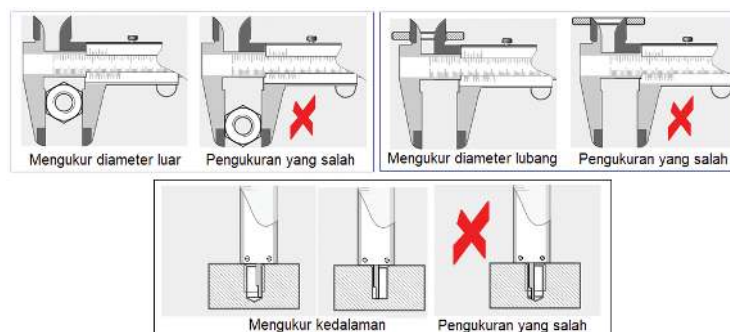
Jangka sorong (*vernier caliper*) digunakan untuk mengukur panjang, ketebalan dan diameter sebuah benda. Tingkat ketelitian *vernier caliper* adalah 0,05 mm, sedangkan tingkat ketelitian *dial caliper* adalah 0,02 mm, dan *digital caliper* 0,01 mm seperti yang ditunjukkan Gambar 7.2.



Gambar 7.2 Macam-macam vernier caliper.

Sumber: Habibi, 2022

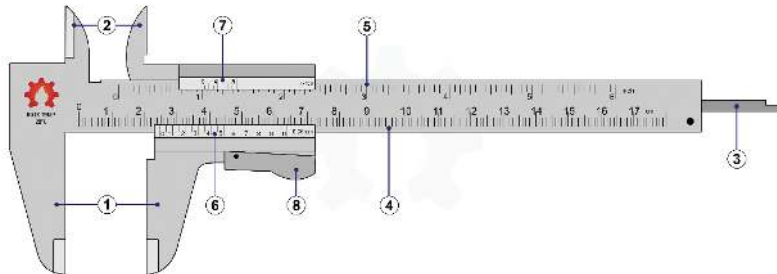
Dalam praktiknya, *vernier caliper* digunakan untuk mengukur kedalaman lubang serta diameter luar dan dalam produk seperti yang ditunjukkan Gambar 7.3.



Gambar 7.3 Penggunaan vernier caliper.

Sumber: Stefanelli, 2017

Memahami bagian-bagian dari *vernier caliper* sangat penting karena hasil pengukuran akan tepat jika penggunaan bagian-bagian tersebut sesuai dengan fungsinya. Perhatikan bagian-bagian *vernier caliper* pada Gambar 7.4.



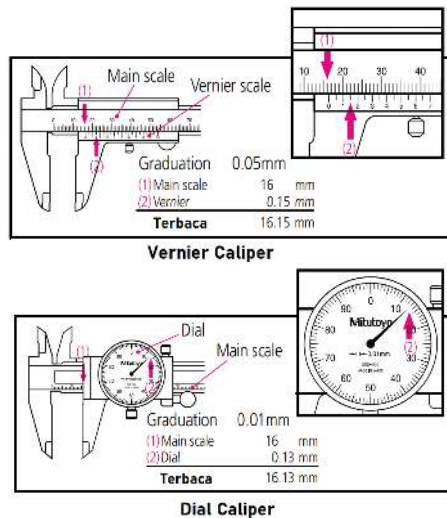
Keterangan :

1. Outside Jaws (Rahang Luar)
2. Inside Jaws (Rahang Dalam)
3. Depth Probe (Depth Bar atau Batang Kedalaman)
4. Main Scale Milimeter (Skala Utama Milimeter)
5. Main Scale Inch (Skala Utama Inch)
6. Vernier Scale Milimeter
7. Vernier Scale Inch
8. Retainer (Clamp Screw atau Pengunci)

Gambar 7.4 Bagian-bagian *vernier caliper*.

Sumber: Hendriono, 2020

Selanjutnya untuk contoh cara pembacaan *vernier caliper* dapat dilihat pada Gambar 7.5.



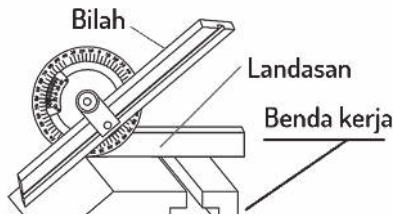
Gambar 7.5 Pengukuran dengan *dial caliper* dan *vernier caliper*.

Sumber: Mitutoyo E4329

2. Bevel Protractor

Bevel protractor digunakan untuk mengukur sudut suatu benda. *Bavel protactor* dalam aplikasinya dapat digunakan untuk menetapkan dan

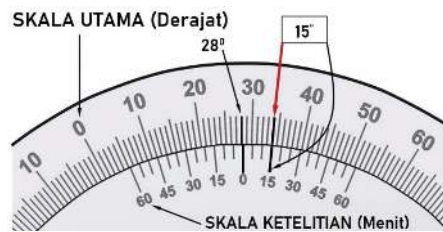
menguji sudut dengan toleransi yang sangat kecil hingga $5'$ atau $1/12^\circ$ dan mengukur sudut dari 0° hingga 360° . Untuk dapat menggunakan *bevel protractor* dengan benar, ikuti petunjuk pada Gambar 7.6



Gambar 7.6 Posisi pengukuran.

Sumber: Nishandar, 2021

1. Posisikan benda kerja diantara bilah dan landasan
2. Gerakan bilah (*blade*) dan tempelkan pada kedua permukaan benda yang akan diukur
3. Selanjutnya baca hasil pengukuran (Gambar 7.7)



Skala Utama Terbaca = 28°
 Skala Ketelitian Terbaca = $15''$ (5 x 3 strip)
 Hasil Pengukuran Terbaca = $28^\circ 15''$

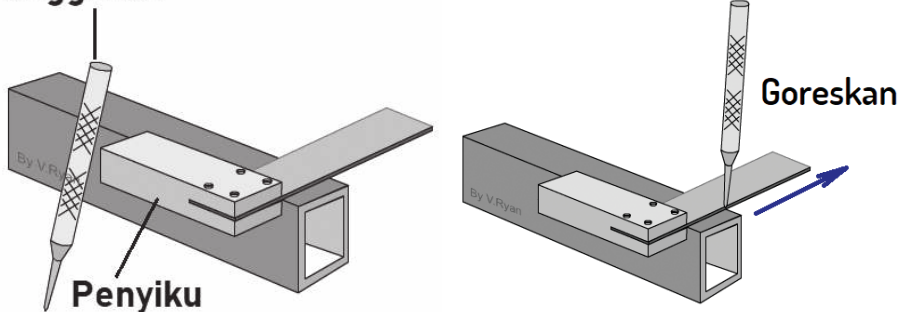
Gambar 7.7 Pembacaan vernier bevel protractor.

Sumber: Jan, 2022

3. Penyiku (*steel square*)

Penyiku digunakan untuk mengukur sudut siku-siku pada benda kerja. Gambar 7.8 ditunjukkan penggunaan penyiku dalam proses kerja bangku adalah dengan meletakkan penyiku di atas permukaan benda kerja (penyiku melekat rapat pada sisi benda kerja) dan tangan kanan memegang penggores untuk melakukan penandaan pada bagian yang akan digores.

Penggores

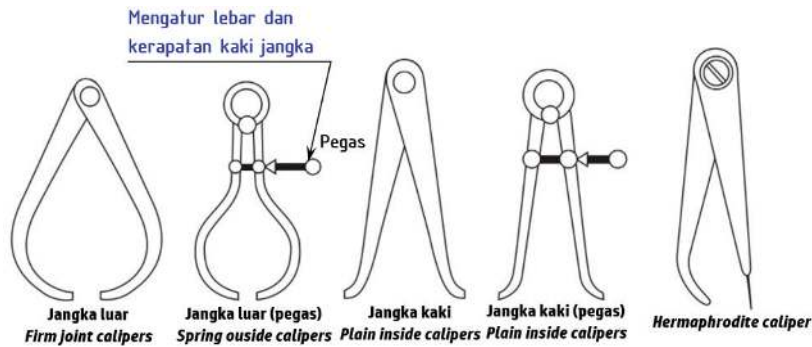


Gambar 7.8 Menggunakan penyiku.

Sumber: Ryan, 2009

4. Jangka (*Devider*)

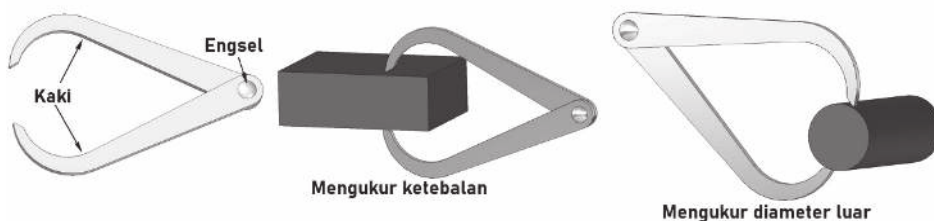
Jangka digunakan untuk membuat garis melingkar atau radius. Pada Gambar 7.9 ditunjukkan beberapa jenis jangka untuk kegiatan kerja bangku dan fabrikasi logam.



Gambar 7.9 Jenis jangka.

Sumber: Upadhyay, 2010

Gambar 7.10 menunjukkan contoh penggunaan jangka luar dengan berbagai jenis pengukuran.



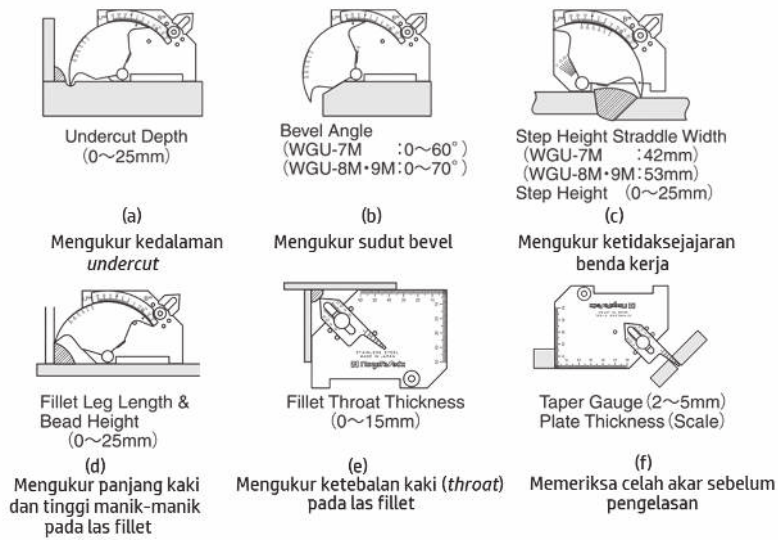
Gambar 7.10 Jangka kaki luar dan dan contoh penggunaannya.

Sumber: Jan, 2022

5. *Welding Gauge* (alat ukur pengelasan)

Welding gauge merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengetahui dimensi dari persiapan pengelasan seperti sudut bevel, lebar gap dan juga untuk mengetahui dimensi hasil pengelasan seperti tinggi, *capping*, tinggi *root penetration*, mengukur *fillet weld* (*leg length*, *actual throat thickness*), untuk mengukur kedalaman cacat *undercut*.

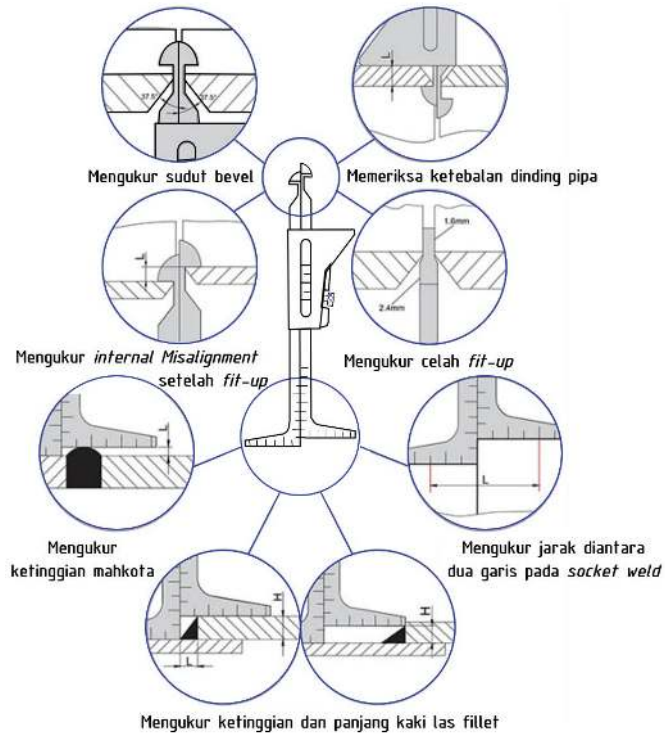
Beberapa jenis alat ukur pengelasan yang perlu kalian ketahui diantaranya yaitu *Universal Welding Gauge*, *Welding Gauge Welding Inspection Ruler*, *Fillet Weld Gauge*, *Automatic Weld Size Gauge*, *V-Wac Welding Gauge*, *Hi-Lo Welding Gauge*, *Bridge Cam Gauge*. *Bridge cam gauge* digunakan untuk mengukur ketidak sejajaran benda kerja baik sebelum maupun sesudah dilakukan proses pengelasan (Gambar 7.11).



Gambar 7.11 Penggunaan *Bridge Cam Gauge*.

Sumber: Nigataseiki.net, 2022

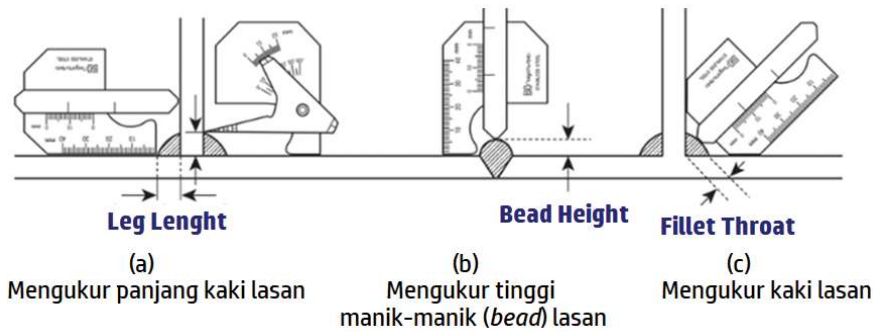
Selanjutnya untuk penggunaan *Hi-Lo Welding Gauge* dapat dilihat pada Gambar 7.12.



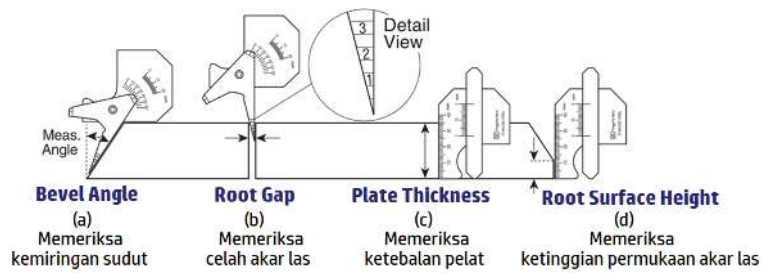
Gambar 7.12 Penggunaan *Hi-Lo Welding Gauge*

Sumber: Kristeel, 2015

Aplikasi dari *wedging inspection ruler* dapat kalian lihat pada Gambar 7.13. Sedangkan Gambar 7.14 menunjukkan pemeriksaan material sebelum pengelasan.



Gambar 7.13 Penggunaan *wedging inspection ruler*.
 Sumber: Nigataseiki.net, 2022

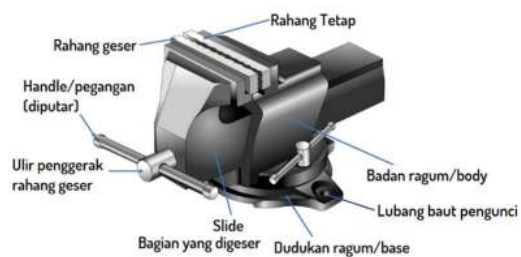


Gambar 7.14 Pemeriksaan material sebelum pengelasan.
 Sumber: Nigataseiki.net, 2022

B. Perkakas Tangan

1. Ragum

Ragum digunakan untuk menjepit benda kerja pada waktu pekerjaan mekanik, seperti mengikir, memahat, dan memotong. Ragum memiliki bagian-bagian penting untuk kalian ketahui seperti yang ditunjukkan Gambar 7.15.



Gambar 7.15 Bagian-bagian utama ragum.
 Sumber: Achmadi, 2021

Dalam menggunakan ragum yang perlu diperhatikan adalah ketinggian ragum. Secara umum ketinggian ragum terhadap lantai adalah 106 cm, namun hal ini juga menyesuaikan dengan tinggi badan masing-masing operator.

Pada saat melakukan penjepitan benda kerja perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut.

- a. Gunakan pelat sebagai pelapis rahang ragum untuk mencegah benda kerja rusak dibagian permukaannya.
- b. Lakukan penjepitan benda kerja dengan rata, yaitu permukaan benda kerja yang keluar dari rahang ragum harus lurus dan sejajar dengan rahang ragum.
- c. Untuk penjepitan benda kerja yang berlubang seperti pipa yang tipis digunakan bahan tambahan lain yang dimasukkan ke dalam pipa, sehingga pipa yang dijepit tidak penyok.

2. Wire Brush/Sikat Kawat

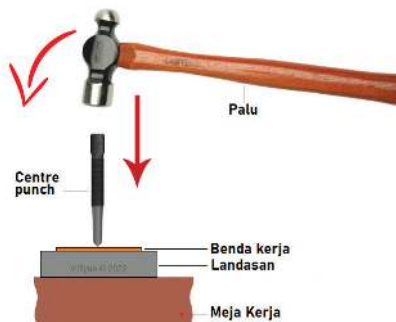
Sikat kawat secara umum digunakan untuk membersihkan logam yang berkarat atau kotoran yang menempel pada besi atau benda logam lainnya serta membersihkan permukaan benda sebelum dan sesudah dilakukan pengelasan serta sisi-sisa terak yang masih menempel pada rigi-rigi las seperti yang ditunjukkan Gambar 7.16.



Gambar 7.16 Membersihkan rigi-rigi las hasil pengelasan dengan sikat baja
Sumber: Nyoni, 2022

3. Penitik (Punch)

Penitik digunakan sebagai alat penanda berupa titik pusat atau titik-titik garis. Dalam penggunaannya penitik dibantu menggunakan palu sebagai alat pemukulnya. Cara penggunaan penitik dapat diilustrasikan pada Gambar 7.17.

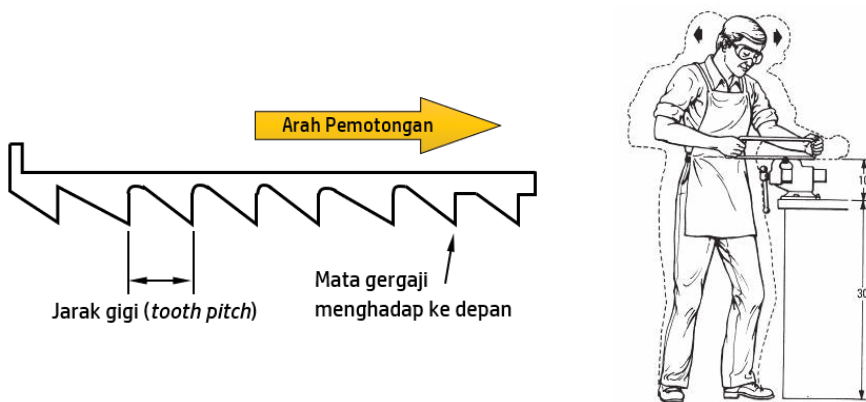


Gambar 7.17 Posisi penitik pada saat digunakan
Sumber: Ryan, 2021

4. Gergaji Besi

Gergaji besi/*hack saw* digunakan untuk memotong benda berbahan logam seperti besi. Supaya aman dalam bekerja, maka penggunaan gergaji besi perlu memperhatikan langkah-langkah berikut ini.

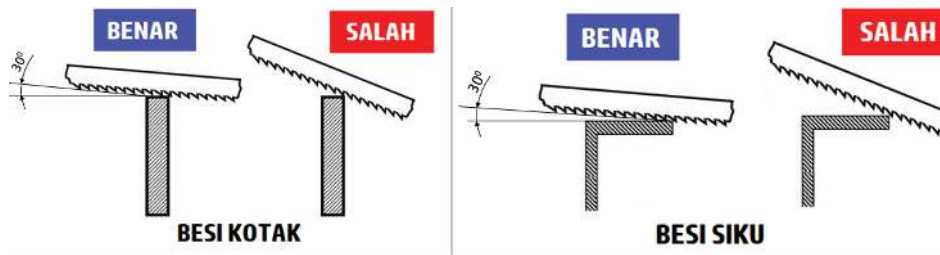
- Pilih mata gergaji yang tepat sesuai dengan material yang akan dipotong
- Tandai material yang akan dipotong dengan spidol atau penggores
- Atur arah mata potong daun gergaji dan posisi badan saat menggergaji (Gambar 7.18)



Gambar 7.18 Arah mata potong gergaji dan posisi saat menggergaji yang benar

Sumber: Brown, 2014

- Gunakan teknik pemotongan yang benar dengan tangan terkuat ke arah depan (maju). Untuk awal pemotongan, pastikan kemiringan mata gergaji sebesar 30° .
- Lakukan gerakan naik turun secara konsisten hingga material terpotong.

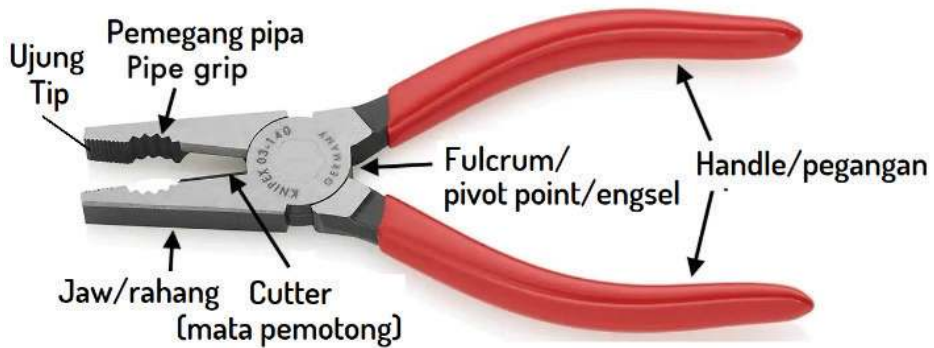


Gambar 7.19 Sudut awal pemotongan

Sumber: Berry, 2019

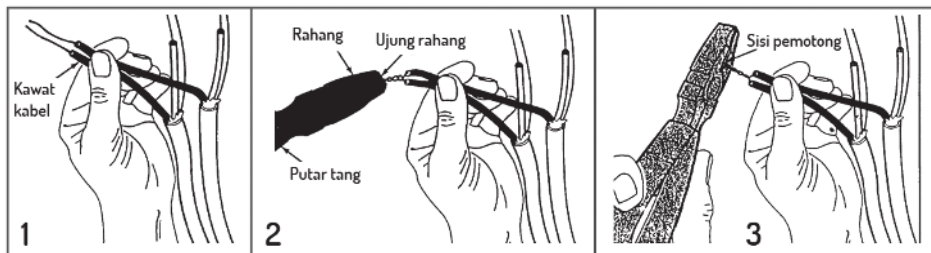
5. *Pliers* (Tang)

Fungsi tang sangat bervariasi, misalnya untuk memotong kawat, membengkokkan, dan membentuk logam seperti kawat. Pada Gambar 7.20 ditunjukkan bagian-bagian utama dari tang sebelum kalian menggunakannya.



Gambar 7.20 Bagian-bagian tang
Sumber: Ortiz, 2022

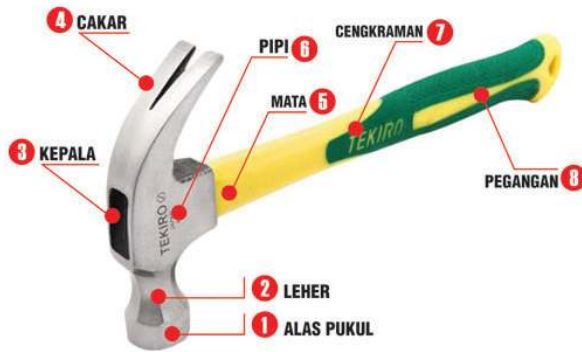
Tang kombinasi dalam prakteknya difungsikan sebagai alat untuk memotong kabel, mengupas kulit kabel, maupun melilit kabel seperti yang terlihat pada Gambar 7.21.



Gambar 7.21 Menggunakan tang kombinasi
Sumber: ARMY, 1983

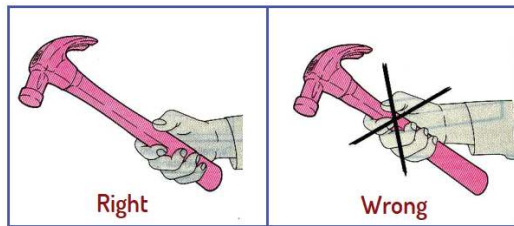
6. *Palu Besi*

Palu sebagai alat pemukul sebuah objek memerlukan teknik yang benar dalam menggunakannya. Bagian-bagian palu perlu kalian ketahui dan pahami sebelum menggunakannya (Gambar 7.22).



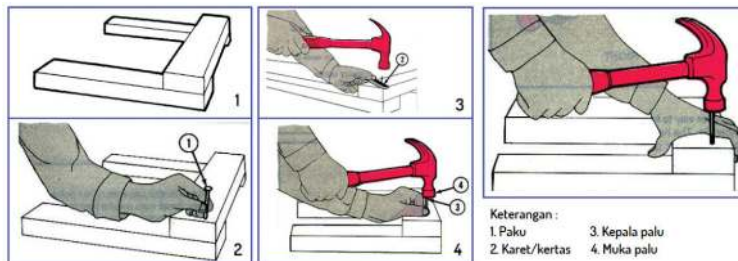
Gambar 7.22 Bagian-bagian utama palu dan palu terak
Sumber: Yudha, 2020

Gambar 7.23 ditunjukkan bagaimana cara memegang gagang palu yang benar agar tidak terlepas.



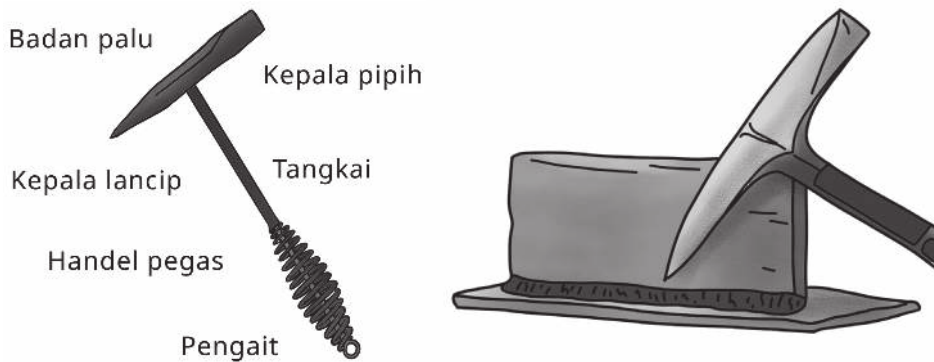
Gambar 7.23 Cara memegang palu
Sumber: ARMY, 1983

Sebagai contoh dari penggunaan palu dapat kalian lihat pada Gambar 7.24.



Gambar 7.24 Menggunakan palu untuk memukul paku
Sumber: ARMY, 1983

7. Chipping Hammer (Palu Terak)

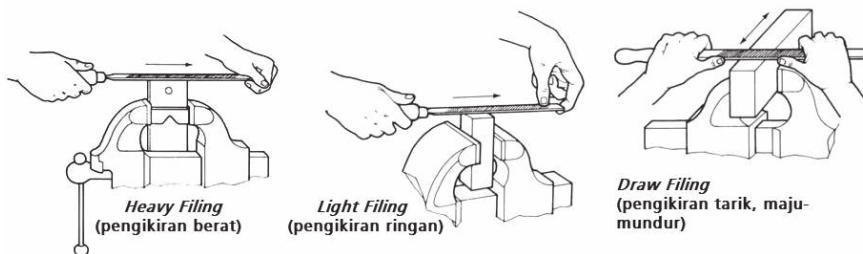


Gambar 7.25 Bagian-bagian utama palu terak dan penggunaannya

Palu terak memiliki ujung yang berbentuk pipih dan runcing seperti yang ditunjukkan Gambar 7.25. Ujung yang runcing dipakai dalam membuang atau membersihkan terak las yang menutupi rigi-rigi las hasil proses pengelasan, sedangkan ujung yang berbentuk pipih dipergunakan pada permukaan rigi-rigi yang rata. Cara menggunakannya adalah dengan dipukul atau digoreskan pada permukaan teraknya.

8. Files (Kikir)

Kikir digunakan untuk meratakan dan menghaluskan permukaan suatu bidang, membuat rata dan menyiku antara bidang satu dengan bidang lainnya, serta membuat rata dan sejajar. Dalam menggunakan kikir, perlu diketahui teknik pengikiran yang benar untuk menghasilkan permukaan yang diinginkan. Beberapa teknik pengikiran dapat diilustrasikan pada Gambar 7.26.



Gambar 7.26 Teknik pengikiran.

Sumber: Derrick, 2020

Pengikiran berat (heavy filling) dilakukan jika penyayatan bahan lebih besar serta menjaga kelurusan permukaan. Pengikiran ringan (light filling) dilakukan jika penyayatan bahan lebih sedikit (material tipis). Sedangkan pengikiran finishing (draw filling) dilakukan jika menginginkan hasil permukaan rata dan halus.

9. Tap dan Snei

a. Menggunakan Tap

Tabel 7.1 Ulir Withwort.

National Coarse and National Fine threads and tap drills								
Size	Threads per inch	Major dia.	Minor dia.	Pitch dia.	Tap drill 75% thread	Decimal equivalent	Clearance drill	Decimal equivalent
2	56	.0860	.0628	.0744	50	.0700	42	.0935
	64	.0860	.0657	.0759	50	.0700	42	.0935
3	48	.099	.0719	.0855	47	.0785	36	.1065
	56	.099	.0758	.0874	45	.0820	36	.1065
4	40	.112	.0795	.0958	43	.0890	31	.1200
	48	.112	.0849	.0985	42	.0935	31	.1200
6	32	.138	.0974	.1177	36	.1065	26	.1470
	40	.138	.1055	.1218	33	.1130	26	.1470
8	32	.164	.1234	.1437	29	.1360	17	.1730
	36	.164	.1279	.1460	29	.1360	17	.1730
10	24	.190	.1359	.1629	25	.1495	8	.1990
	32	.190	.1494	.1697	21	.1590	8	.1990
12	24	.216	.1619	.1889	16	.1770	1	.2280
	28	.216	.1696	.1928	14	.1820	2	.2210
1/4	20	.250	.1850	.2175	7	.2010	G	.2610
	28	.250	.2036	.2268	3	.2130	G	.2610

Sumber: Walker dan Dixon, 2019

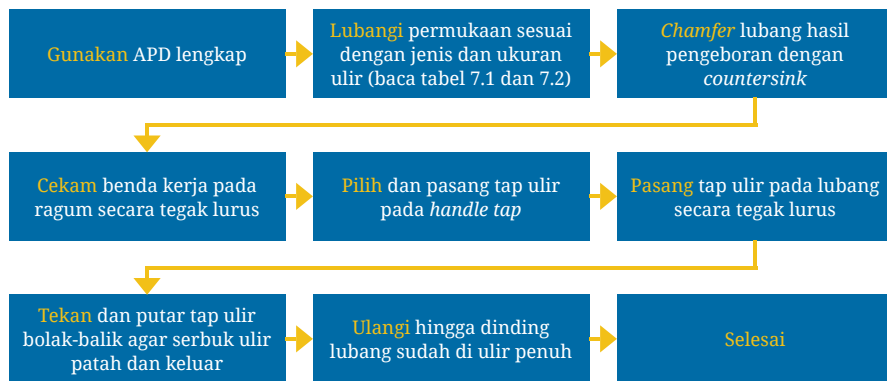
Tabel 7.2 Ulir Metris

Nominal Size	Internal thread		Tap drill diameter
	Max.	Min.	
M1.6X0.35	1.321	1.221	1.25
M2X0.4	1.679	1.567	1.6
M2.5X0.45	2.138	2.013	2.05
M3X0.5	2.599	2.459	2.5
M3.5X0.6	3.010	2.850	2.9
M4X0.7	3.422	3.242	3.3

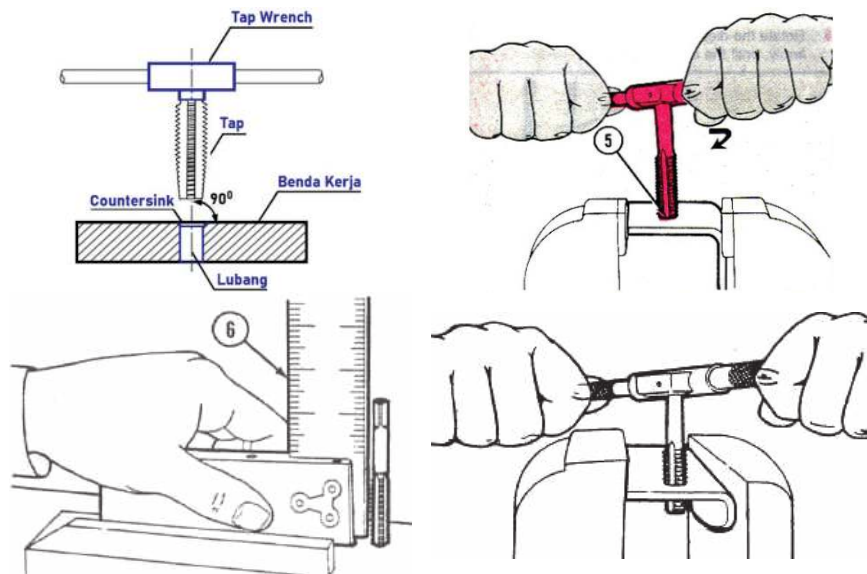
Nominal Size	Internal thread		Tap drill diameter
	Max.	Min.	
M5X0.8	4.334	4.134	4.2
M6.3X1	5.553	5.217	5.3
M8X1.25	6.912	6.647	6.8
M10X1.5	8.676	8.376	8.5
M12X1.75	10.441	10.106	10.2
M14X2	12.210	11.835	12.0

Sumber: Walker dan Dixon, 2019

Untuk dapat menggunakan tap dengan benar, kalian dapat mengikuti petunjuk seperti diagram alur pada Gambar 7.27.



Gambar 7.27 Diagram alur pembuatan ulir dalam

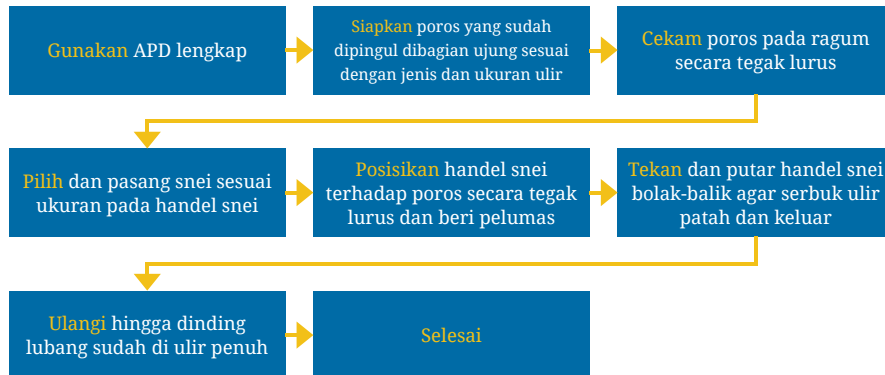


Gambar 7.28 Langkah-langkah membuat ulir dalam (mengetap).

Sumber: ARMY, 1983

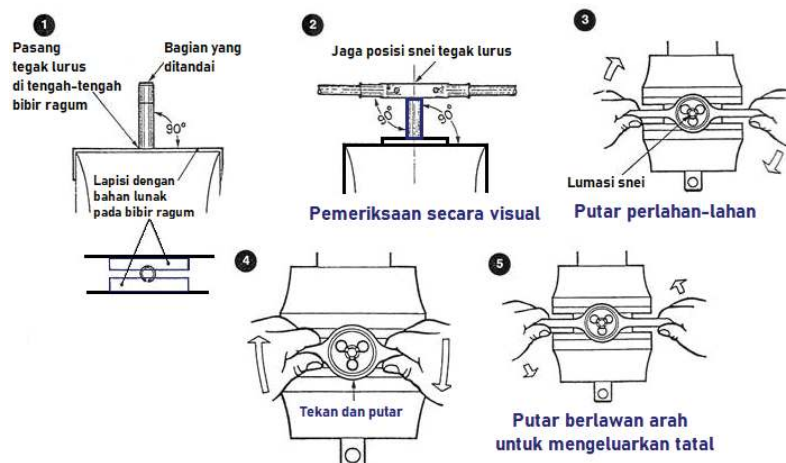
b. Menggunakan Snei

Untuk dapat menggunakan snei dengan benar, kalian dapat mengikuti petunjuk seperti diagram alur pada Gambar 7.29.



Gambar 7.29 Diagram alur pembuatan ulir luar.

Lebih jelaskan kalian dapat melihat ilustrasi proses pembuatan ulir luar pada Gambar 7.30.

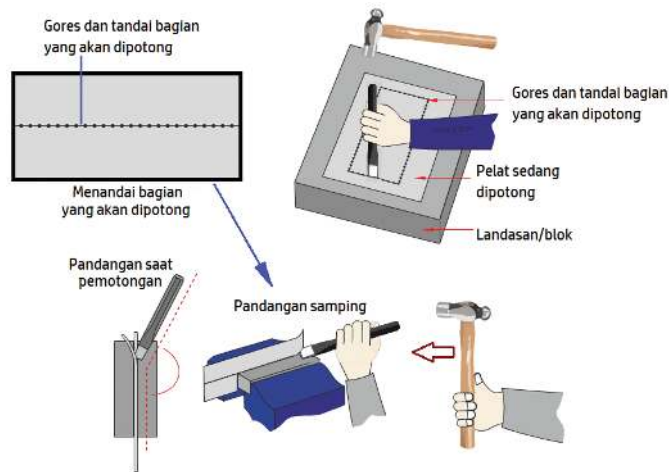


Gambar 7.30 Langkah-langkah membuat ulir luar.

10. Chisel (Alat Pahat)

Pahat tangan umumnya digunakan untuk pemotongan logam, baik dalam keadaan dingin maupun panas. Dalam menggunakan tangan, diperlukan prosedur yang benar baik itu cara memegang maupun menggunakannya.

Pada Gambar 7.31 ditunjukkan sebuah ilustrasi bagaimana cara memotong pelat dengan pahat tangan dingin.

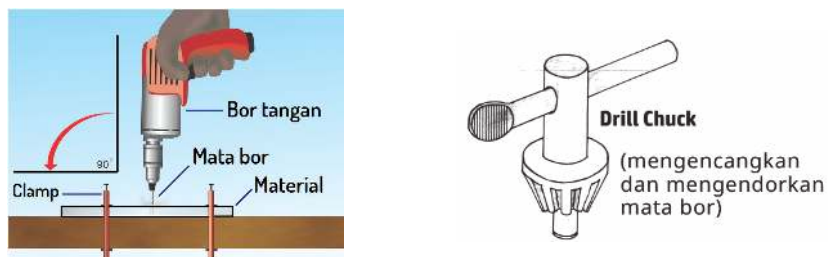


Gambar 7.31 Memotong pelat dengan pahat tangan dingin.
 Sumber: Ryan, 2019

C. Perkakas Bertenaga

1. Bor Tangan

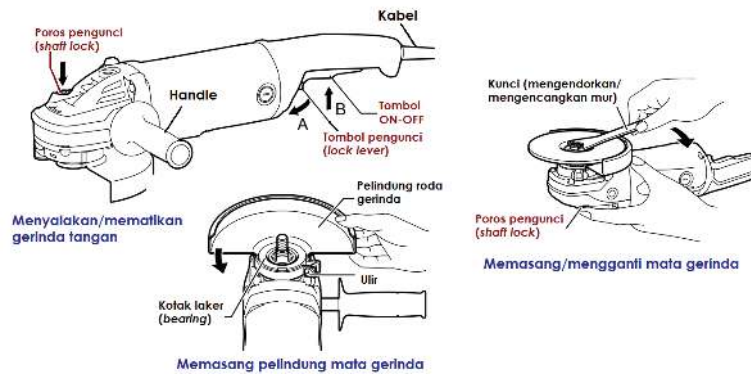
Bor tangan digunakan untuk membuat lubang dengan diameter kecil atau kurang dari 13 mm pada lembaran pelat. Untuk dapat menggunakan bor tangan dengan aman, perhatikan ilustrasi pada Gambar 7.32.



Gambar 7.32 Menggunakan bor tangan.
 Sumber: Sandy, 2022

2. Mesin Gerinda Tangan

Gerinda tangan dalam proses fabrikasi dan pengelasan memiliki fungsi yang beragam di antaranya untuk memotong benda logam dan non logam, untuk proses *finishing* pada benda kerja, dan menghilangkan sisi tajam pada benda kerja. Untuk dapat menggunakan gerinda tangan dengan aman, kalian perlu memahami bagian-bagian dari gerinda tangan seperti yang ditunjukkan Gambar 7.33.



Gambar 7.33 Bagian-bagian gerinda tangan

Sumber: Makita, M9000 M9001

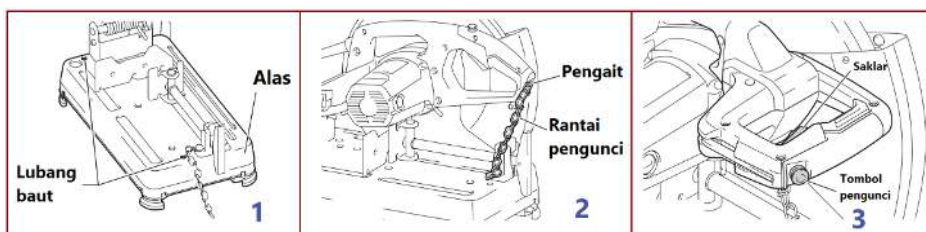
Untuk dapat menggunakan gerinda tangan dengan aman, perhatikan diagram alur penggunaan gerinda tangan pada Gambar 7.34.

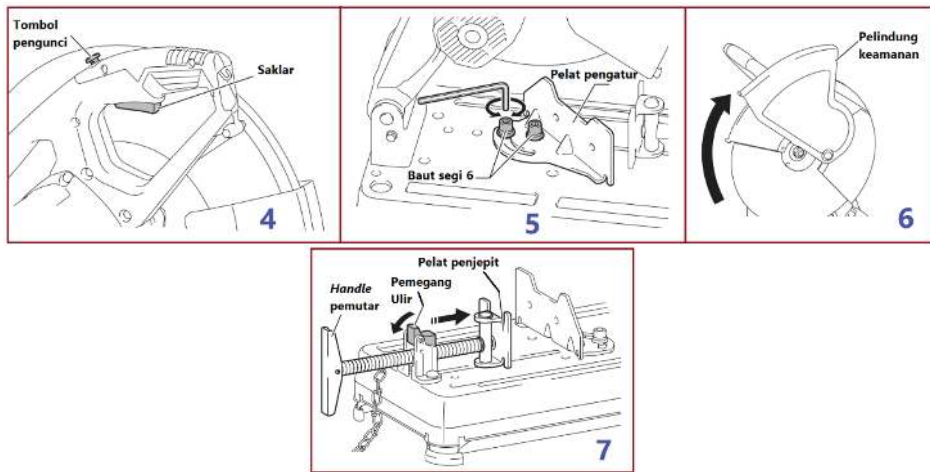


Gambar 7.34 Alur proses menggunakan gerinda tangan.

3. Mesin Gerinda Potong

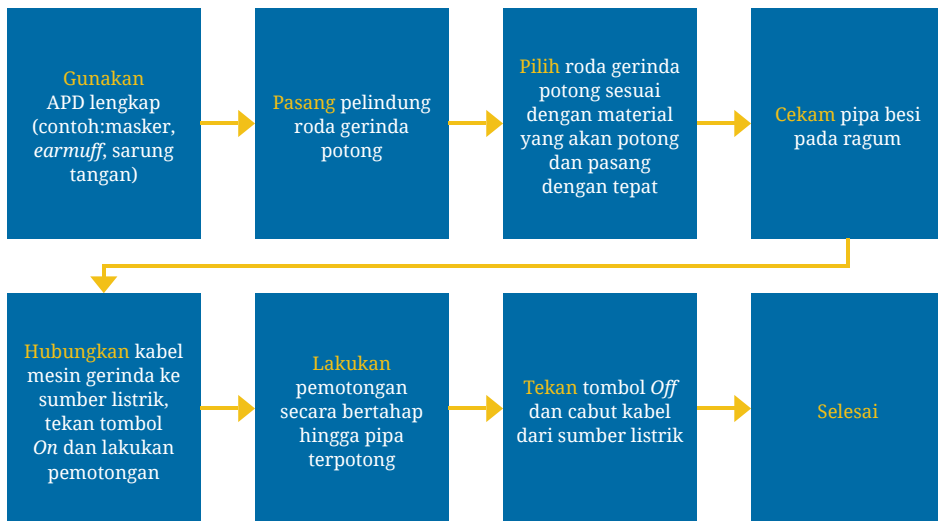
Mesin gerinda potong digunakan untuk memotong material yang memiliki dimensi silinder ataupun persegi seperti pelat dan pipa. Untuk dapat mengoperasikan mesin gerinda pemotong dengan benar, kalian perlu memahami bagian-bagian dari mesin gerinda potong seperti yang ditunjukkan Gambar 7.35.





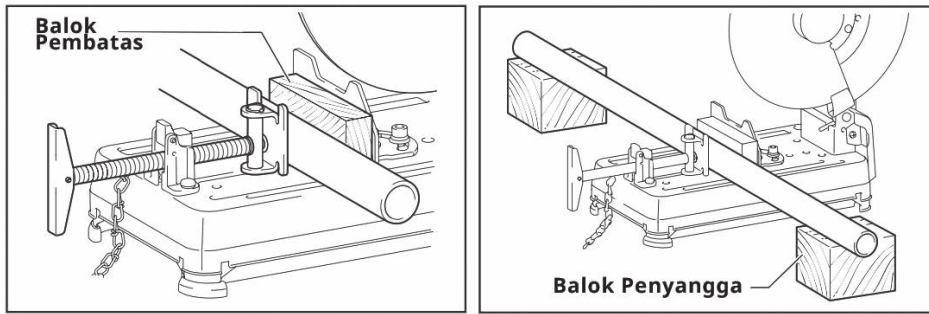
Gambar 7.35 Bagian-bagian mesin gerinda potong
 Sumber: Makita, M2402-M2403

Untuk dapat menggunakan gerinda potong dengan aman, perhatikan diagram alur penggunaan gerinda potong pada Gambar 7.36.



Gambar 7.36 Alur proses menggunakan gerinda potong.

Ketika roda gerinda potong sudah sangat aus, letakkan balok pembatas di belakang pipa besi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.37. Hal ini dilakukan agar lebih efisien ketika memotong dibagian tepi pada pipa besi.

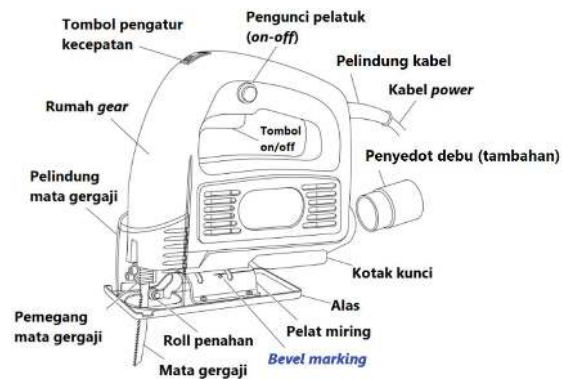


Gambar 7.37 Penggunaan balok kayu sebagai penyangga dan pembatas

Sumber: Makita, M2402-M2403

4. Mesin Gergaji *Portable* (*Jigsaw Portable*)

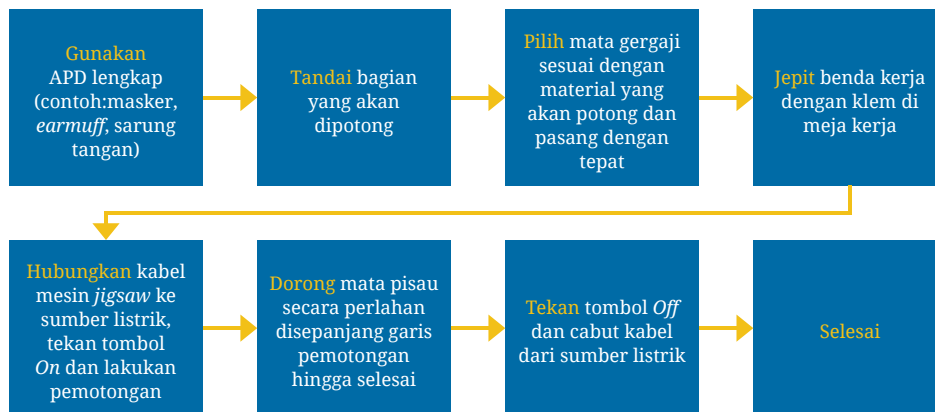
Mesin gergaji *jigsaw* digunakan untuk memotong besi, PVC, kayu, akrilik (sesuai dengan jenis mata pisau) dengan arah pemotongan lurus atau lengkung. Mesin *jigsaw* mata gergajinya bergerak naik turun. Pada Gambar 7.38 ditunjukkan bagian-bagian mesin *jigsaw* sebagai pedoman dalam pengoperasiannya.



Gambar 7.38 Bagian-bagian *jigsaw*.

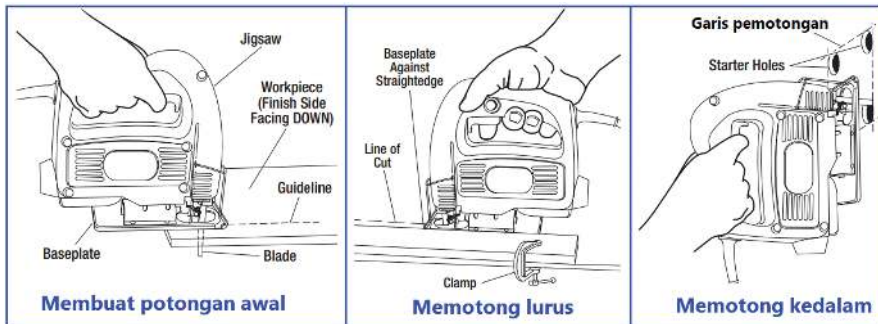
Sumber: Kawasaki, MODEL#840067

Supaya dapat menggunakan *jigsaw* yang benar dan lebih maksimal, perhatikan diagram alur penggunaan *jigsaw* pada Gambar 7.39.



Gambar 7.39 Alur proses menggunakan *jigsaw*.

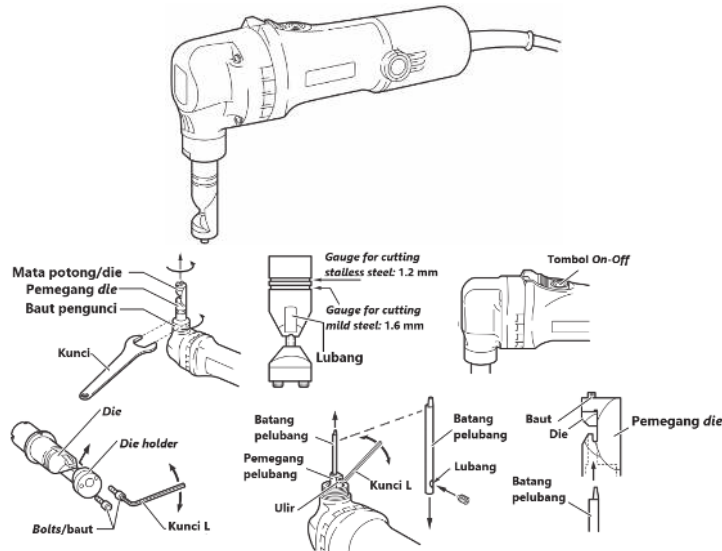
Pada Gambar 7.40 ditunjukkan contoh penggunaan mesin *jigsaw* pada proses pemotongan.



Gambar 7.40 Penggunaan *jigsaw*
 Sumber: Kawasaki, MODEL#840067

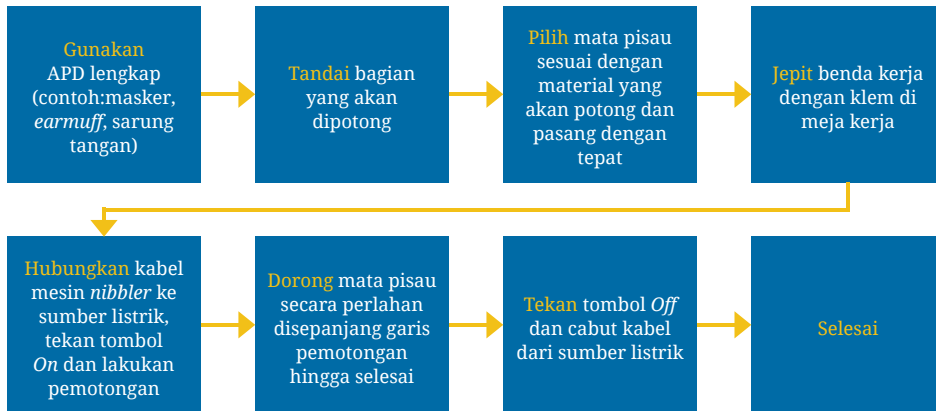
5. Mesin Pemotong Nibbles Portable (Portable Electric Nibbler)

Mesin potong *nibbler* digunakan untuk memotong logam pelat dengan arah lurus atau melengkung mengikuti bentuk. Sebelum menggunakan Mesin potong *nibbler*, operator perlu memahami fungsi bagian-bagian dari mesin *nibbler* ini (Gambar 7.41).



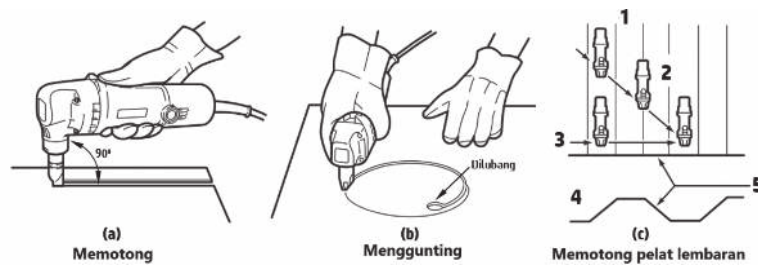
Gambar 7.41 Bagian-bagian mesin *nibbler portable*
 Sumber: Makita JN1601

Penggunaan *nibbler portable* yang benar dapat menghindarkan dari kesalahan saat pemotongan. Pada Gambar 7.42 ditunjukkan alur proses dalam mengoperasikan mesin *nibbler*.



Gambar 7.42 Alur proses mengoperasikan mesin *nibbler portable*

Mesin *nibbler* dalam prakteknya dapat digunakan untuk memotong lurus, bergelombang maupun bentuk trapesium seperti yang ditunjukkan Gambar 7.43. Khusus untuk pengguntingan, maka harus dibuat lubang terlebih dahulu supaya kepala mata potong dapat dimasukkan ke dalamnya (Gambar 7.43b).



Gambar 7.43 Penggunaan *Nibbler Portable*

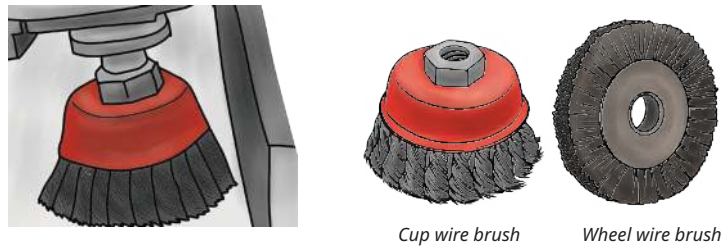
Sumber: Makita JN1601

D. Alat Potong Mekanik

Dalam industri skala besar pada bidang konstruksi, pengelasan dan fabrikasi logam masih menggunakan peralatan potong mekanik dalam melakukan proses pekerjaan. Berikut ini dijelaskan beberapa jenis peralatan potong mekanik beserta penggunaannya.

1. Sikat Mekanik

Sikat mekanik digunakan untuk membersihkan permukaan logam dari debu, karat, cat, percikan las dan rigi-rigi hasil pengelasan. Dalam penggunaannya sikat mekanik dipasang pada mesin gerinda tangan (Gambar 7.44)



Gambar 7.44 Sikat mekanik dan penggunaannya.

2. Mesin Gergaji Pita (*Band Saw*)

Bandsawing merupakan proses penggergajian material dengan gerakan kontinu linear. Keunggulan *bandsawing* secara umum yaitu permukaan hasil pemotongan halus, meminimalkan terjadinya perubahan sifat mekanik material, gigi gergaji terhubung sepanjang waktu, tingkat keakuratan baik serta zona yang terkena panas sedikit. Sedangkan kelemahannya yaitu ketebalan benda kerja terbatas dan membutuhkan ruang kerja yang luas dan banyak.

a. Klasifikasi Mesin Gergaji Pita

Mesin gergaji pita diklasifikasikan menjadi dua jenis mesin gergaji pita horisontal dan vertikal. Klasifikasi mesin didasarkan pada arah gerak mata gergaji selama pemotongan.

1) Mesin Gergaji Pita Horisontal

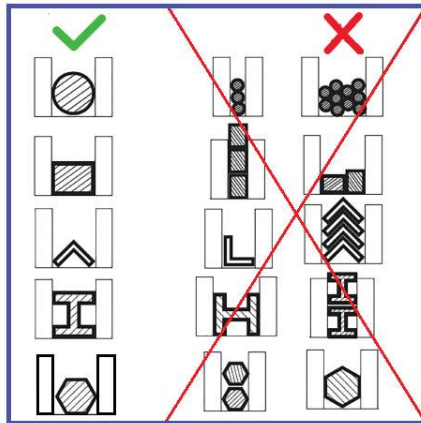
Bandsaw horizontal biasanya digunakan untuk operasi *cut-off* sebagai alternatif pemotongan dengan gergaji tangan. Sebelum menggunakan mesin *bandsaw* horizontal, kalian perlu memahami bagian-bagian mesin dengan benar untuk mendukung dalam kegiatan praktek di bengkel (Gambar 7.45).



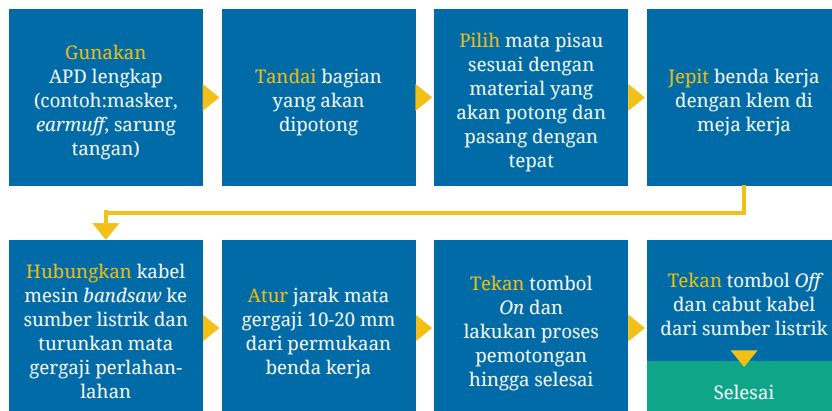
Gambar 7.45 Bagian-bagian Mesin Gergaji Pita (*Band Saw*) Horisontal.

Sumber: Promac, 2016

Horizontal bandsaw machine memiliki bentuk *blade* atau mata gergaji yang panjang dan bergigi. Gambar 7.46 ditunjukkan beberapa metode pencekaman benda kerja dalam proses pemotongan supaya terhindar dari bahaya kerja.



Gambar 7.46 Metode pencekaman benda kerja
 Sumber: Hafco Metalmaster, 2019



Gambar 7.47 Alur proses menggunakan mesin *bandsaw horizontal*

Untuk lebih lengkapnya mengenai bagaimana cara mengoperasikan mesin *horizontal bandsaw*, kalian dapat memindai kode QR atau mengunjungi tautan video pada Gambar 7.48.

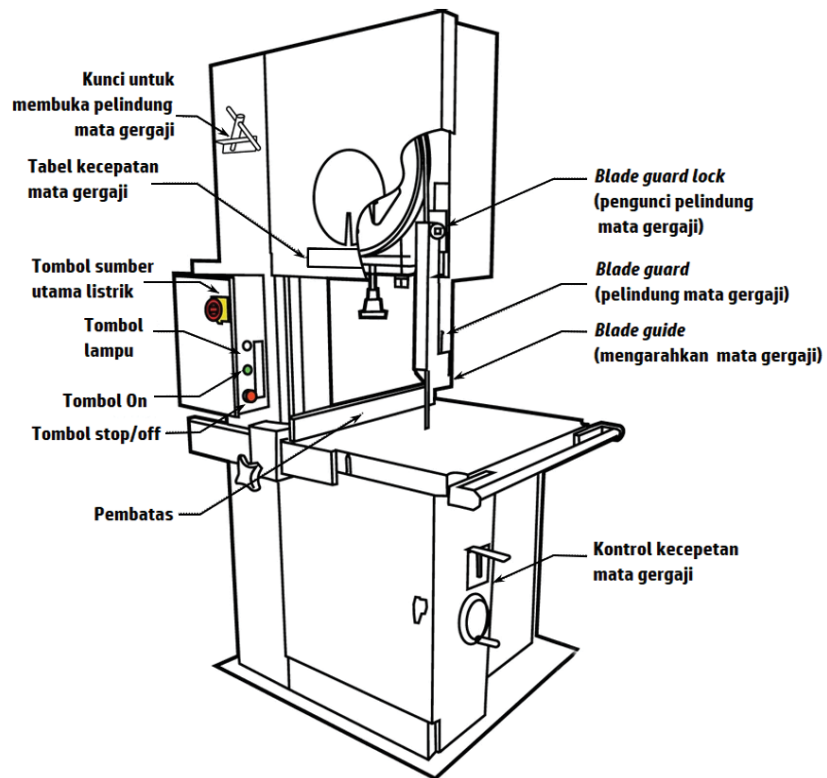
2) Mesin Gergaji Pita Vertikal

Mesin *bandsaw* vertikal memiliki tingkat kehandalan yang tinggi, terbukti mampu menghasilkan hasil



Gambar 7.48 Video mengoperasikan *Horizontal Bandsaw*
 Sumber: Parker, 2020

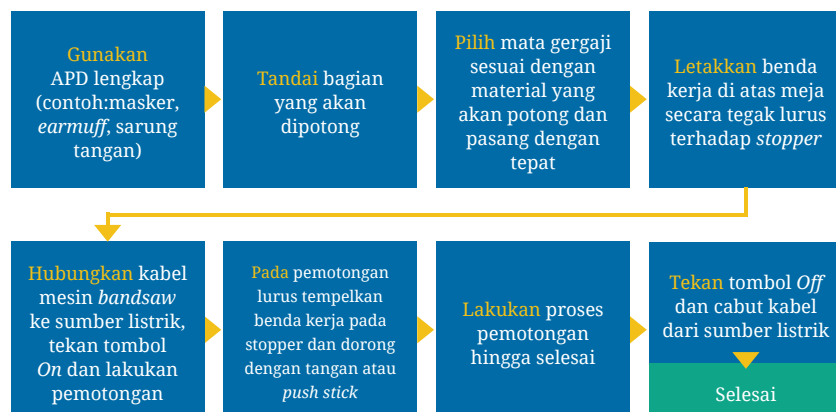
pemotongan yang presisi dan mulus. Konstruksi dari mesin gergaji pita vertikal dapat kalian lihat pada Gambar 7.49.



Gambar 7.49 Kontruksi mesin gergaji pita vertikal

Sumber: Autodesk Technology Center, 2016

Untuk dapat mengoperasikan mesin *vertical bandsaw* dengan aman, perhatikan langkah kerja yang ditunjukkan Gambar 7.50.



Gambar 7.50 Diagram alur mengoperasikan *vertical bandsaw*

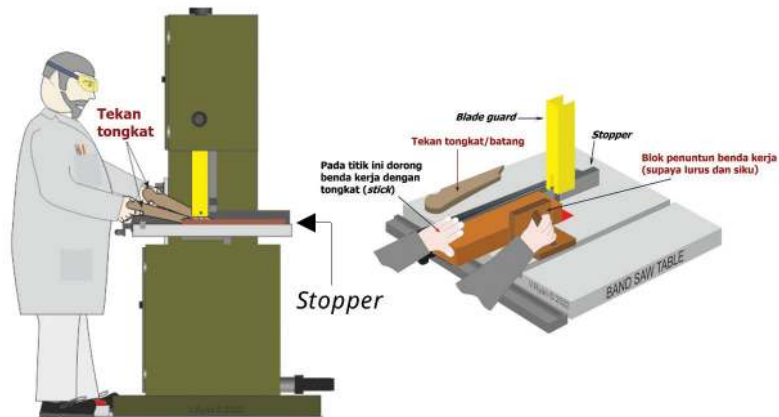
Untuk memberikan gambaran yang jelas, perhatikan ilustrasi proses pemotongan lurus pada Gambar 7.51 dan 7.52.

Pandangan Samping



Gambar 7.51 Teknik pemotongan dengan *vertical band saw*

Sumber: Ryan, 2022



Gambar 7.52 Penggunaan *push stick* dan *block guide* pada pemotongan lurus

Sumber: Ryan, 2022

Untuk lebih lengkapnya mengenai bagaimana cara mengoperasikan mesin *vertical bandsaw* saat melakukan pemotongan, kalian dapat mengunjungi tautan video atau dengan memindai kode QR pada Gambar 7.50.



Gambar 7.53 Video mengoperasikan mesin *vertical bandsaw*

Sumber: Clark, 2016

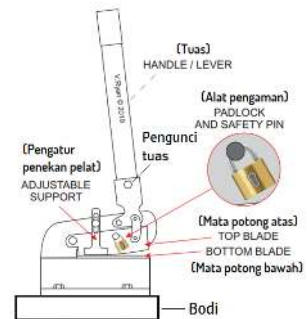
3. Mesin Guillotine

Mesin *guillotine* terdiri atas dua jenis yakni mesin *guillotine* manual dan mesin *guillotine* hidrolik. Masing-masing jenis mesin *guillotine* memiliki perbedaan mendasar pada proses pemotongan dan kemampuan potong seperti yang dijelaskan berikut ini.

a. Mesin Guillotine Manual (*Bench Top Shear*)

Mesin *guillotine* manual disebut juga gunting tuas. Alat ini hanya mampu bekerja untuk memotong pelat-pelat lurus. Gambar 7.54 ditunjukkan bagian-bagian mesin *guillotine* manual untuk memudahkan kalian dalam penggunaannya. Ketebalan pelat yang mampu dipotong mesin *guillotine* manual berkisar antara 1 - 3 mm.

Untuk dapat menggunakan mesin *guillotine* manual dengan aman, perhatikan langkah kerja yang ditunjukkan Gambar 7.55.



Gambar 7.54 Bagian-bagian mesin *guillotine* manual (*bench top shear*)

Sumber: Ryan, 2021



Gambar 7.55 Diagram alur mengoperasikan mesin *guillotine* manual

Untuk lebih lengkapnya mengenai bagaimana cara mengoperasikan mesin *bench top shear*, kalian dapat mengunjungi tautan video atau memindai kode QR pada Gambar 7.56.

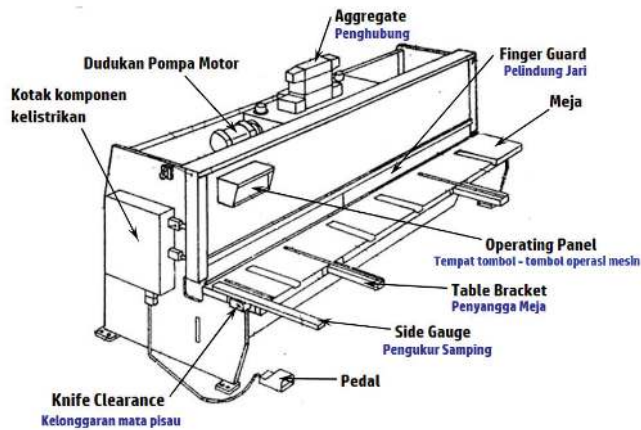
b. Mesin Guillotine Hidrolik

Mesin *guillotine* hidrolik merupakan mesin potong yang mampu memotong pelat dengan ketebalan 6-12 mm. Prinsip kerja mesin potong ini menggunakan tenaga motor listrik yang dihubungkan dengan tuas penekan kemudian menggerakkan poros dan merubah gerak putar menjadi gerak naik turun (Gambar 7.57).



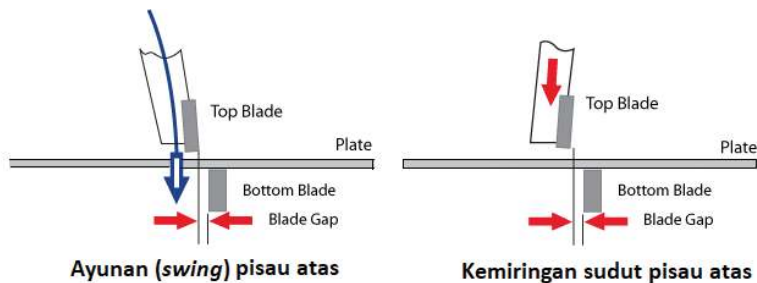
Gambar 7.56 Video mengoperasikan mesin *bench top shear*

Sumber: Cooltools, 2014



Gambar 7.57 Bagian mesin guillotine
 Sumber: Zainuddin, 2021

Mesin *guillotine* hidrolik dilengkapi dengan *stopper* sebagai penahan pelat yang akan dipotong sebelum pisau atas turun menggantung pelat. Fungsi *stopper* adalah sebagai penahan agar sewaktu terjadinya proses penggungtingan pelat, tidak terjadi gaya balik antara pisau bawah dan atas mempunyai kelonggaran atau kelonggaran (*clearance*) tertentu (Gambar 7.58). Kelonggaran ini disesuaikan dengan ketebalan pelat yang akan dipotong. Semakin besar ketebalan pelat yang dipotong, kelonggaran antara pisau ini juga akan menjadi lebih besar. Bahan pelat yang mempunyai kekerasan yang tinggi harus diikuti dengan penyesuaian kelonggaran (*clearance*) antara mata pisau atas (*top blade*) dan bawah (*bottom blade*).



Gambar 7.58 Gerakan mata pisau saat pemotongan
 Sumber: Lazinsky, 2001

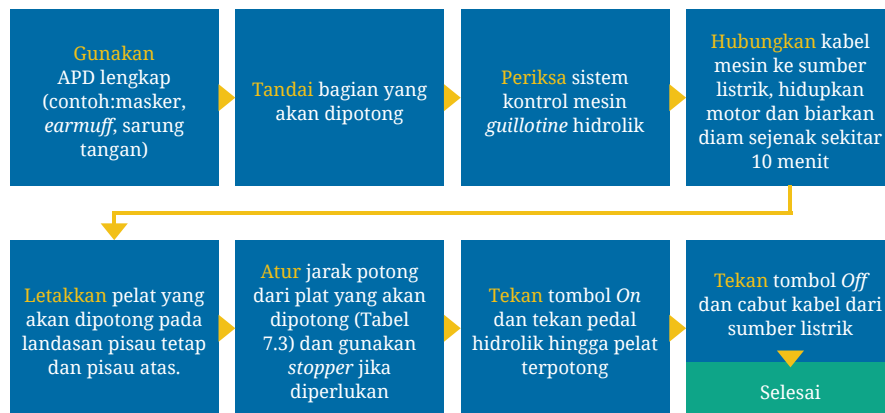
Adapun sebagai pedoman dalam pemilihan mata pisau yang menurut pengujian *feeler gauges* untuk baja dan *brass* (kuningan) dapat dilihat pada Tabel 7.3.

Tabel 7.3 Kelonggaran pisau mesin guillotine.

No	Tebal pelat		Celah pisau			
	Inchi	mm	inchi	mm	Inchi	mm
1	0,015	0,381	0,0003	0,0075	0,0005	0,013
2	0,032	0,813	0,015	0,038	0,0018	0,046
3	0,065	1,651	0,020	0,051	0,0025	0,064
4	0,100	2,540	0,022	0,056	0,0030	0,076
5	0,125	3,175	0,030	0,076	0,0040	0,10
6	0,250	6,350	0,055	0,14	0,0070	0,177

Sumber: Lyman, 1968

Untuk dapat mengoperasikan mesin *guillotine* hidrolik dengan aman, perhatikan langkah kerja yang ditunjukkan Gambar 7.59.



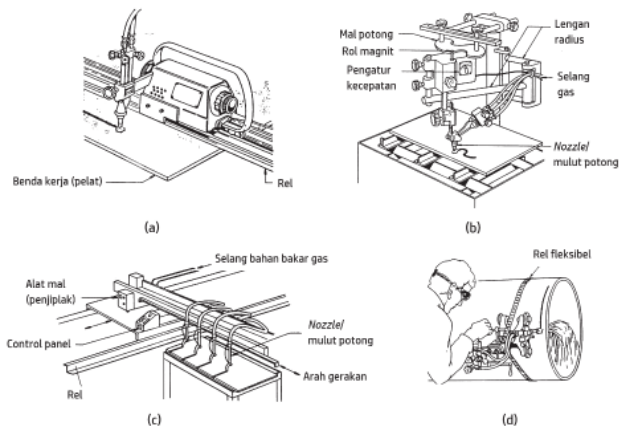
Gambar 7.59 Diagram alur mengoperasikan mesin *guillotine* hidrolik

E. Alat Potong Busur Api

1. *Oxy-Acetylene Gas Welding/Cutting*

Di era modern saat ini, pemotongan logam dengan panas, khususnya menggunakan bahan bakar gas, terdiri atas pemotongan secara manual dan pemotongan menggunakan mesin-mesin potong gas. Ada beberapa

jenis mesin potong gas yang banyak digunakan dan dikembangkan untuk mengerjakan berbagai bentuk bahan seperti yang diperlihatkan Gambar 7.60.



Gambar 7.60 Jenis mesin potong gas, (a) Mesin potong gas lurus, (b) Mesin potong gas radial, (c) Mesin potong gas koordinat, (d) Mesin potong gas pipa

Sumber: Indonesia Australia Partnership for Skills Development, 2002

2. Persyaratan Hasil Pemotongan Busur Api

Hasil pemotongan dikatakan baik jika memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Alur potong harus cukup kecil
- Permukaan potong halus
- Terak harus mudah terkelupas
- Sisi atas potongan membulat

3. Parameter Pemotongan Busur Api

Sebelum melakukan pemotongan, seorang operator perlu mengetahui parameter apa saja yang harus ditentukan sehingga didapat hasil pemotongan yang baik. Berikut ini beberapa parameter yang perlu diatur sebelum pemotongan dilakukan.

- Pemanasan baja sampai temperatur pembakaran (d disesuaikan tebal pelat)
- Oksidasi baja dalam bagian semburan oksigen (tekanan gas oksigen)
- Pembuangan terak oleh tekanan dari aliran oksigen
- Kontinuitas gerakan pembakar (kecepatan pemotongan)

4. Peralatan Pemotongan Busur Api

a. Tabung gas

Tabung gas berfungsi sebagai tempat untuk penyimpanan gas. Dalam pengelasan gas terdapat dua tabung gas, yaitu tabung gas *acetylene* yang berfungsi sebagai media penyimpanan gas *acetylene* dan tabung gas oksigen yang berfungsi sebagai media penyimpanan gas oksigen. Tabung gas *acetylene* umumnya berwarna merah atau orange dan tabung gas oksigen berwarna biru atau hijau.

b. Regulator

Regulator merupakan alat untuk mengatur tekanan gas yang dikeluarkan dari tabung. Dari regulator kalian dapat melihat tekanan isi dan tekanan kerja gas. Pada regulator unit ini dilengkapi dengan aksesoris seperti sebagai berikut :

- 1) *Pressure Gauge* yang berfungsi sebagai pengukur berapa besar tekanan atau *pressure gas* yang di gunakan.
- 2) *Arrestor* atau *safety valve* yang berfungsi sebagai penahan terjadinya arus balik menuju tabung gas agar tidak terjadi peledakan atau api.
- 3) *Valve* atau kran gas yang berfungsi sebagai pintu buka dan tutup pasokan gas dari tabung gas menuju selang gas *cutting*.
- 4) *Joint connector* yang berfungsi untuk mengikat regulator unit pada tabung gas

c. Selang gas

Selang gas berfungsi sebagai tempat mengalirnya gas dari tabung gas menuju *torch*. Selang gas umumnya terbuat dari bahan karet (*rubber*) yang tahan terhadap tekanan tinggi. Warna selang gas dibedakan menjadi dua warna, yaitu selang berwarna merah yang merupakan selang yang digunakan sebagai jalur gas *acetylene*, sedangkan selang berwarna biru digunakan sebagai jalur gas oksigen.

d. Cutting Tip

Cutting tip atau mata brander potong merupakan alat atau mata pembakaran yang dipasang pada ujung stang brander potong atau *cutting torch*. *Cutting tip* terbuat dari tembaga atau chrome. Fungsi *cutting tip* adalah untuk memotong plat besi dengan cara meleburkan besi pada suhu tertentu dan disertai dorongan udara/oksigen sehingga

menghasilkan pemotongan yang bersih. Ukuran *cutting tip* tersedia dalam berbagai ukuran seperti yang ditunjukkan Tabel 7.4.

Tabel 7.4 Ukuran *cutting tip*

Oxyfuel Cutting Tip			
Tip Number	Metal Thickness (in in.)	Acetylene Pressure (in psi)	Oxygen Pressure (in psi)
0	1/4	3	30
1	3/8	3	30
1	1/2	3	40
2	3/4	3	40
2	1	3	50
3	1 1/2	3	45
4	2	3	50
5	3	4	45
5	4	4	60
6	5	5	50
6	6	5	55
7	8	6	60
7	10	6	70

Sumber: Farnsworth, 2022

e. Gas pemotongan busur api

Gas utama yang digunakan adalah gas oksigen, sedangkan gas pembakarannya dapat berupa asetilen, hidrogen, gas alam, gas propan, dan gas bakar lainnya seperti yang ditunjukkan Tabel 7.5.

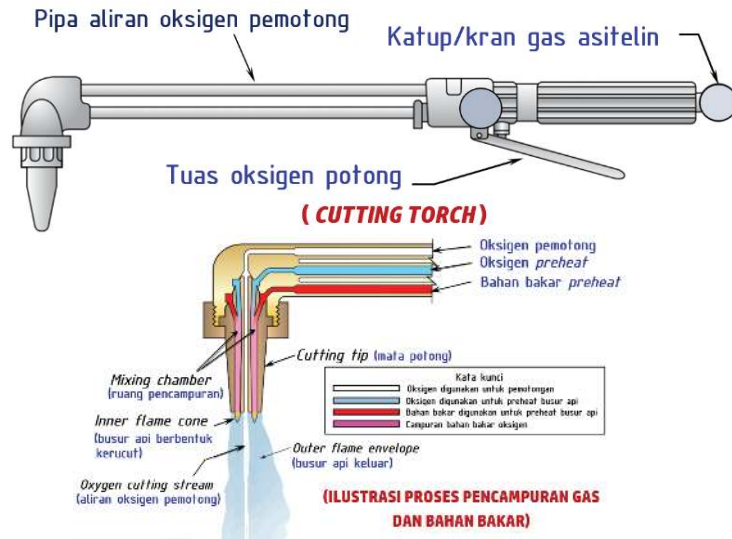
Tabel 7.5 Jenis gas pembakar untuk pemotongan busur api

Bahan Bakar Gas	Suhu Api (Fahrenheith)	Suhu Api (Celcius)
Acetylene	5589°	3087°
MAPP®	5301°	2927°
Natural gas	4600°	2538°
Propane	4579°	2526°
Propylene	5193°	2867°
Hydrogen	4820°	2660°

Sumber: Bohnart, 2018

f. Cutting Torch

Cutting Torch atau biasanya kita sebut dengan stang blender atau blender potong merupakan alat yang digunakan untuk memotong suatu produk/ bahan menjadi dua atau lebih (Gambar 7.61).



Gambar 7.61 Cutting torch dan proses pencampuran gas.

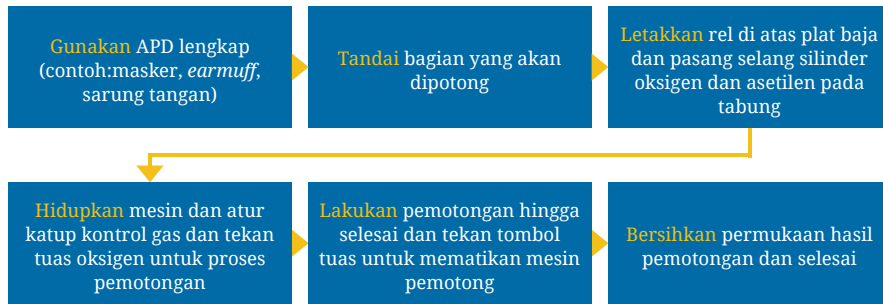
Sumber: Jeffus, 2016

5. Menggunakan Mesin Potong Gas

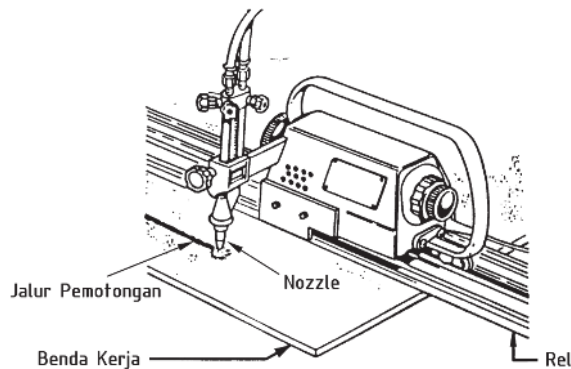
Pemotongan dengan menggunakan gas ini termasuk dalam bidang teknologi pengelasan dengan prinsip kerjanya yaitu mencairkan logam. Baja yang akan dipotong dipanaskan hingga temperatur sekitar 875°C kemudian disemburkan gas pemotong dengan tekanan yang tinggi untuk menembus baja tersebut.

a. Pemotongan Lurus

Untuk dapat melakukan pemotongan lurus dengan mesin potong gas, perhatikan langkah kerja yang ditunjukkan Gambar 7.62. selanjutnya untuk kontruksi proses pemotongan lurus dapat dilihat pada Gambar 7.63.



Gambar 7.62 Diagram alur proses pemotongan lurus



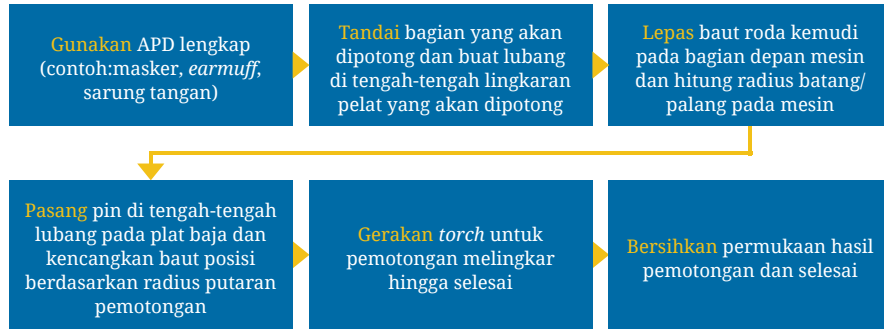
Gambar 7.63 Kontruksi proses pemotongan lurus

Sumber: Indonesia Australia Partnership for Skills Development, 2002

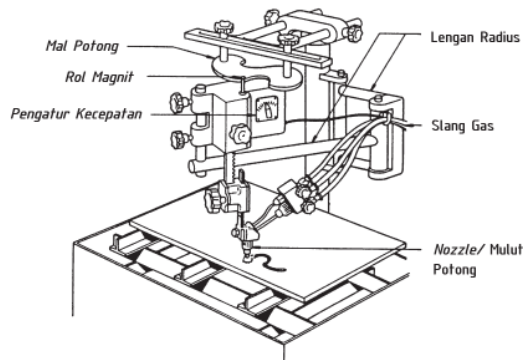
Pada pemotongan miring (bevel), lepas baut klem pada dudukan torch dan sesuaikan dengan besar sudut yang diinginkan, kemudian pasang dan kencangkan baut klem tadi. Gerakan maju dan mundur dari motor diatur oleh tombol pengatur gerakan. Terdapat 4 katup pengatur, yaitu katup asetilen, katup oksigen untuk *preheating*, katup oksigen untuk memotong dan katup pengatur tekanan saat operasi. Katup asetilen dan katup oksigen digunakan untuk mengontrol pemanasan awal (*preheating*) pada permukaan plat yang akan dipotong.

b. Pemotongan Radial

Mesin potong gas radial umumnya terpasang di lantai. Mesin ini mempunyai lengan radial yang tergantung pada batang vertikal dan digerakkan oleh motor listrik yang dapat diatur kecepatannya. Untuk dapat melakukan pemotongan radial dengan mesin potong gas, perhatikan langkah kerja yang ditunjukkan Gambar 7.64. Selanjutnya untuk kontruksi proses pemotongan radial dapat dilihat pada Gambar 7.65.



Gambar 7.64 Diagram langkah kerja pemotongan radial



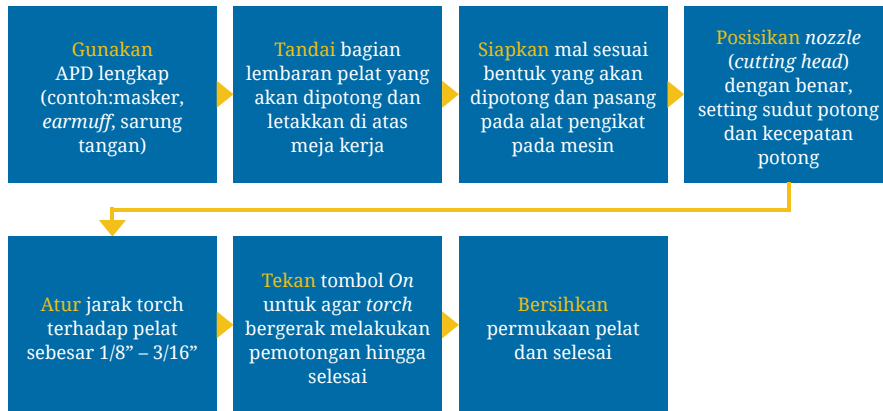
Gambar 7.65 Kontruksi proses pemotongan radial.

Sumber: Indonesia Australia Partnership for Skills Development, 2002

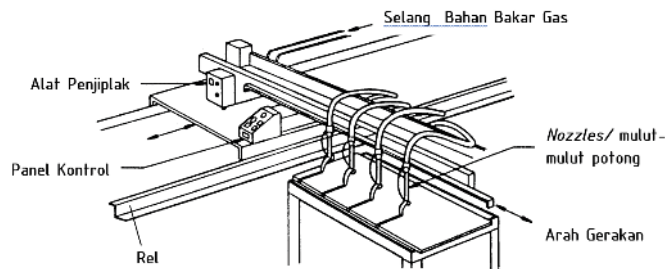
c. Pemotongan Koordinat

Mesin potong koordinat secara umum dapat diaplikasikan pada kegiatan pembuatan kapal, galangan kapal, pengelasan tangki bertekanan, fabrikasi baja struktur, industri minyak dan gas, serta industri fabrikasi umum.

Untuk dapat melakukan pemotongan koordinat, ikuti langkah kerja yang ditunjukkan Gambar 7.66. Sedangkan kontruksi mesin potong koordinat saat melakukan pemotongan dapat kalian lihat pada Gambar 7.67.



Gambar 7.66 Diagram alur proses pemotongan koordinat



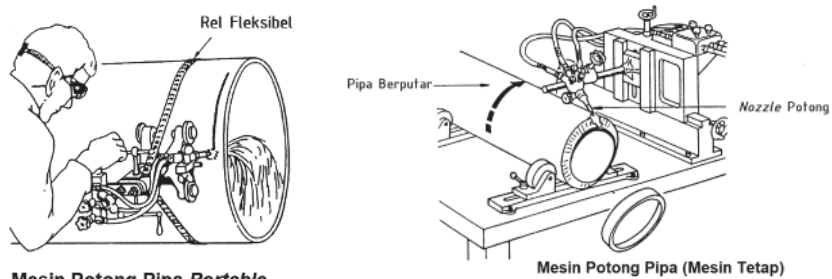
Gambar 7.67 Kontruksi proses pemotongan koordinat.

Sumber: Indonesia Australia Partnership for Skills Development, 2002

Apapun bentuk yang diberikan akan dapat dijiplak dan dipotong dari pergerakan batang pembawa.

d. Pemotongan Pipa

Pemotongan pipa baja dengan mesin potong *portable* maupun mesin potong tetap. Mesin potong *portable* dapat dibawa dan dipindah dengan mudah sesuai lokasi pemotongan berada. Sedangkan mesin potong tetap dengan kontruksinya yang besar, maka tidak memungkinkan untuk dipindah-pindah (Gambar 7.68).



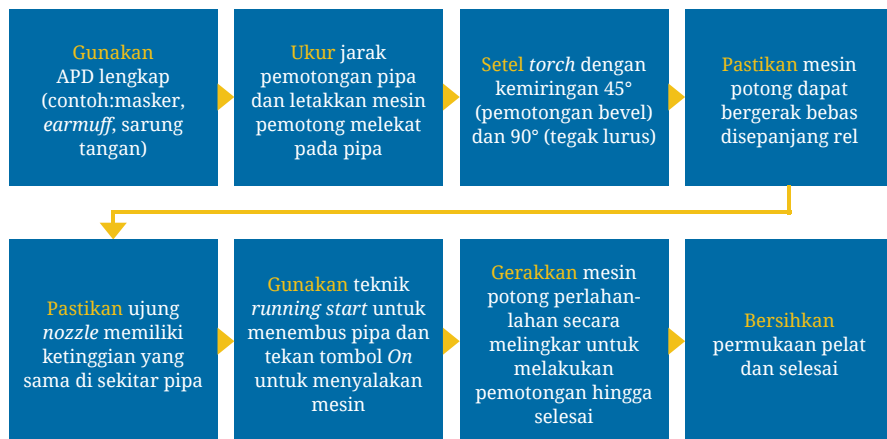
Mesin Potong Pipa Portable

Mesin Potong Pipa (Mesin Tetap)

Gambar 7.68 Kontruksi proses pemotongan pipa

Sumber: Indonesia Australia Partnership for Skills Development, 2002

Untuk dapat melakukan pemotongan pipa secara melingkar, ikuti langkah kerja yang ditunjukkan Gambar 7.69.



Gambar 7.69 Diagram alur pemotongan pipa



Uji Kompetensi

Setelah kalian membaca dan memahami mengenai penggunaan perkakas bengkel dengan benar tentu hal ini akan menambah wawasan dan kemandirian kalian dalam bekerja yang benar. Untuk menambah wawasan kalian silahkan kerjakan tugas-tugas di bawah ini.

Soal pilihan ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat

- Fungsi rahang luar pada alat ukur *vernier caliper* digunakan untuk mengukur

 - Diameter luar
 - Kedalaman lubang
 - Diameter lubang
 - Kisar ulir
 - Ketinggian benda
- Salah satu jenis jangka digunakan untuk menggambar setengah lingkaran di atas benda kerja yang telah ukur, yaitu

 - Jangka kaki
 - Jangka tusuk
 - Jangka bengkok
 - Jangka hati
 - Jangka setengah lingkaran

3. Apa nama perkakas tangan bertenaga pada gambar di bawah ini....

- a. Gergaji Dorong
- b. Gergaji Ukir (*Jigsaw*)
- c. Gergaji bundar (*circular saw*)
- d. Gergaji bundar berlengan (*radial arm saw*)
- e. Gergaji melingkar (*round circular saw*)



4. Jenis jangka yang digunakan untuk mengukur dimensi dalam suatu objek yaitu

- a. Jangka hati
- b. Jangka luar
- c. Jangka dalam
- d. Jangka sorong
- e. Jangka tusuk

5. Cara membersihkan *chip* (tatal) pada sela-sela gigi kikir adalah disikat

- a. Searah gerakan kikir
- b. Tegak lurus alur gigi kikir
- c. Searah dengan alur gigi kikir
- d. Tegak lurus dengan sisi kikir
- e. Naik turun sejajar tangkai kikir

6. Berikut ini yang tidak termasuk keselamatan kerja dalam pekerjaan *Grinding Machine* yaitu

- a. Menyiapkan benda kerja
- b. Periksa penutup mesin dan pelindung mata
- c. Gunakan pelindung telinga
- d. Pastikan kedudukan benda kerja dikencangkan dengan benar
- e. Periksa kedua batu gerinda

7. Perkakas tangan bertenaga listrik ini berfungsi untuk

- a. Melubangi dan memotong logam
- b. Membuat garis lurus sejajar
- c. Membuat lubang dengan jarak yang sama
- d. Membuat lubang
- e. Memotong logam dan menekuk



8. Nama perkakas tangan bertenaga pada gambar ini adalah

- a. *Drilling machine*
- b. *Grinding machine*
- c. Gerinda sudut
- d. *Cutting off*
- e. Gergaji Jig Listrik



9. Alat potong mekanik yang digunakan untuk membersihkan permukaan logam dari debu, karat, cat, percikan las dan rigi-rigi hasil pengelasan adalah

- a. Kikir
- b. *Chisel*
- c. Mesin gerinda tangan
- d. Sikat mekanik
- e. Palu terak

10. Berapa jarak aman *safety guard* terhadap permukaan benda kerja pada mesin gergaji pita?

- a. 25 mm (1")
- b. 20 mm (2/3")
- c. 13 mm (1/2")
- d. 19 mm (3/4")
- e. 6 mm (1/4")

11. Jenis perkakas bertenaga yang mata potongnya bergerak naik-turun pada saat melakukan pemotongan adalah

- a. Mesin bor
- b. Mesin gergaji pita
- c. Mesin gerinda potong
- d. Mesin *jigsaw portable*
- e. Mesin pemotong *nibbles portable*

12. Perlengkapan mesin *jigsaw* yang berfungsi untuk menahan *jigsaw* pada permukaan pelat yang dipotong dan memudahkan untuk mengarahkan daun gergaji pemotong pada saat melakukan pemotongan disebut ...

- a. Ragum
- b. Kunci pas
- c. Kunci ellen
- d. Sepatu penahan/*stopper*
- e. Pengarah pemotong lingkaran

13. Perhatikan gambar di bawah!

Diketahui jenis jangka tersebut dapat mengukur dimensi luar dari suatu benda serta memeriksa apakah permukaan luar benda sejajar atau tidak sejajar. Dari keterangan tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa nama jangka tersebut yaitu....

- a. Jangka serong
- b. Jangka tusuk
- c. Jangka kaki
- d. Jangka bengkok
- e. Jangka sisi



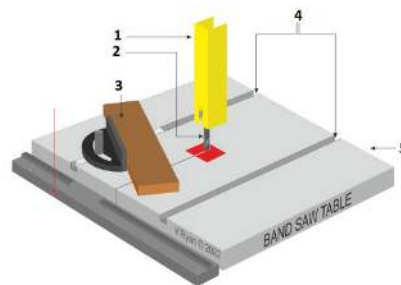
14. Jenis alat tangan yang digunakan untuk menjepit material logam yang berbentuk silindris, namun terbatas pada lebar rahang adalah

- a. Tang kombinasi *slip joint*
- b. Clamp C
- c. Ragum
- d. Kunci ring
- e. Jangka

15. Perhatikan gambar di bawah!

Nama bagian mesin gergaji pita vertikal yang ditunjukkan oleh angka 4 adalah

- a. Alas mesin
- b. Benda kerja
- c. Stopper
- d. *Blade guard*
- e. Meja mesin



Soal esai

Jawablah dengan benar dan tepat

1. Tuliskan 4 contoh penggunaan *vernier caliper* dalam pengukuran.
2. Bagaimana cara menggunakan penggores yang benar.
3. Sebutkan 4 jenis material yang mampu dipotong dengan mesin potong plasma.

4. Jelaskan yang dimaksud dengan mesin potong gas radial.
5. Apa perbedaan mendasar antara mesin *gullotine* manual dengan mesin *gullotine* hidrolik.

Soal uraian singkat

Jawablah dengan ringkas dan benar

1. Jelaskan macam-macam teknik pengikiran!
2. Jelaskan akibatnya apabila kurang hati-hati waktu menggunakan penggores!
3. Apa fungsi dari jangka kaki, jangka tusuk dan jangka bengkok?
4. Identifikasilah perlengkapan yang harus disiapkan ketika akan menggunakan mesin *jig saw*!
5. Mengapa ketika akan menggunakan mesin gergaji pita tangan, kita harus menggunakan *earplug*?
6. Sebutkan 4 kegunaan *Bridge Cam Gauge* pada kegiatan pengelasan!
7. Apa fungsi *drill chuck* pada penggunaan mesin bor tangan?
8. Tuliskan 4 alat keselamatan kerja ketika melakukan pekerjaan dengan mesin gerinda potong!
9. Identifikasilah 3 kekurangan mesin potong gas lurus!
10. Apa yang dimaksud dengan *stopper* pada proses pemotongan pelat?



Pengayaan

Untuk menambah wawasan tentang , kalian dapat menelusuri berbagai situs yang ada di internet. Silahkan kalian klik tautan di bawah ini atau dengan memindai kode QR.



<https://gim-indonesia.com/>



<https://id.hrnote.asia/personnel-management/>



Refleksi

Sebelum melanjutkan mempelajari materi pada bab berikutnya silahkan *review* kembali pemahaman kalian terkait materi pada bab 7 tentang penggunaan perkakas bengkel ini melalui pertanyaan-pertanyaan yang disajikan pada tabel berikut. Jika ada materi yang belum dipahami, kalian bisa menyampaikan terlebih dahulu kepada pendidik/guru pengampu ataupun berdiskusi dengan teman.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah saya telah mampu memahami penggunaan alat ukur perbengkelan dengan baik dan benar?		
2	Apakah saya telah mampu memahami penggunaan perkakas tangan sesuai fungsinya dengan tepat?		
3	Apakah saya telah mampu memahami penggunaan perkakas bertenaga sesuai fungsinya dengan tepat?		
4	Apakah saya telah mampu memahami penggunaan peralatan potong mekanik dengan baik dan benar?		
5	Apakah saya telah mampu memahami penggunaan peralatan potong dengan busur api dengan baik dan benar?		

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Kurniawan Susanta, Khusni Syauqi
ISBN: 978-623-194-532-7 (PDF)

BAB 8

PENGELASAN SMAW



Tujuan Pembelajaran

Siswa mampu memahami rutinitas pengelasan dasar dengan proses SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) sesuai dengan WPS (*Welding Procedure Specification*).

Indikator Pencapaian

- Siswa mampu mengidentifikasi spesifikasi mesin SMAW dengan baik dan benar.
- Siswa mampu menyiapkan mesin SMAW di bengkel fabrikasi logam dengan baik dan benar.
- Siswa mampu menyiapkan bahan las sebelum pengelasan dimulai dengan tepat, sesuai dengan *Welding Procedure Specification* (WPS).
- Siswa mampu mengidentifikasi elektroda SMAW dengan benar dengan baik dan benar sesuai *Welding Procedure Specification* (WPS).
- Siswa mampu melaksanakan pengelasan pelat baja karbon posisi bawah tangan (1G/1F) dengan baik dan benar sesuai *Welding Procedure Specification* (WPS).
- Siswa mampu melaksanakan pemeriksaan hasil pengelasan secara visual dengan baik dan benar sesuai *Welding Procedure Specification* (WPS).

Posisi dalam pengelasan atau sikap pengelasan merupakan pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas.

Posisi pengelasan bawah tangan adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja.



Kata Kunci

K3LH, sumber bahaya, APD, kecelakaan kerja, budaya kerja



Peta Konsep



Gambar 8.1 Peta Konsep.

Apersepsi

Tahukah kalian di dalam dunia pengelasan itu ada berbagai macam posisi pengelasan, mulai dari pengelasan pelat hingga ke pengelasan pipa. Posisi pengelasan yang bisa dilakukan oleh seorang *welder* itu menjadi acuan seberapa tinggi tingkat kompetensi seorang juru las sesuai dengan jenis proses pengelasan yang mereka kuasai. Kunci utama menjadi juru las profesional adalah memiliki minat dan bakat di dunia teknik pengelasan.

Untuk mempelajari sambungan dan posisi pengelasan kali ini kita akan mengacu pada posisi pengelasan standar AWS (*American Welding Society*). Khusus pada bab 8 ini akan dibahas tentang dasar-dasar pengelasan pada posisi bawah tangan (*downhand*) 1G/1F.

Aktivitas Pembelajaran

A. Spesifikasi Mesin SMAW

Di dalam proses pengelasan, pemilihan spesifikasi mesin las SMAW sangat penting untuk diperhatikan. Hal ini dilakukan agar kemampuan mesin las sesuai dengan jenis material, dimensi material, dan jenis pekerjaan las yang akan dilakukan. Jangan sampai mesin las yang digunakan tidak mampu untuk melakukan pengelasan sesuai standar pengerjaan. Adapun spesifikasi mesin yang perlu diperhatikan dapat dilihat pada Gambar 8.2.



Kegunaan :

- Lokasi Konstruksi & Perakitan
- Pabrik Pengolahan Besi & Baja Industri Ringan
- Aplikasi Rumah & Furniture
- Peralatan Merakit & Memperbaiki
- Aplikasi Umum

Spesifikasi mesin :

- *Input Voltage* (V): 240V + 15%
- *Phase* (PH) / *Frequency* (HZ) : 1 / 50-60
- *Open Circuit Voltage* (V) : 65
- *Output Current Range* (A) : 30 – 250
- *Rated Welding Current* (A) : 250 (industri rumahan/pelatihan), >350 A (pekerjaan konstruksi berat)
- *Rated Duty Cycle* (%) : 60
- *Housing Protection Grade*: IP21
- *Weight* (KG): 8

Gambar 8.2 Contoh informasi spesifikasi mesin las SMAW (I-WELD SMAW250I).

B. Persiapkan Mesin SMAW

Penyetelan atau pengaturan mesin las merupakan bagian penting dari tahapan persiapan dan pelaksanaan pengelasan, khususnya pada proses las busur

manual. Hal ini menjadi penting karena penyetelan tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas hasil las maupun keselamatan dan kesehatan operator las itu sendiri serta lingkungan kerjanya.

Namun, sebelum dilakukan penyetelan mesin las, perlu dipahami terlebih dahulu hal-hal yang terkait dengan keseluruhan aktifitas pengelasan, yaitu keselamatan dan kesehatan kerja, sumber listrik dan sirkuit mesin las, serta *duty cycle*.

1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja Las Busur Manual

Penggunaan alat keselamatan kerja sangat penting dilakukan untuk menghindari bahaya akibat pengelasan seperti asap, cahaya pengelasan, panas, dan bahaya listrik yang dihasilkan pada proses pengelasan.

2. Sumber Daya Listrik dan Tegangan Sirkuit Mesin Las

Tegangan listrik yang dibutuhkan pada pengelasan antara lain yaitu 220V, 230V, 240V, 460V, atau 480V. Sementara itu, daya listrik dapat menggunakan 1 fasa atau 3 fasa.

3. Duty Cycle

Duty cycle dapat didefinisikan sebagai Kemampuan mesin las untuk digunakan secara berkelanjutan dalam satu periode. Penulisan nilai *duty cycle* dibagi menjadi tiga, yaitu Ampere (Amp), Persen (%), dan Suhu. Umumnya *duty cycle* merujuk pada persentase penggunaan mesin las dalam periode 10 menit, ketika suatu mesin las dapat beroperasi dalam besaran arus tertentu secara efisien dan aman tanpa mengalami beban lebih (*overload*). *Duty cycle* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Duty Cycle ijin (\%)} = \frac{I_{TB}^2}{I_{DB}^2} \times DC_{TB} \%$$

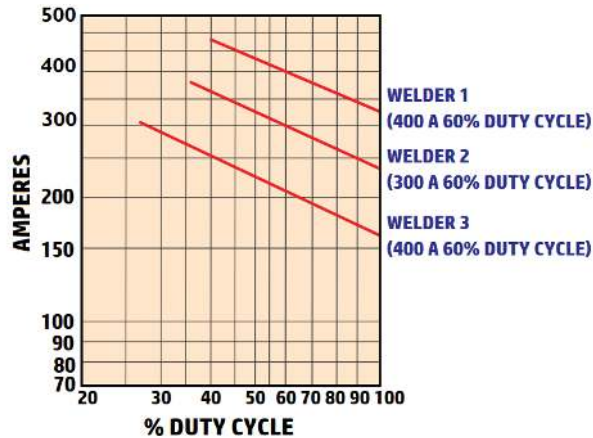
Keterangan :

I_{TB} : Arus tanpa beban (Ampere)

I_{DB} : Arus dengan beban (Ampere)

DC_{TB} : *Duty cycle* tanpa beban (%)

Duty cycle akan mengalami peningkatan seiring dengan penurunan arus listrik dan penurunan arus listrik yang lebih tinggi seperti yang diperlihatkan Gambar 8.3.



Gambar 8.3 Duty cycle mesin las SMAW.
Sumber: Jeffus, 2016

Dari Gambar 8.3 dapat dijelaskan bahwa jika suatu mesin las berkemampuan 300 Ampere dengan *duty cycle* 60%. Hal ini berarti mesin las tersebut dapat dioperasikan secara aman pada arus 300 Ampere pengelasan selama 60% per 10 menit penggunaan. Untuk memberikan gambaran yang jelas, berikut ini diberikan contoh cara menghitung *duty cycle* yang diizinkan pada mesin las.

Contoh:

Sebuah mesin las SMAW memiliki *duty cycle* 40% pada arus 100 Ampere. Mesin tersebut akan digunakan untuk mengelas pelat baja karbon dengan arus 125 Ampere. Berapa lamakah mesin tersebut bisa digunakan secara kontinu?

Diketahui :

- Duty cycle tanpa beban (DC_{TB}) : 40%
- Arus tanpa beban (I_{TB}) : 100 Ampere
- Arus dengan beban (I_{DB}) : 125 Ampere

Ditanya :

Lama mesin digunakan secara kontinu?

Jawab :

$$Duty\ Cycle\ ijin\ (\%) = \frac{I_{TB}^2}{I_{DB}^2} \times DC\ TB\ \%$$

$$Duty\ Cycle\ ijin\ (\%) = \frac{100^2}{125^2} \times 40\ \%$$

$$Duty\ Cycle\ ijin\ (\%) = \frac{10000}{15625} \times 40\ \%$$

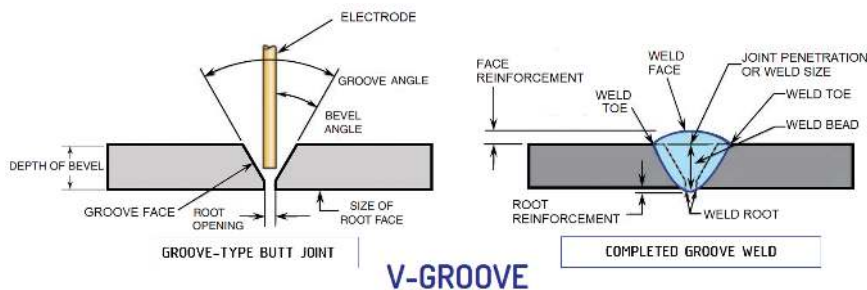
$$Duty\ Cycle\ ijin\ (\%) = 25,6\ \%$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai DC izin sebesar 25,6% dibulatkan menjadi 26%. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa jika arus

pengelasan 125 Ampere, mesin las SMAW bisa digunakan secara kontinu selama 2,7 menit dan harus diistirahatkan selama 7,3 menit dalam 1 periode.

C. Persiapan Bahan Pengelasan

Persiapan bahan dilakukan diawal sebelum material dilakukan proses pengelasan. Persiapan material dilakukan terkait dengan bentuk dan ukuran kampuh. Istilah-istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan persiapan kampuh las dapat dilihat pada Gambar 8.4.



Gambar 8.4 Istilah-istilah persiapan bahan *groove-type butt joint*.

Sumber: Althouse, dkk, 2020

Keterangan :

- | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|----|---------------------------|----------------------|
| 1 | <i>Depth bevel</i> | : kedalaman bevel | 7 | <i>Weld root</i> | : akar lasan |
| 2 | <i>Groove face</i> | : muka kampuh | 8 | <i>Weld face</i> | : muka lasan |
| 3 | <i>Root opening</i> | : celah antar pelat | 9 | <i>Weld toe</i> | : kaki jalur las |
| 4 | <i>Bevel angle</i> | : sudut bevel | 10 | <i>Weld bead</i> | : manik-manik lasan |
| 5 | <i>Size of root face</i> | : ukuran muka akar | 11 | <i>Root reinforcement</i> | : penguat akar lasan |
| 6 | <i>Groove angle</i> | : sudut kampuh | 12 | <i>Face reinforcement</i> | : penguat muka lasan |

1. Pembuatan Kampuh Las

Pembuatan kampuh las dapat dilakukan dengan beberapa metode, tergantung bentuk sambungan dan kampuh las yang akan dikerjakan. Metode yang biasa dilakukan dalam membuat kampuh las, khususnya untuk sambungan tumpul dilakukan dengan mesin atau alat pemotong gas (*brander potong*). Namun, untuk keperluan *fillet weld* yang tidak memerlukan kampuh las dapat digunakan mesin potong pelat (*guillotine*) berkemampuan besar, seperti *Hidrolic Shearing Machine*.

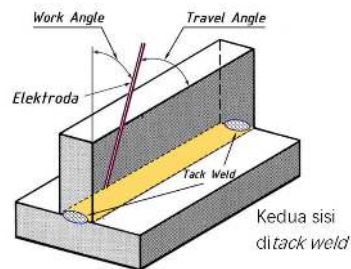
2. Membuat *Tack Weld* (Las Ikat)

Tack weld berfungsi untuk mencegah terjadinya distorsi pada kedua benda kerja. Distorsi menyebabkan benda kerja melengkung dan menyebabkan perubahan ukuran celah (*gap*) antara kedua benda kerja.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan las titik (*tack weld*) adalah sebagai berikut.

- Bahan las harus terbebas dari bahan-bahan yang mudah terbakar dan karat.
- Pada sambungan sudut, cukup dilas titik pada kedua ujung sepanjang penampang sambungan (tebal bahan tersebut).

Bila dilakukan pengelasan *T joint* pada kedua sisi, maka konstruksi sambungan harus 90° terhadap bidang datarnya (Gambar 8.5).



Gambar 8.5 Pengaruh *tack weld* pada sambungan T.

- Pada sambungan tumpul, kampuh V, X, U, atau J perlu dilas titik pada beberapa tempat, tergantung panjang benda kerja.

Untuk panjang benda kerja yang standar untuk uji profesi las (300 mm) dilakukan tiga las ikat, yaitu kedua ujung dan tengah dengan panjang las ikat antara 15 – 30 mm atau tiga sampai empat kali tebal bahan las. Sementara untuk panjang benda kerja di bawah atau sama dengan 150 mm, dapat dilas titik pada kedua ujung saja.

D. Identifikasi Elektroda SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Pada pengelasan SMAW, pemilihan elektroda merupakan faktor yang penting untuk menentukan hasil lasan. Agar tidak terjadi kesalahan saat memilih elektroda, juru las dan koordinator harus memiliki informasi yang tepat dalam memilih sifat-sifat elektroda terbungkus (*covered electrode*).

1. Fungsi dan Ukuran Elektroda

a. Fungsi Elektroda

- 1) Inti elektroda
 - a) Sebagai penghantar arus listrik dari tang elektroda ke busur yang terbentuk, setelah bersentuhan dengan benda kerja;
 - b) Sebagai bahan tambah.

Adapun bahan inti elektroda dibuat dari logam ferro dan nonferro, misalnya baja karbon, baja paduan, alumunium, dan kuningan.

- 2) Pelindung inti kawat
 - a) Untuk memberikan gas pelindung pada logam yang dilas, melindungi kontaminasi udara ketika logam dalam keadaan cair.
 - b) Membentuk lapisan terak yang melapisi hasil pengelasan dari oksidasi udara selama proses pendinginan.
 - c) Mencegah proses pendinginan agar tidak terlalu cepat.
 - d) Memudahkan penyalaan.
 - e) Mengontrol stabilitas busur.

Pelindung inti kawat 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, kelembaban akan menyebabkan hal-hal sebagai berikut.

- a) Salutan mudah terkelupas, sehingga sulit untuk menyalakan;
- b) Percikan yang berlebihan;
- c) Busur tidak stabil;
- d) Asap yang berlebihan.

b. Ukuran Elektroda

Elektroda diproduksi dengan standar ukuran panjang dan diameter. Diameter elektroda diukur pada kawat intinya. Pada Tabel 8.1 ditunjukkan ukuran elektroda yang direkomendasikan untuk beberapa ketebalan benda kerja .

Tabel 8.1 Rekomendasi ukuran elektroda.

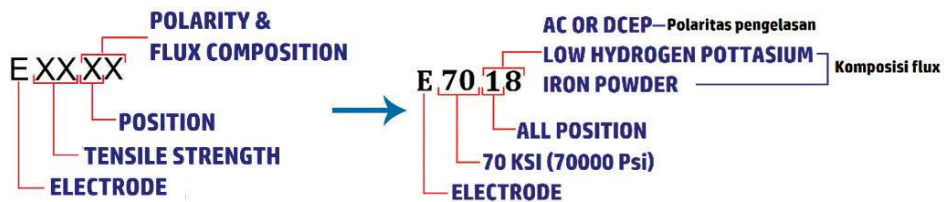
No	Rata-rata ketebalan pelat atau potongan pelat	Diameter maksimum elektroda
1	1,5 – 2,0 mm	2,5 mm
2	2,0 – 5,0 mm	3,2 mm
3	5,0 – 8,0 mm	4,0 mm
4	≥ 8,0 mm	5,0 mm

Sumber: Sanguri, 2019

Panjang elektroda las secara umum memiliki ukuran antara 300 – 450 mm serta dengan tebal salutan antara 10% – 50% dari diameter elektroda.

2. Kode dan Penggunaan Elektroda

Memilih elektroda yang tepat akan sangat menentukan kualitas hasil pengelasan. Elektroda las untuk pengelasan SMAW memiliki kode atau simbol tertentu. Kode tersebut mengandung arti kekuatan tarik, posisi pengelasan, dan jenis bahan kimianya untuk flux seperti yang ditunjukkan Gambar 8.7.



Gambar 8.6 Pembacaan elektroda E 7018.

Sumber: Anand, 2017

3. Penyimpanan Elektroda

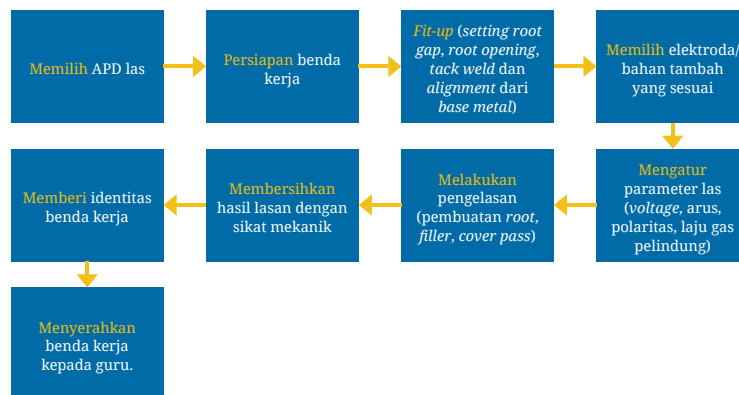
Penyimpanan elektroda, setelah tidak digunakan, perlu dilakukan agar elektroda bertahan lama sebelum digunakan. Di bawah ini adalah beberapa tips dan cara untuk menyimpan elektroda las agar terjaga kualitasnya.

- Simpan elektroda pada tempat yang kering dengan kemasan yang masih tertutup rapi (kemasan tidak rusak).
- Jangan meletakkan di lantai tanpa alas langsung pada lantai. Beri alas sehingga ada jarak dari lantai

- c. Temperatur ruangan penyimpanan sebaiknya sekitar 5°C di atas temperatur rata-rata udara luar.

E. Melaksanakan Pengelasan Pelat Baja Karbon di Bawah Tangan (1G/1F)

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, perlu adanya persiapan terlebih dahulu agar proses dan hasil las dapat mencapai standar yang diharapkan (Gambar 8.8). Berikut ini akan dijelaskan bagaimana persiapan sebelum melakukan pengelasan.



Gambar 8.7 Diagram alur sebelum dan sesudah proses pengelasan.

1. Prosedur Umum

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

- a. Adanya prosedur pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) dan prosedur penanganan kebakaran yang jelas/tertulis.
- b. 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.
- c. Periksa saklar sumber tenaga, apakah telah dihidupkan.
- d. Pakai pakaian kerja yang aman.
- e. Konsentrasi dengan pekerjaan.

- f. Setiap gerakan elektroda harus selalu terkontrol.
- g. Berdiri secara seimbang dan dalam keadaan rileks.
- h. Periksa, apakah penghalang sinar las/ruang las sudah tertutup secara benar.
- i. Tempatkan tang elektroda pada tempat yang aman jika tidak dipakai.
- j. Selalu gunakan kaca mata las selama bekerja.
- k. Bersihkan terak dan percikan las sebelum melanjutkan pengelasan berikutnya.
- l. Matikan mesin las bila tidak digunakan.
- m. Jangan meninggalkan tempat kerja dalam keadaan kotor dan kembalikan peralatan yang dipakai pada tempatnya.

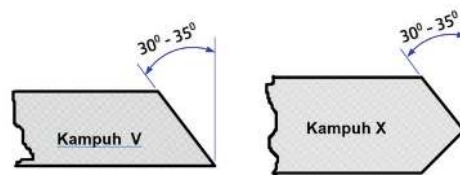
2. Persiapan Kampuh Las

Kampuh las merupakan celah atau alur di antara dua permukaan benda kerja yang akan disambung yang menyediakan ruang untuk diisi bahan tambah (*filler metal*).

a. **Kampuh V dan X (*Single Vee* dan *Double Vee*)**

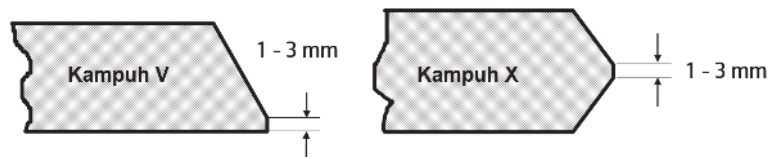
Untuk membuat kampuh V dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Potong sisi plat dengan sudut (bevel) antara 30° – 35° (Gambar 8.9).



Gambar 8.8 Sudut kampuh V dan kampuh X.

- 2) Buat "*root face*" selebar 1 – 3 mm secara merata dengan menggunakan mesin gerinda dan/atau kikir rata (Gambar 8.10). Kesamaan tebal/lebar permukaan "*root face*" akan menentukan hasil penetrasi pada akar (*root*).



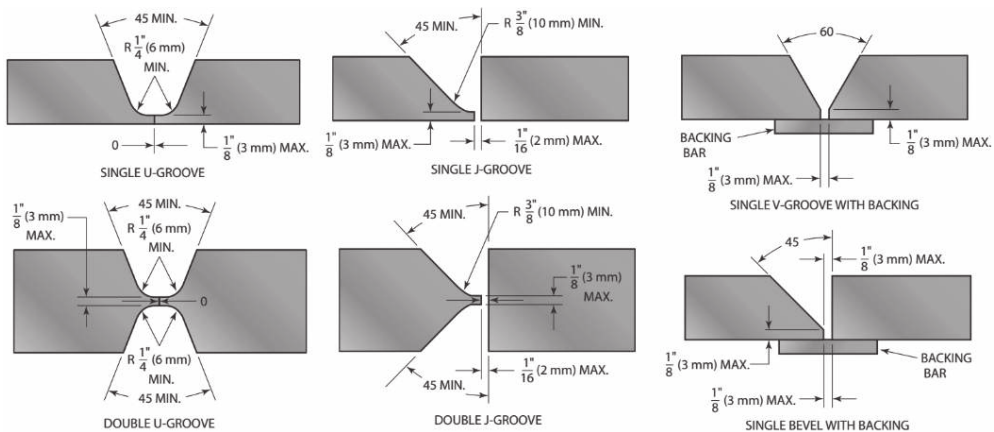
Gambar 8.9 Root face kampuh V dan kampuh X.

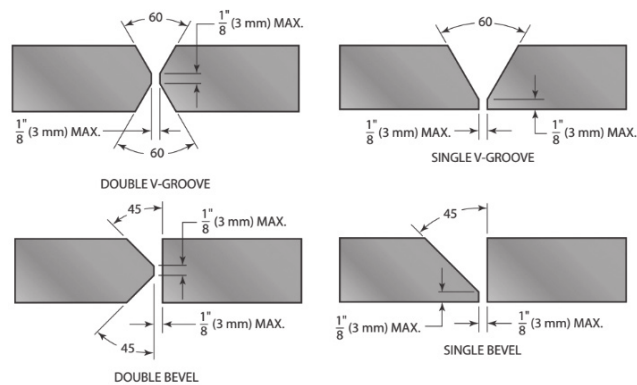
b. Kampuh U dan J

Pembuatan kampuh U dan J dapat dilakukan dengan dua cara.

- 1) Melanjutkan pembuatan kampuh V (*Single Vee*) dengan mesin gerinda sehingga menjadi kampuh U atau J.
- 2) Dibuat dengan menggunakan teknik "*gas gouging*". Kemudian dilanjutkan dengan gerinda dan/atau kikir. *Gouging* adalah proses pembuatan alur, lubang, atau lekukan pada permukaan logam dengan nyala api (*flame gouging*).

Setelah dilakukan persiapan kampuh las (*groove weld*), baru dirakit (dilas ikat) sesuai dengan bentuk *fillet weld* di mana tepi komponen disiapkan untuk membuat lasan. Untuk beberapa bentuk kampuh las pada *fillet weld* dapat kalian lihat pada Gambar 8.11.

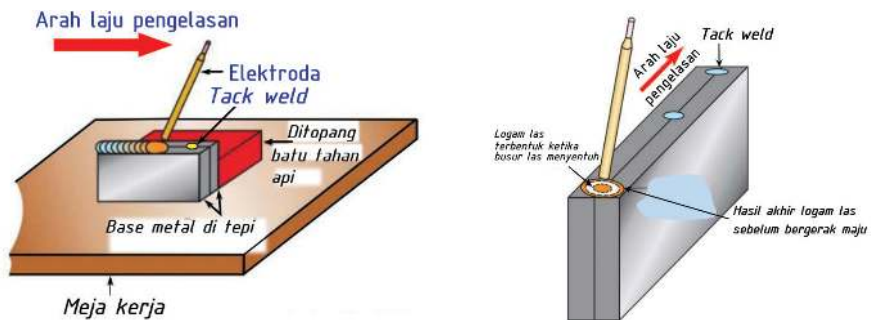




Gambar 8.10 Berbagai bentuk persiapan groove pada fillet weld
 Sumber: Jeffus, 2016

3. Tack Weld (Las Ikat)

Tack weld adalah teknik pra-pengelasan dengan membuat lasan pendek di bagian sudut atau sisi benda kerja yang digabung untuk menahan dua atau lebih logam bersama selama proses fabrikasi. *Tack weld* dapat dengan mudah dilepas jika terjadi kesalahan dalam penyambungan. Gambar 8.12 menunjukkan contoh teknik *tack weld* pada sambungan tepi.

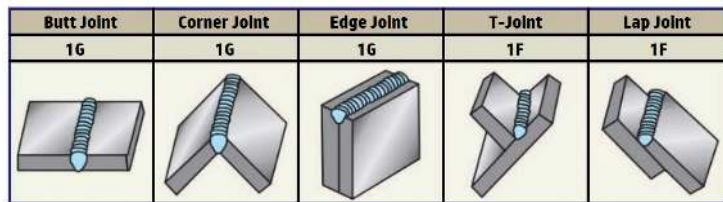


Gambar 8.11 Contoh penempatan tack weld pada edge joint.
 Sumber: Althouse, dkk, 2020

4. Melakukan Pengelasan Posisi Bawah Tangan (1F/1G)

Posisi pengelasan 1F (*fillet*) merupakan posisi pengelasan di mana benda kerja berada di bawah tangan (*down hand*) pada posisi diagonal dengan posisi elektroda 60° sampai dengan 80°. Posisi pengelasan 1G (*groove*) adalah posisi pengelasan di mana posisi benda kerja horizontal pada pengelasan ini posisi elektroda membentuk sudut 30° sampai dengan 50°. Lebih jelasnya kalian dapat melihat Gambar 8.13 untuk mengetahui perbedaan posisi pengelasan 1F dan 1G.

Las *fillet* (*fillet weld*) adalah bentuk las yang mempunyai penampang mendekati bentuk segitiga yang biasa dipakai untuk penyambungan di daerah *T joint* atau *corner joint*. Las kampuh (*groove weld*) merupakan pengelasan pada benda kerja dengan persiapan kampuh sebelum dilakukan pengelasan. Khusus pengelasan 1G diawali dengan pembuatan *root* (akar las), kemudian membuat lapisan pengisian dan terakhir lapisan penutup/*capping*.

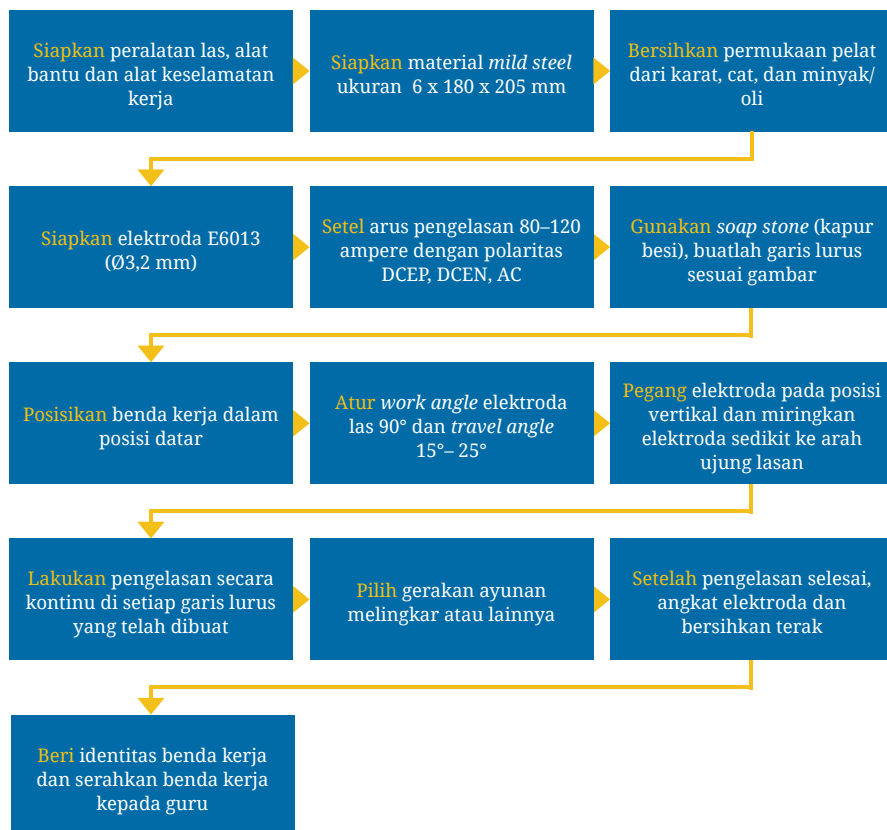


Gambar 8.12 Posisi pengelasan 1F dan 1G.

Sumber: Althouse, dkk, 2020

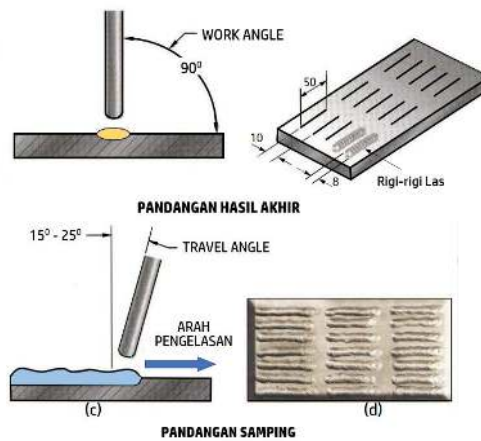
a. Membuat Jalur Las Pendek

Untuk dapat membuat jalur las pendek dengan benar perhatikan Gambar 8.13 sebagai langkah kerjanya.



Gambar 8.13 Diagram alur pengelasan jalur pendek

Selanjutnya untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai proses pengelasan sambungan T perhatikan Gambar 8.14.

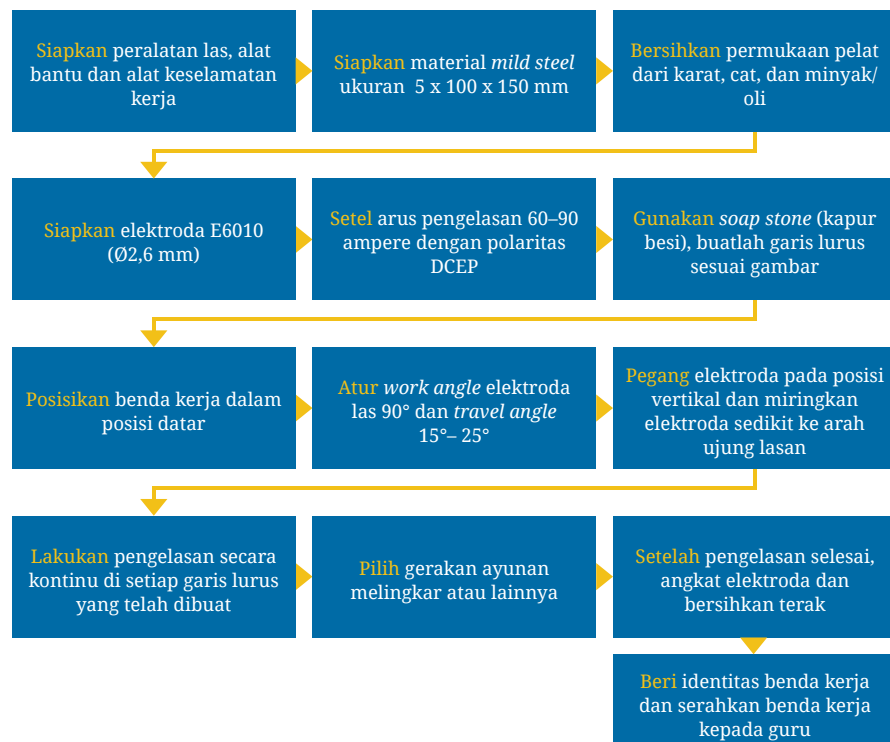


Gambar 8.14 Sudut pandang gambar kerja membuat jalur las pendek.

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

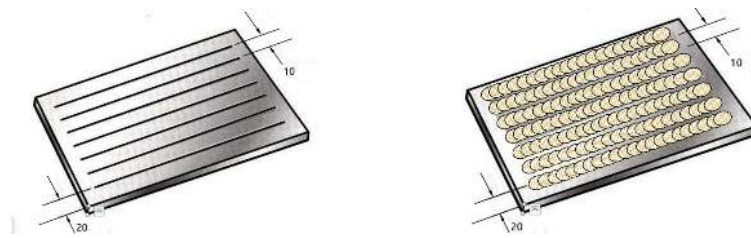
b. Membuat Jalur Las Kontinu

Untuk dapat membuat jalur las kontinu dengan benar perhatikan Gambar 8.15 sebagai langkah kerjanya.



Gambar 8.15 Diagram alur proses pengelasan jalur las kontinu

Selanjutnya untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai proses pengelasan jalur las kontinu perhatikan Gambar 8.16.

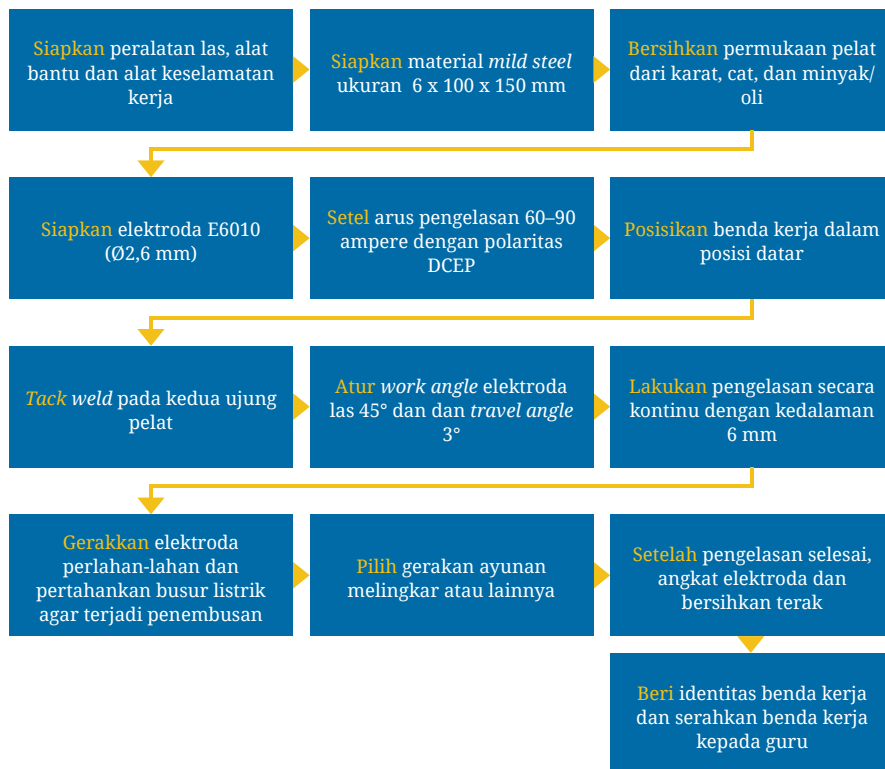


Gambar 8.16 Kontruksi jalur las kontinu.

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

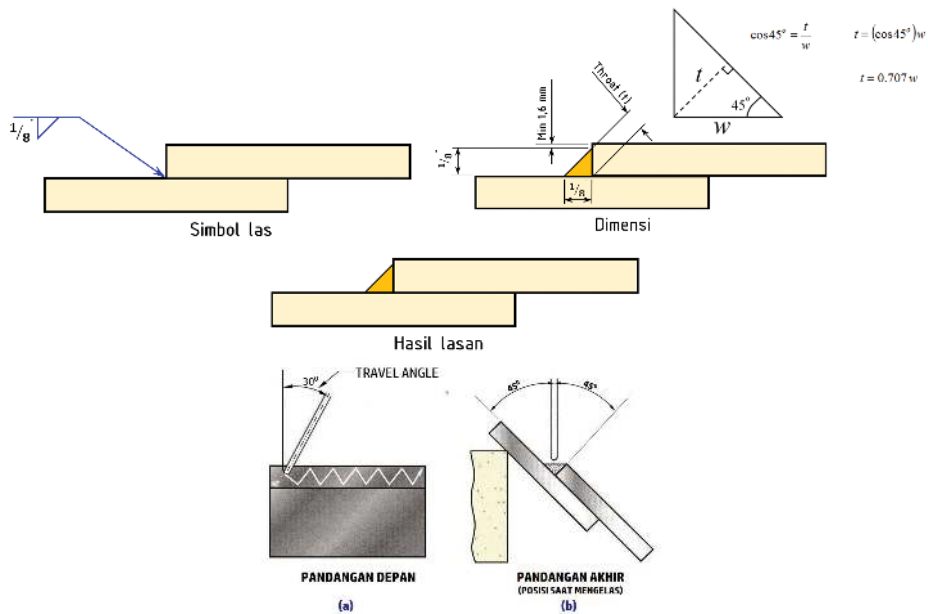
c. Mengelas Sambungan Tumpang (*Lap Joint*)

Untuk dapat mengelas sambungan tumpang dengan benar perhatikan Gambar 8.17 sebagai langkah kerjanya.



Gambar 8.17 Diagram alur pengelasan sambungan tumpang

Selanjutnya untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai proses pengelasan sambungan tumpang perhatikan Gambar 8.18.

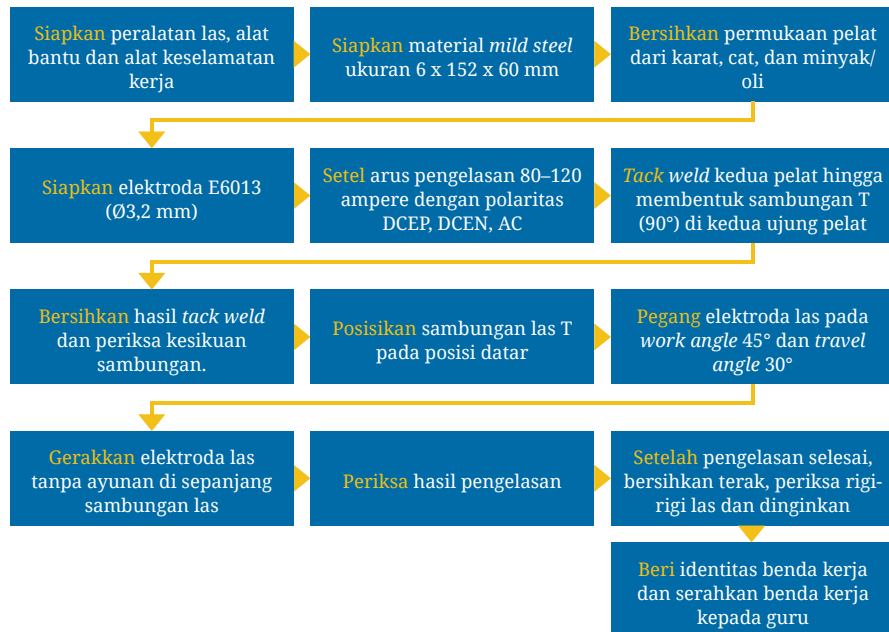


Gambar 8.18 Simbol dan posisi pengelasan *lap joint* (1F)

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

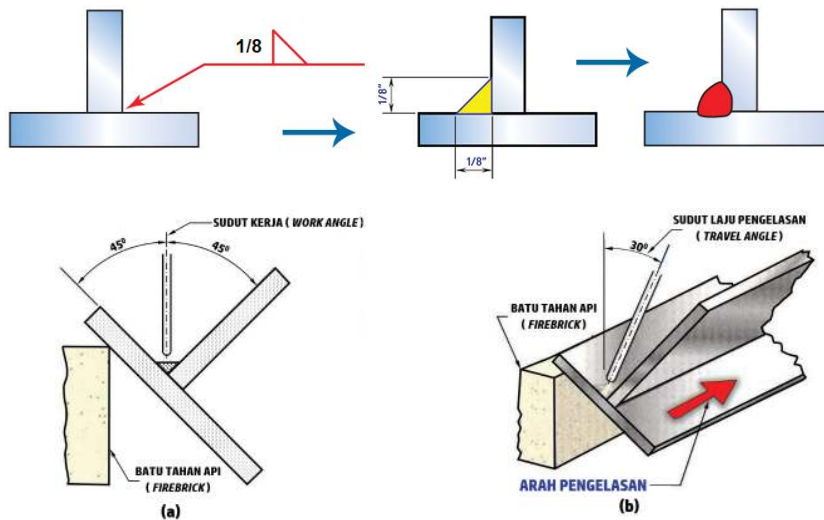
d. Mengelas Sambungan T (1F) Satu Jalur

Untuk dapat melakukan pengelasan sambungan T dengan benar perhatikan Gambar 8.19.



Gambar 8.19 Diagram alur proses pengelasan sambungan T

Selanjutnya untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai proses pengelasan sambungan T perhatikan Gambar 8.20.



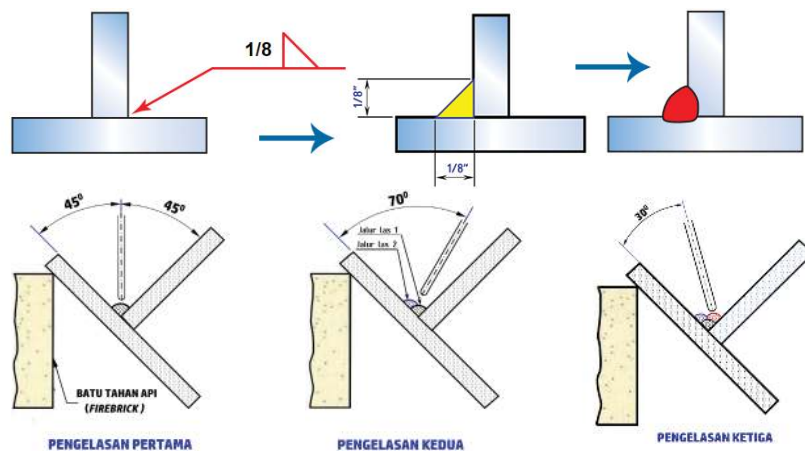
Gambar 8.20 Simbol dan posisi pengelasan T joint (1F).

Sumber: Moniz dan Miller, 2004

e. Mengelas Sambungan T (1F) Beberapa Jalur

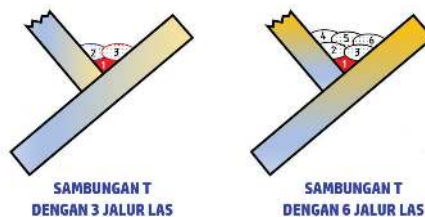
- 1) Siapkan peralatan las busur manual dan alat-alat bantu.
- 2) Siapkan alat keselamatan kerja dan gunakan dengan benar sesuai fungsinya.
- 3) Siapkan dua buah material *mild steel* ukuran 6 x 152 x 60 mm.
- 4) Bersihkan permukaan pelat dari karat, cat, dan minyak/oli sebelum dilakukan pengelasan.
- 5) Gunakan elektroda E6013 diameter 3,2 mm.
- 6) Setel arus pengelasan 80–120 ampere dengan polaritas DCEP,DCEN, atau AC.
- 7) Gabungkan kedua pelat hingga membentuk sambungan T (sudut 90) dengan las ikat (*tack weld*) pada kedua ujung pelat.
- 8) Pegang elektroda las pada sudut kerja 45°, 70°, dan 30° pada masing-masing jalur pengelasan dan kemudian gerakkan elektroda las dengan ayunan di sepanjang sambungan las (Gambar 8.21).
- 9) Setelah pengelasan satu jalur selesai, lanjutkan pengelasan jalur kedua dan ketiga seperti yang diilustrasikan pada Gambar 8.21.

- 10) Urutan pengelasan 3 jalur dan 6 jalur dapat dilihat pada Gambar 8.22.



Gambar 8.21 Kontruksi sambungan T beberapa jalur.

Sumber: Moriz dan Miller, 2004



Gambar 8.22 Kontruksi sambungan T 3 jalur dan 6 jalur las

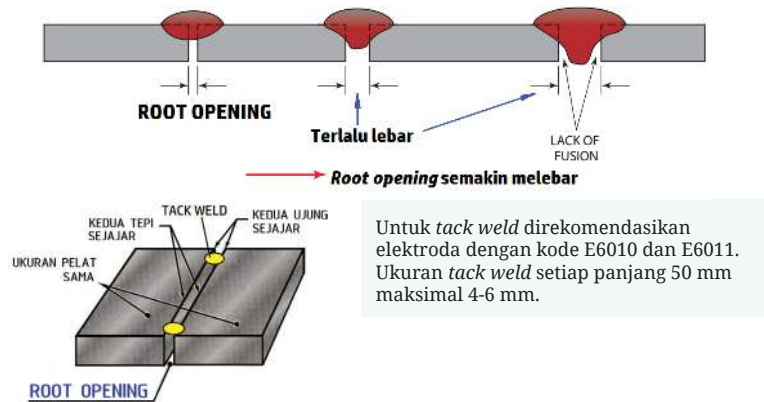
Sumber: Kurniawan Susanta

- 11) Periksa hasil pengelasan.
- 12) Setelah pengelasan selesai, dinginkan dan bersihkan hasil lasan dari segala kotoran (terak, percikan las, debu) dengan sikat mekanik, serta periksa rigi-rigi las sebelum diserahkan pada instruktur/guru pembimbing.
- 13) Beri identitas benda kerja dan serahkan benda kerja kepada guru.

f. Mengelas *Square Butt Joint* (1G)

- 1) Siapkan peralatan las busur manual dan alat-alat bantu.
- 2) Siapkan alat keselamatan kerja dan gunakan dengan benar sesuai fungsinya.
- 3) Siapkan dua material *mild steel* ukuran 6 x 152 x 38 mm.
- 4) Bersihkan permukaan pelat dari karat, cat, dan minyak/oli sebelum dilakukan pengelasan.

- 5) Gunakan elektroda E6013 diameter 3,2 mm.
- 6) Setel arus pengelasan 80–120 ampere dengan polaritas DCEP,DCEN, atau AC.
- 7) Buat *root opening* antara 0–3 mm pada kedua pelat supaya terjadi penetrasi logam las sampai pada bagian dalam.

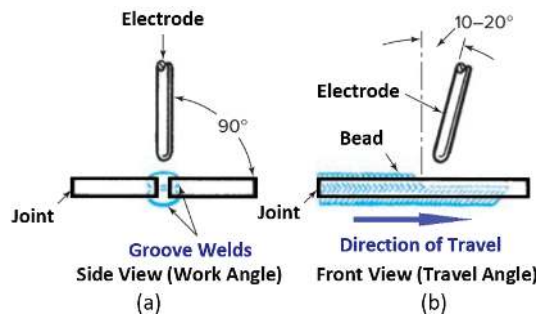


Untuk *tack weld* direkomendasikan elektroda dengan kode E6010 dan E6011. Ukuran *tack weld* setiap panjang 50 mm maksimal 4-6 mm.

Gambar 8.23 *Root opening* dan ukuran *tack weld* standar AWS.

Sumber: Jeffus, 2016 dan Moniz, Miller, 2004

- 8) Posisikan benda kerja pada posisi datar (Gambar 8.24).
- 9) Pegang elektroda pada sudut 90° (*work angle*) dan sudut laju pengelasan (*travel angle*) 10° – 20° (Gambar 8.22).



Gambar 8.24 Posisi elektroda pada *square groove butt joint* (1G).

Sumber: Bohnart, 2018

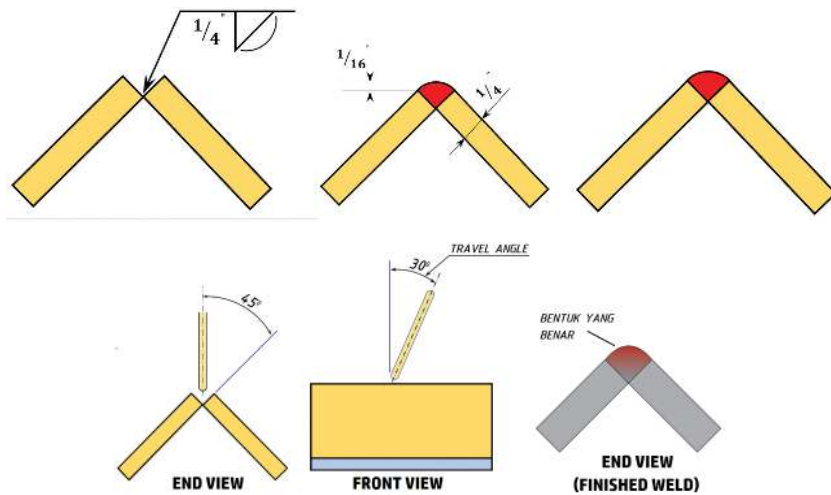
- 10) Lakukan pengelasan dengan menggerakkan elektroda las dengan teknik ayunan yang sudah dipelajari di sepanjang permukaan sambungan las hingga selesai.
- 11) Periksa hasil pengelasan.
- 12) Setelah pengelasan selesai, dinginkan dan bersihkan hasil lasan dari segala kotoran (terak, percikan las, debu) dengan sikat mekanik,

serta periksa rigi-rigi las sebelum diserahkan pada instruktur/guru pembimbing.

13) Beri identitas benda kerja dan serahkan benda kerja kepada guru.

g. Mengelas *Corner Joint* (1G)

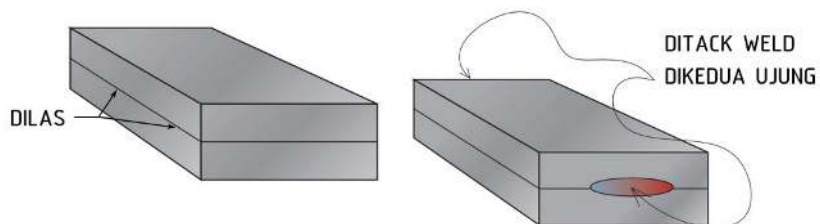
- 1) Siapkan peralatan las busur manual dan alat-alat bantu.
- 2) Siapkan alat keselamatan kerja dan gunakan dengan benar sesuai fungsinya.
- 3) Siapkan dua material *mild steel* ukuran 6 x 152 x 38 mm.
- 4) Bersihkan permukaan pelat dari karat, cat, dan minyak/oli sebelum dilakukan pengelasan.
- 5) Gunakan elektroda E6013 diameter 3,2 mm.
- 6) Setel arus pengelasan 80–120 ampere dengan polaritas DCEP,DCEN, atau AC.
- 7) Buat bentuk sambungan sudut (*corner joint*) seperti Gambar 8.25 dan *tack weld* bersama-sama.
- 8) Posisikan benda kerja sehingga sambungan las berada pada posisi mendatar.
- 9) Pegang elektroda pada 45° (*work angle*) dan sudut laju pengelasan 30° (*travel angle*).
- 10) Lakukan pengelasan dengan teknik ayunan yang sudah dipelajari untuk membuat rigi-rigi las di sepanjang bagian luar sambungan (*outside corner joint*).
- 11) Sebagian besar sambungan sudut dengan sekali pengelasan sudah cukup. Jika pelat memiliki ketebalan yang lebih, tentu memerlukan jalur pengelasan lebih dari satu untuk mengisi sudut pada sambungan.
- 12) Periksa hasil pengelasan.
- 13) Setelah pengelasan selesai, dinginkan dan bersihkan hasil lasan dari segala kotoran (terak, percikan las, debu) dengan sikat mekanik, serta periksa rigi-rigi las sebelum diserahkan pada instruktur/guru pembimbing
- 14) Beri identitas benda kerja dan serahkan benda kerja kepada guru.



Gambar 8.25 Tampilan posisi *outside corner joint* dari berbagai arah.
 Sumber: Kurniawan Susanta

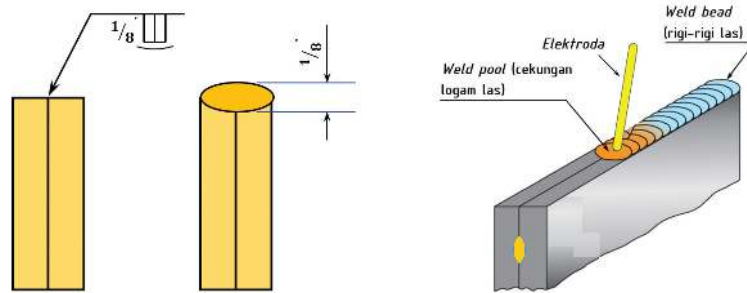
h. Mengelas *Edge Joint* (1G)

- 1) Siapkan peralatan las busur manual dan alat-alat bantu.
- 2) Siapkan alat keselamatan kerja dan gunakan dengan benar sesuai fungsinya.
- 3) Siapkan dua material *mild steel* ukuran 6 x 152 x 38 mm.
- 4) Bersihkan permukaan pelat dari karat, cat, dan minyak/oli sebelum dilakukan pengelasan.
- 5) Gunakan elektroda E6013 diameter 3,2 mm.
- 6) Setel arus pengelasan 80–120 ampere dengan polaritas DCEP, DCEN, atau AC.
- 7) Buat bentuk sambungan *edge joint* seperti Gambar 8.26 dan *tack weld* pada kedua ujungnya bersama-sama.



Gambar 8.26 Kontruksi *edge joint* rapat dan tanpa celah.
 Sumber: Jeffus, 2016

- 8) Posisikan benda kerja sehingga sambungan las berada pada posisi mendatar.
- 9) Pegang elektroda pada sudut 90° (*work angle*) dan sudut laju pengelasan (*travel angle*) 10° - 20° .
- 10) Lakukan pengelasan dengan teknik ayunan yang sudah dipelajari untuk membuat rigi-rigi las di sepanjang sambungan las (Gambar 8.27).
- 11) Periksa hasil pengelasan.
- 12) Setelah pengelasan selesai, dinginkan dan bersihkan hasil lasan dari segala kotoran (terak, percikan las, debu) dengan sikat mekanik, serta periksa rigi-rigi las sebelum diserahkan pada instruktur/guru pembimbing.
- 13) Beri identitas benda kerja dan serahkan benda kerja kepada guru.



Gambar 8.27 Posisi benda kerja mendatar pada saat dilas

Sumber: Halverson.t.t

F. Pemeriksaan Hasil Pengelasan Secara Visual

Pemeriksaan visual adalah pemeriksaan dokumen, kesiapan, dan kelengkapan peralatan kerja/mesin, verifikasi material, dan verifikasi dimensi. Pemeriksaan visual hasil lasan, yaitu pemeriksaan hasil sambungan las dengan mengamati cacat-cacat las pada permukaan sambungan las menggunakan kemampuan penglihatan mata.

Tujuan dilakukan pemeriksaan dan pengujian hasil pengelasan, yaitu untuk menghindarkan terjadinya cacat pada saat melakukan pengelasan maupun setelah pengelasan.

1. Prosedur Pemeriksaan Visual

Uji visual hanya dilakukan pada bagian permukaan las, baik pada permukaan las atau *weld face* dan bagian akar las (*root*). Contoh pemeriksaan visual meliputi ukuran hasil las, bentuk rigi-rigi las, dan cacat las. Dalam melakukan pemeriksaan perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut.

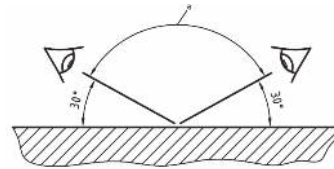
a. Cahaya atau Penerangan

Sesuai dengan standard ISO 17637 minimal pencahayaan saat melakukan uji visual minimal 350 lux. Namun, yang direkomendasikan adalah 500 lux atau pencahayaan yang normal dalam sebuah kantor dan *workshop* (bengkel). Untuk mengukur intensitas cahaya dapat menggunakan Lux Meter.

b. Posisi saat melakukan Inspeksi

Untuk pemeriksaan langsung, jarak penglihatan terhadap benda uji sejauh 600 mm dan sudut penglihatan tidak lebih dari 30° (lihat Gambar 8.28).

Selanjutnya untuk inspeksi jarak jauh dapat menggunakan boroscopes, *fibre optic cables* atau kamera jika pengujian seperti Gambar 1 tidak memungkinkan untuk dilakukan. Jika hasil pengujian visual tidak meyakinkan, pengujian visual harus dilengkapi dengan metode pengujian tak rusak lainnya untuk inspeksi permukaan.



Gambar 8.28 Sudut penglihatan pemeriksaan visual.
Sumber: ISO 17637:2016(E)

2. Urutan Pemeriksaan Visual

- Siapkan benda kerja.
- Siapkan peralatan pemeriksaan visual,
- Siapkan instrumen pengukuran berdasarkan standar yang disetujui.
- Periksalah sambungan las.
- Ukurlah ketidaksempurnaan yang diidentifikasi dan konfirmasi pada standar penerimaan pemeriksaan visual sesuai standar yang ditetapkan.
- Berikan rekomendasi lolos atau *repair* pada sambungan las; dan
- Tentukan lokasi cacat las, serta buatlah laporan pemeriksaan visual.

Untuk memahami lebih lanjut mengenai pemeriksaan hasil pengelasan secara visual, silahkan kalian melihat video berikut dengan memindai QR kode atau tautanny pada Gambar 8.29.



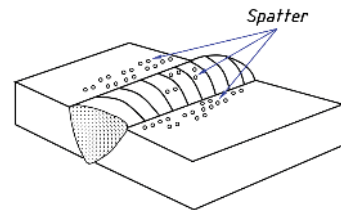
Gambar 8.29 Video pemeriksaan visual.
<https://www.youtube.com/watch?v=KUQnR9fEc1w>

3. Jenis-Jenis Cacat Pengelasan

Weld Defect atau cacat las adalah hasil pengelasan yang tidak memenuhi syarat keberterimaan yang sudah dituliskan di standar (ASME IX, AWS, API, ASTM). Penyebab cacat las dapat disebabkan oleh adanya prosedur pengelasan yang salah, persiapan yang kurang tepat, peralatan las serta *consumable* yang tidak sesuai standar. Berikut di bawah ini beberapa jenis cacat dalam proses pengelasan.

a. *Spatter*

Spatter adalah cacat pengelasan berupa sisa percikan partikel pengelasan yang terakumulasi pada area di sekitar permukaan logam pengelasan dan *base metal* (Gambar 8.30).



Gambar 8.30 *Spatter*.
 Sumber: Hugnes, 2009

Penyebab	Solusi
1) Arus pengelasan terlalu tinggi	1) Pilih arus pengelasan sesuai WPS
2) Pemilihan jenis polaritas yang salah	2) Pilih jenis polaritas sesuai dengan karakteristik pengelasan
3) <i>Arc length</i> terlalu jauh	3) Sesuaikan <i>arc length</i> (jarak antara benda kerja dengan elektroda).
4) Elektroda lembab	

Catatan :

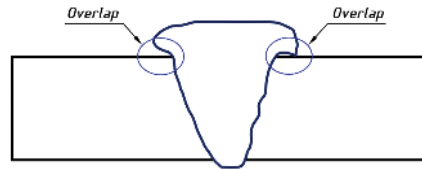
- 1) *Arc length* : *arc length* sebesar 2/32 inch (1,6 mm) dan 3/32 inch (2,4 mm) gunakan elektroda berdiameter 1/16 inch (1,6 mm). *Arc length*

sebesar 4/32 inch (3,2 mm) dan 5/32 inch (4 mm) gunakan elektroda berdiameter 1/8 inch (3,2 mm).

- 2) Simpan elektroda pada suhu 40°C (elektroda rutil) atau dioven pada suhu 100°C (elektroda *low hydrogen*)

b. Overlap

Overlap adalah cacat las yang terjadi di bagian permukaan dan akar las. *Overlap* terjadi karena hasil lasan yang lebarnya melampaui batas kampuh las dan di bagian ujungnya tidak fusi (menyatu) dengan bahan induk (Gambar 8.31).

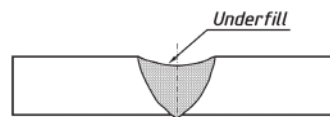


Gambar 8.31 *Overlap*
Sumber: Hugnes, 2009

Penyebab		Solusi	
1)	Arus pengelasan terlalu rendah	1)	Pilih arus pengelasan sesuai dengan jenis material, kode dan ukuran elektroda
2)	<i>Travel speed</i> terlalu lambat	2)	Gunakan sudut pengelasan yang direkomendasikan
3)	<i>Base metal</i> kurang bersih	3)	Mengatur gerakan elektroda lebih teratur dan konstan
4)	Gerakan pengelasan terlalu melebar		

c. Underfill

Underfill merupakan jenis cacat pengelasan karena kurangnya pengisian logam las pada jalur lasan sehingga permukaan benda kerja lebih tinggi dari daerah lasan atau kampuh las (Gambar 8.32).



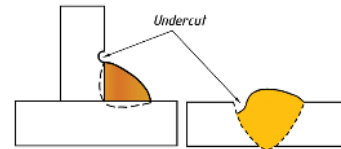
Gambar 8.32 Cacat *underfill*.
Sumber: Hugnes, 2009

Penyebab		Solusi	
1)	Teknik pengelasan kurang tepat	1)	Menambah jumlah jalur pengelasan
2)	Elektroda yang digunakan terlalu kecil	2)	Gunakan sudut pengelasan yang benar

Penyebab	Solusi
3) Arus pengelasan terlalu rendah dibarengi dengan <i>travel speed</i> terlalu tinggi	3) Menambah kecepatan pengelasan.
4) <i>Wide bead</i> tidak sesuai sehingga jalur lasan belum cukup terisi.	

d. Undercut

Undercut adalah cacat pengelasan yang membentuk cekungan pada bagian tepi logam lasan atau logam lasan yang tidak mengisi sempurna celah pada sambungan las sehingga ketebalannya berkurang, sehingga dapat mengurangi kekuatan pada sambungan las (Gambar 8.33).

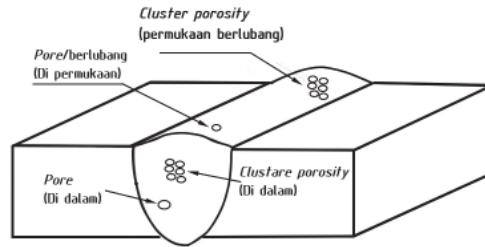


Gambar 8.33 Undercut.
Sumber: Hugnes, 2009

Penyebab	Solusi
1) Arus pengelasan terlalu besar.	1) Menyesuaikan arus pengelasan sesuai WPS.
2) <i>Travel speed</i> / kecepatan las terlalu tinggi.	2) Kecepatan las diturunkan.
3) Panjang busur las terlalu tinggi.	3) Panjang busur diperpendek atau setinggi 1,5 x diameter elektroda.
4) Posisi elektroda kurang tepat (kemiringan elektroda).	4) Sudut kemiringan 70°–80° (menyesuaikan posisi).
5) Elektroda terlalu besar	5) Lebih sering berlatih untuk mengayunkan yang sesuai dengan kemampuan.

e. Porosity

Porosity atau porositas adalah cacat pengelasan berupa lubang-lubang atau gelembung yang terbentuk di dalam logam lasan. *Porosity* secara umum disebabkan oleh gas yang terperangkap di dalam logam yang mencair selama proses pengelasan (Gambar 8.34).



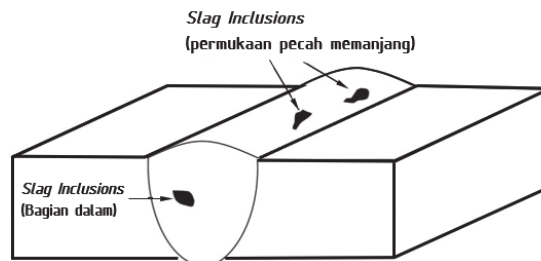
Gambar 8.34 Porosity.

Sumber: Hugnes, 2009

Penyebab	Solusi
1) Elektroda yang digunakan masih lembab atau terkena air.	1) Elektroda perlu dioven (jika disyaratkan), jangan sampai kawat las terkena air atau lembab.
2) Busur las terlalu panjang.	2) Atur tinggi busur kurang lebih 1,5 x diameter kawat las.
3) Arus pengelasan terlalu rendah.	3) Sesuaikan besar arus pengelasan sesuai yang direkomendasikan.
4) <i>Travel Speed</i> terlalu tinggi.	4) Bersihkan permukaan material sebelum dilakukan pengelasan
5) Adanya zat pengotor pada benda kerja (karat, minyak, air).	
6) Gas Hidrogen tercipta karena panas las	

f. **Slag inclusion**

Slag Inclusion adalah cacat yang terjadi pada daerah dalam hasil lasan (Gambar 8.35). Cacat ini berupa *slag* (*flux* yang mencair) yang berada dalam lasan, yang sering terjadi pada daerah *stop and run* (awal dan berhentinya proses pengelasan). Untuk melihat cacat ini kita harus melakukan pengujian radiografi atau *bending*.



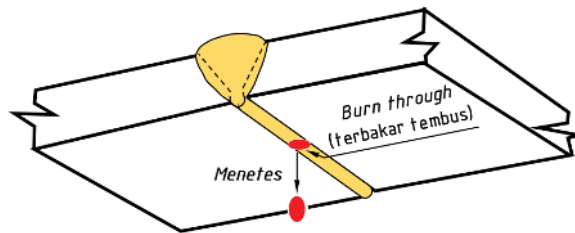
Gambar 8.35 Slag inclusion.

Sumber: Hugnes, 2009

Penyebab	Solusi
1) Proses pembersihan <i>slag</i> kurang sehingga tertumpuk oleh lasan.	1) Pastikan lasan bersih dari <i>slag</i> sebelum mengelas ulang.
2) Arus pengelasan terlalu rendah.	2) Arus pengelasan disesuaikan.
3) Busur las terlalu jauh.	3) Busur las disesuaikan.
4) Sudut pengelasan kurang tepat.	4) Sesuaikan sudut pengelasan
5) Sudut kampuh terlalu kecil.	5) Sudut kampuh lebih dibesarkan (50°-70°).

g. *Burn-Through*

Burn through dapat didefinisikan sebagai lubang yang biasanya berukuran cukup besar dengan lelehan logam di sekitar lubang tersebut mengikuti gravitasi, seperti pada Gambar 8.36.



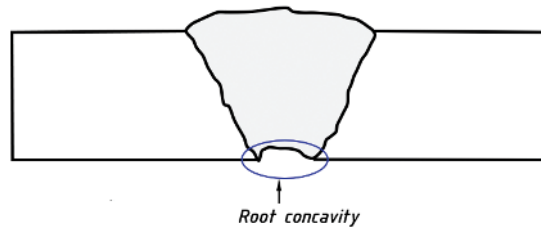
Gambar 8.36 *Burn through*.

Sumber: Hugnes, 2009

Penyebab	Solusi
1) Arus pengelasan terlalu tinggi	1) Gunakan arus pengelasan sesuai parameter
2) Terlalu lebar <i>root gap</i> dan <i>root face</i> terlalu rendah	2) Sesuaikan <i>root gap</i> (0-3 mm) dan <i>root face</i> (0-2 mm)
3) <i>Travel speed</i> terlalu lambat	3) Sesuaikan <i>travel speed</i> sesuai arus pengelasan

h. *Concaviety*

Concaviety adalah kondisi ketika logam lasan tidak sepenuhnya mengisi pada sambungan las sehingga logam lasan yang terlihat pada *root* akan berbentuk cekungan, seperti pada Gambar 8.37.



(kedua ujung menyatu namun tidak terisi logam lasan)

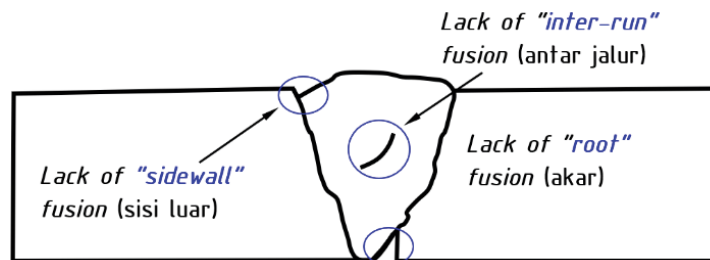
Gambar 8.37 Concavity.

Sumber: Hugnes, 2009

Penyebab	Solusi
1) Arus pengelasan terlalu tinggi	1) Gunakan arus pengelasan sesuai parameter
2) Panjang busur las terlalu jauh	2) Atur panjang busur pengelasan sesuai rekomendasi
3) <i>Root gap</i> terlalu lebar	3) Sesuaikan <i>root gap</i> (0-3 mm)
4) Kampuh terlalu tajam	4) Lakukan persiapan sambungan las yang baik

i. **Lack of fusion**

Lack of fusion (kurang melebur) merupakan jenis cacat yang sangat berbahaya dalam struktur pengelasan karena mempunyai efek takikan (*notch*) sehingga retak mudah merambat dengan pembeban kecil (Gambar 8.38).



Gambar 8.38 Lack of fusion.

Sumber: Hugnes, 2009

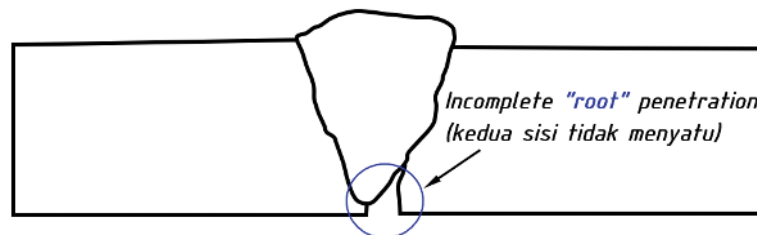
Incomplete fusion adalah cacat pada pengelasan karena logam pengisi dan logam dasar yang tidak melebur dengan sempurna. Karena tidak melebur dengan sempurna, ikatan atau kekuatan sambungan las akan berkurang secara signifikan.

Lack of inter-run fusion adalah situasi ketika lajur las sebelumnya tidak menyatu dengan lajur las setelahnya. Hal ini mengakibatkan profil lasan berbentuk parit di tengah.

Penyebab	Solusi
1) Kecepatan pengelasan terlalu tinggi.	1) Sesuaikan kecepatan pengelasan sesuai WPS.
2) Persiapan sambungan las yang kurang tepat (<i>root gap</i> terlalu kecil, <i>root face</i> terlalu besar).	2) Sesuaikan persiapan sambungan las sesuai WPS.
3) Penentuan parameter pengelasan kurang tepat.	3) Sesuaikan parameter pengelasan sesuai WPS atau petunjuk <i>welding engineer</i> .

j. **Incomplete Root Penetration**

Incomplete root penetration adalah cacat las yang terjadi pada akar (*root*) karena penetrasi yang tidak sempurna sehingga terlihat celah kosong antar *parent metal* (logam induk). Hal ini terjadi karena pengelasan yang dilakukan logam tidak tembus pada *root*, seperti pada Gambar 8.38.

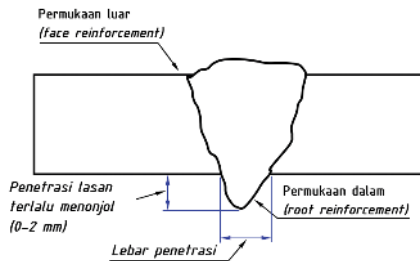


Gambar 8.39 *Incomplete Root Penetration.*
Sumber: Hugnes, 2009

Penyebab	Solusi
1) Ukuran elektroda yang terlalu besar.	1) Sesuaikan ukuran elektroda sesuai parameter.
2) <i>Root face</i> terlalu lebar.	2) Sesuaikan <i>root face</i> (0-2 mm).
3) <i>Root gap</i> terlalu kecil.	3) Sesuaikan <i>root gap</i> (0-3 mm).
4) Sudut elektroda yang salah.	4) Sesuaikan sudut elektroda.
5) Arus pengelasan terlalu rendah.	5) Sesuaikan arus pengelasan sesuai parameter.
6) Sudut kampuh terlalu kecil.	6) Sesuaikan sudut kampuh.

k. **Excessive Penetration**

Excessive penetration merupakan jenis cacat las berupa tonjolan yang berlebihan pada penguat akar las (*root reinforcement*) seperti yang terlihat pada (Gambar 8.40).



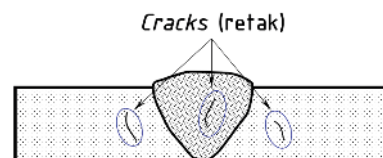
Gambar 8.40 *Excessive Penetration.*

Sumber: Hugnes, 2009

Penyebab	Solusi
1) Teknik pengelasan kurang tepat.	1) Gunakan teknik pengelasan sesuai WPS.
2) <i>Root gap</i> terlalu lebar.	2) Sesuaikan <i>root gap</i> berdasar ukuran elektroda.
3) Arus pengelasan terlalu tinggi; dan	3) Sesuaikan arus pengelasan sesuai ukuran elektroda.
4) <i>Root face</i> terlalu kecil.	4) Lakukan persiapan sambungan las yang baik.

l. **Crack**

Crack atau retak pada pengelasan baik pada *base metal*, *weld face*, ataupun *root face* (Gambar 8.41). *Crack* dibagi menjadi dua, yaitu *hot crack* dan *cold crack*. *Hot crack* terjadi apabila suhu di atas 204° F (95,55°C), sedangkan *cold crack* terjadi setelah pengelasan selesai dilakukan.



Gambar 8.41 *Cracks*

Sumber: Hugnes, 2009

Penyebab retak dingin	Solusi
1) Pendinginan yang terlalu cepat.	1) Hindari pendinginan terlalu cepat.

Penyebab retak dingin	Solusi
2) Panas yang diterima terlalu rendah.	2) Panas yang diterima disesuaikan dengan WPS.
3) <i>Travel speed</i> terlalu tinggi.	3) Sesuaikan <i>travel speed</i> .
4) Arus pengelasan terlalu rendah.	4) Sesuaikan arus pengelasan sesuai parameter (diameter elektroda, jenis elektroda, tebal bahan, posisi pengelasan).
5) Tidak adanya <i>pre heat</i> .	5) Melakukan <i>pre heat</i> .

Penyebab retak panas	Solusi
1) Pemilihan elektroda yang salah.	1) Gunakan elektroda yang sesuai dengan WPS atau <i>low hidrogen</i> yang mempunyai sifat regangan yang tinggi.
2) Tidak melakukan perlakuan panas.	2) Lakukan perlakuan panas setelah pengelasan (<i>Post Weld Heat Treatment (PWHT)</i>).



Uji Kompetensi

Setelah kalian membaca dan memahami mengenai Dasar-dasar proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) tentunya hal ini akan menambah wawasan dan kemandirian kalian dalam bekerja dengan benar. Untuk menambah wawasan kalian silakan kerjakan tugas-tugas di bawah ini.

Soal pilihan ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat

- Pemilihan ukuran elektroda las mengacu pada
 - Diameter inti kawat
 - Diameter (keseluruhan) elektroda
 - Ketebalan lapisan fluks
 - Panjang elektroda
 - Posisi benda kerja yang dilas

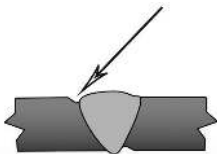
2. Secara umum panjang elektroda las memiliki ukuran yaitu
 - a. 250 mm–300 mm
 - b. 250 mm–350 mm
 - c. 300 mm–450 mm
 - d. 200 mm–500 mm
 - e. 200 mm–350 mm

3. Kondisi ketika di dalam pengelasan logam pengisi (*filler* atau elektroda) tidak terjadi fusi dengan sempurna pada logam dasar akan menyebabkan terjadi cacat las yang disebut
 - a. *Overlap*
 - b. *Undercut*
 - c. *Lack of fusion*
 - d. *Lack of penetration*
 - e. *Crack*

4. Diameter lektroda 3,2 mm memiliki rata-rata arus pengelasan sebesar
 - a. 40 A – 50 A
 - b. 50 A – 80 A
 - c. 60 A – 100 A
 - d. 70 A – 120 A
 - e. 90 A – 150 A

5. Apa fungsi utama *flux coating* pada elektroda las
 - a. Mencegah korosi
 - b. Menstabilkan busur las
 - c. Mengontrol temperatur busur las
 - d. Meningkatkan arus pengelasan
 - e. Melindungi material

6. Perhatikan tanda anak panah pada gambar di bawah.



Jenis cacat yang terjadi pada pengelasan adalah

- a. *Crack*
- b. *Incomplete penetration*
- c. *Undercut*
- d. *Hot crack*
- e. *Porosity*

7. Komposisi gas *acetylene* adalah
- a. C – 72,3% H – 27,7%
 - b. C – 82,3% H – 17,7%
 - c. C – 90% H – 10%
 - d. C – 92,3% H – 7,7%
 - e. C – 99,3% H – 9,7%
8. Cacat las yang berupa bintik-bintik kecil yang melekat pada permukaan pelat atau logam las pada saat proses pengelasan adalah ...
- a. *Slag*
 - b. *Spatter*
 - c. *Stub end*
 - d. *Arc stay*
 - e. *Porosity*
9. Digit ke empat pada AWS *electrode coding* menandakan
- a. *Welding current*
 - b. *Tensile strength*
 - c. *Welding position*
 - d. Jumlah penembusan
 - e. Jenis *flux coating*
10. Pada informasi mesin las MMAW tertulis mesin las berkemampuan 200 A memiliki *duty cycle* 40 %, berapa menit mesin las dapat dioperasikan secara aman pada arus 200 A?
- a. 3 Menit
 - b. 4 Menit
 - c. 5 Menit
 - d. 6 Menit
 - e. 7 Menit
11. Apa tujuan dilakukan *setting root gap* pada persiapan pengelasan
- a. Untuk menghindari terjadinya *under cut*
 - b. Mengontrol distorsi
 - c. Mendapatkan penetrasi cairan las yang baik
 - d. Untuk menjadikan sambungan lebih rapi
 - e. Mendapatkan bentuk yang lurus

12. Apa fungsi tuas oksigen pada pengelasan busur api
 - a. Untuk *pre heat* logam dasar
 - b. Untuk menekan supaya logam mencair
 - c. Untuk menghilangkan logam yang berlebihan
 - d. Untuk mengeluarkan oksigen berlebih dan mendorong logam mencair
 - e. Untuk menjadikan logam tidak berkarat
13. Rata-rata tekanan gas pada tabung oksigen pada pengelasan busur api yaitu
 - a. 120 – 150 Kg/Cm²
 - b. 110 – 150 Kg/Cm²
 - c. 100 – 150 Kg/Cm²
 - d. 90 – 150 Kg/Cm²
 - e. 80 – 150 Kg/Cm²
14. Berikut di bawah ini penyebab terjadinya *spatter* adalah ...
 - a. Panjang busur terlalu kecil
 - b. Elektroda terlalu besar
 - c. Jarak elektroda dengan *base metal* terlalu jauh
 - d. Arus pengelasan terlalu rendah
 - e. *Cooling rate* terlalu cepat
15. Terjadinya *undercut* dapat diantisipasi dengan cara...
 - a. Panjang busur diperbesar
 - b. Mengurangi kecepatan pengelasan
 - c. Mengganti elektroda yang sesuai
 - d. Memperbesar arus
 - e. Mengurangi arus

Soal esai

Jawablah dengan benar dan tepat

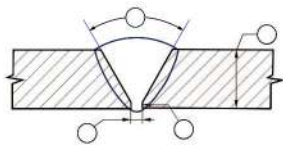
1. Tuliskan elemen dasar pada simbol pengelasan!
2. Tuliskan urutan proses pengelasan sebelum dan sesudah pengelasan.
3. Jelaskan arti dari 500A *duty cycle* 60%.
4. Apa tujuan dilakukan proses *tack weld* pada sambungan kampuh las.

5. Tuliskan apa yang dimaksud dengan sudut kerja (*work angle*) dan sudut laju pengelasan (*travel angle*)!

Soal uraian singkat

Jawablah dengan ringkas dan benar

1. Tuliskan 3 penyebab terjadinya retak dingin (*cold crack*)!
2. Apa fungsi dari *tack weld*.
3. Apa tujuan dari pembersihan selama dalam proses pelaksanaan pengelasan berlangsung.
4. Jelaskan bagaimana cara menyimpan elektroda las yang benar.
5. Jelaskan simbol elektroda las standar AWS E7015.
6. Tulislah hal apa saja yang perlu dilakukan agar menghasilkan pengelasan yang baik sesuai standar pengelasan yang ditentukan.
7. Jelaskan yang dimaksud cacat las *slag inclusion*.
8. Apa akibatnya jika penggunaan arus pengelasan terlalu rendah (kecil).
9. Jelaskan yang dimaksud dengan *root opening* dan *root face*.
10. Pada gambar di bawah berilah keterangan dengan tepat.



Pengayaan

Untuk menambah wawasan tentang pengelasan SMAW, kalian dapat menelusuri berbagai situs yang ada di internet. Silahkan kalian klik link di bawah ini atau dengan menscan QR code.



Pengelasan SMAW
<https://www.allpro.co.id/pengelasan/skaw/>



Video Pemeriksaan Visual Hasil Pengelasan
<https://www.youtube.com/watch?v=JdFR-dJd6JE>



Refleksi

Bab 8 merupakan materi terakhir pada mata pelajaran dasar-dasar Pengelasan dan fabrikasi Logam, untuk itu silahkan kalian *mereview* kembali pemahaman Anda terkait materi pada bab 8 tentang pengelasan SMAW ini melalui pertanyaan-pertanyaan yang disajikan pada tabel berikut. Jika ada materi yang belum dipahami, Anda bisa menyampaikan terlebih dahulu kepada pendidik/guru pengampu ataupun berdiskusi dengan teman.

No	Pertanyaan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1	Apakah saya telah mampu mengidentifikasi spesifikasi mesin SMAW dengan baik dan benar?		
2	Apakah saya telah mampu menyiapkan mesin SMAW dengan di bengkel fabrikasi logam dengan baik dan benar?		
3	Apakah saya telah mampu menyiapkan bahan las sebelum pengelasan dimulai dengan tepat sesuai WPS?		
4	Apakah saya telah mampu mengidentifikasi elektroda SMAW dengan benar dengan baik dan benar sesuai WPS?		
5	Apakah saya telah mampu melaksanakan pengelasan pelat baja karbon posisi bawah tangan (1G/1F) dengan baik dan benar sesuai WPS?		
6	Apakah saya telah mampu melaksanakan pemeriksaan hasil pengelasan secara visual dengan baik dan benar?		

Glosarium

<i>Shop drawing</i>	: Gambar teknis lapangan yang dipakai untuk acuan pengerjaan proyek konstruksi.
<i>Automated welding</i>	: Bentuk pengelasan otomatis yang menggunakan alat dan peralatan yang dikontrol secara elektronik untuk menangani dan mengelas aplikasi dengan pengawasan manusia yang minimal.
<i>Blasting</i>	: Proses pembersihan permukaan material dengan menggunakan sistem penyemprotan udara bertekanan tinggi dengan berbagai media seperti pasir, air, dan lain-lain.
<i>Coating</i>	: Proses menambahkan lapisan khusus pada permukaan cat mobil sehingga lapisan baru ini bisa membuat tampilan warna cat pada mobil selalu terlihat baru, mengkilap, tidak kusam, dan lebih sedap dipandang.
<i>Cross check Engineer</i>	: Pemeriksaan kembali : Istilah yang jika diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia disebut dengan Insinyur atau rekayasawan. <i>Engineer</i> adalah orang-orang yang menggunakan pengetahuan ilmiah untuk menyelesaikan masalah praktis menggunakan teknologi.
<i>Flange</i>	: Merupakan penyambung antarkomponen pada sistem pemipaan.
<i>Inovasi</i>	: Bagian proses yang dilakukan seseorang untuk mengubah ide baru menjadi suatu bentuk produk yang berguna.
<i>Jig</i>	: Alat yang berfungsi untuk mengarahkan sebuah atau lebih alat potong pada posisi yang sesuai dengan proses pengerjaan suatu produk
<i>Mill scale</i>	: Limbah/produk samping dari industri baja yang mengandung senyawa besi oksida <i>hematite</i> (Fe_2O_3), <i>magnetite</i> (Fe_3O_4) dan <i>wustite</i> (feo).
<i>Nozzle</i>	: Merupakan suatu saluran dari sebuah vessel yang menghubungkan dengan pipa, <i>fitting</i> , atau komponen lainnya.
<i>Payload</i>	: Berat dari muatan yang berada dalam pesawat yang meliputi penumpang, bagasi, dan barang muatan lainnya.
<i>Prototype</i>	: Contoh atau model awal yang diciptakan guna melakukan uji coba konsep yang telah diperkenalkan sebelumnya.
<i>Soft skill</i>	: Kemampuan komunikasi, karakteristik seseorang, kecerdasan sosial yang melekat, serta kemampuan beradaptasi dengan baik di dalam kehidupan maupun dunia kerja.
<i>Tack welding</i>	: Teknik di mana orang membuat lasan pendek di titik-titik yang terisolasi untuk menahan dua atau lebih logam bersama selama proses fabrikasi.
<i>Technopreneurship</i>	: Gabungan dari kata <i>technology</i> dan <i>entrepreneur</i> yang diartikan sebagai bisnis atau usaha yang berbasis teknologi sehingga tak hanya keahlian dalam berbisnis dan berwirausaha tetapi pengetahuan akan teknologi yang berkembang juga dibutuhkan.
<i>Tool</i>	: Perkakas yang dibuat dan digunakan oleh manusia untuk memudahkan dalam menjalankan sebuah pekerjaan. Contohnya pahat, gergaji, pisau.
<i>Vessel</i>	: Ruang penyimpanan, baik yang bertekanan ataupun yang tidak.

<i>Vessel</i> atau <i>pressure vessel</i>	: Wadah tertutup yang dirancang untuk menahan gas atau cairan pada tekanan substansial yang berbeda dari tekanan ambien.
<i>Workshop</i>	: Tempat kerja atau disebut juga bengkel.
<i>Welding Operator (welder)</i>	: Orang yang tugasnya mengerjakan penyambungan logam dengan menggunakan teknik pengelasan.
<i>Welding Supervisor</i>	: Orang yang tugasnya mengawasi, mengontrol, serta memastikan bahwa pekerjaan pengelasan yang dilakukan oleh <i>welder (welding operator)</i> sudah sesuai dengan spesifikasi maupun persyaratan yang telah ditentukan pada perencanaan.
<i>Welding Inspector</i>	: Orang yang tugasnya mengawasi semua cakupan pekerjaan yang berhubungan dengan proses pekerjaan pengelasan meliputi sebelum proses, selama proses, dan setelah proses pengelasan. Menginspeksi kualitas atau <i>Quality Control (QC)</i> suatu produk pengelasan sesuai dengan standar yang ditentukan seperti ASME, AWS, API, atau juga BKI.
<i>Welding Engineer</i>	: Orang yang bertugas mendesain, menghitung, menentukan jenis sambungan las yang akan di produksi atau dilaksanakan di suatu pekerjaan konstruksi.
<i>Non-Destructive Testing (NDT) Personnel</i>	: Orang yang bertugas untuk melakukan analisis dan mengevaluasi suatu material tanpa merusak fungsi dari benda uji tersebut. Beberapa jenis NDT, antara lain <i>Ultrasonic Test (UT)</i> , <i>Radiography</i> , <i>Penetrant Test</i> , <i>Magnetic Particle Test</i> , <i>Vacuum Test Holiday Detector</i> .
<i>Software</i>	: Data yang diprogram, disimpan, dan diformat secara digital dengan fungsi tertentu.
<i>Fit-up</i>	: <i>Setting</i> pertama yang dilaksanakan untuk mengatur jarak dan <i>alignment</i> dari <i>base metal</i> .
Pemipaan	: Fluida satu sistem ke sistem lainnya dengan jarak yang cukup dekat. Sementara itu, <i>pipeline</i> menghubungkan <i>plant</i> (fasilitas) satu dengan yang lainnya dengan jarak dan ukuran yang sangat besar
<i>Welding Engineer</i>	: Orang yang bertugas mendesain, menghitung, menentukan jenis sambungan las yang akan diproduksi atau dilaksanakan di suatu pekerjaan konstruksi.
<i>Welding Inspector</i>	: Seorang pekerja yang bertugas untuk menginspeksi kualitas atau <i>Quality Control (QC)</i> suatu produk pengelasan apakah sudah sesuai dengan standar yang ditentukan seperti ASME, AWS, API, atau juga BKI.
<i>Welding Procedure Spesification (WPS)</i>	: Merupakan prosedur pengelasan tertulis yang berisi parameter-parameter pengelasan untuk memberikan arahan kepada <i>welder</i> dalam membuat lasan produksi (<i>production weld</i>) dan harus dilakukan kualifikasi berdasarkan ASME Section IX.
<i>Fitting</i>	: Salah satu komponen perpipaan yang disambungkan pada dua pipa atau lebih untuk meneruskan aliran fluida. Komponen pada pipa berfungsi untuk mengubah, menyebarkan, membesarkan, atau mengecilkan aliran.
<i>Sizing</i>	: Proses membentuk kebulatan pipa sesuai standar.
<i>Ingot/billet</i>	: Batangan; lempengan logam.
<i>Torch/welding torch</i>	: Alat yang digunakan sebagai pegangan saat proses pengelasan. Pada saat pengelasan berfungsi sebagai tempat keluarnya kawat las dan gas pelindung.

<i>Ductility/keuletan/ elastisitas</i>	: Kemampuan bahan padat untuk mengalami peregangan sebelum menjadi putus di bawah tegangan tarik.
<i>Plasticity</i>	: Kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis (yang permanen) tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.
<i>Porosity</i>	: Cacat pengelasan yang disebabkan karena terkontaminasinya logam las dalam bentuk gas yang terperangkap sehingga di dalam logam las terdapat rongga- rongga.
Sistem Muskuloskeletal	: Sistem yang terdiri dari otot, jaringan ikat, saraf, serta tulang dan sendi. Sistem ini berperan penting dalam gerakan tubuh. Oleh karena itu, bila sistem muskuloskeletal terganggu, kemampuan dalam bergerak dan melakukan aktivitas pun bisa terganggu.
Distorsi	: Terjadinya perubahan bentuk atau penyimpangan bentuk oleh panas, termasuk akibat proses pengelasan.
<i>Minimum Order Quantity</i> atau MOQ	: Jumlah pembelian barang yang ditetapkan penjual.
<i>Heat Affected Zone (HAZ)</i>	: Logam yang bersentuhan dengan logam lain pada proses pengelasan, yang pada proses pengelasan akan terjadi siklus termal dan pendinginan cepat pada sambungan las. Dengan demikian, hal ini dapat mempengaruhi struktur mikro dan HAZ, yaitu ketika logam akan mengalami transformasi fasa selama proses pendinginan.
<i>LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)</i>	: Radiasi elektromagnetik yang dihasilkan oleh atom-atom karena adanya perubahan energi pada beberapa material. Laser diperkuat dan dikirim dari suatu alat sebagai aliran yang mirip dengan cahaya. Warna laser tergantung pada panjang gelombang, umumnya dalam satuan nanometer (nm).
<i>Sandblasting</i>	: Suatu proses pengerjaan logam di mana permukaan logam dibuat menjadi kasar dan rata dengan derajat kekasaran serta laju pengikisan tertentu. Proses ini didapat dengan cara menembakkan bahan abrasive ke permukaan logam dengan tekanan tertentu.
<i>Tungsten inclusion</i>	: Cacat pengelasan yang diakibatkan oleh mencairnya <i>tungsten</i> pada saat proses pengelasan yang kemudian melebur menjadi satu dengan <i>weld metal</i> (logam las). Cacat ini hampir sama dengan <i>slag inclusion</i> , namun saat diuji radiografi <i>tungsten inclusion</i> berwarna sangat terang (karena berat jenisnya lebih besar dibanding logam lasnya).
Manufakturabilitas (<i>manufacturability</i>)	: Kemudahan dalam memproduksi produk yang mencakup kemudahan dalam mendesain produk, mempersiapkan peralatan dan bahan baku, serta menyediakan keahlian tenaga kerja.
<i>Mould lofting</i>	: Proses menerjemahkan atau mengembangkan gambar dasar dengan skala 1:50, 1:100, atau 1:200 menjadi gambar produksi dan rambu-rambu atau mal dalam ukuran sebenarnya (skala 1:1).

Daftar Pustaka

- Ahmad Khan, Rehan. 2020. "Olets Fittings: A Complete Guide". 19 Desember 2020, diakses 7 Agustus 2022. <<https://makepipingeasy.com/olets-fittings-a-complete-guide/>>.
- Althouse, Andrew D., Turnquist, Carl H., Bowditch, William A., Bowditch, Kevin E., Bowditch, Mark A. 2018. "Modern Welding Twelfth Edition". Goodheart-Willcox.
- Ambiyar, Purwanto. 2008. Fabrikasi Logam. Padang: UNP Press.
- Anshori, Luthfi. 2018. "Mengenal Lagi Jenis-jenis Rangka Sepeda Motor". 27 Maret 2018, diakses 15 Agustus 2022. <<https://www.gridoto.com/read/221019561/mengenal-lagi-jenis-jenis-rangka-sepeda-motor?page=2>>.
- Anwar, Badaruddin. 2018. "Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas (Tig) Kampuh V Ganda pada Baja Karbon Rendah St 37". *TEKNOLOGI*, Vol. 17 No. 3 APRIL 2018. Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Makasar
- Arsikta. 2020. "Metode Kerja Fabrikasi Baja Untuk Bahan Konstruksi". 19 Juli 2020. <<https://arsitekta.com/metode-kerja-fabrikasi-baja-u-konstruksi/>>.
- Barlian, Tofan Rizkiana. 2011. *Proses Produksi Pipa Spiral Dengan Lasan (Spiral Welded Steel Pipe) Mengacu Pada Standard ASTM A 252 PT. Swarna Baja Pacific*. Laporan Kerja Praktek. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- Bastuti, Sofian. 2017. *Modul Keselamatan Kerja*. Tangerang Selatan: UNPAM PRESS
- Blum, Beskrajna, noc Moli. 1981. *Aplikasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Bandung: Rosda Karya
- Bohnart, Edward R. 2018. "Welding Principles and Practices Fifth Edition". McGraw-Hill Education
- Builder Indonesia. 2021. "Perkembangan Robot Konstruksi dan Tantangan dalam Proyek: Robot Konstruksi Terus Mengalami Perkembangan yang Signifikan". 17 November 2021, diakses 18 Agustus 2022. <<https://www.builder.id/perkembangan-robot-konstruksi-dan-tantangan-dalam-proyek/>>.
- Builder. 2022. "Fabrikasi Struktur Baja, Proses dan Tahapan Fabrikasi Struktur Baja". Diakses 2 Juli 2022. <<https://www.builder.id/fabrikasi-struktur-baja-proses-dan-tahapan-fabrikasi-struktur-baja/>>.
- Chakraborty, Esha. . "Pengelasan dan Jenis Robot: 7 Fitur Penting. 22 Maret 2021". Diakses 14 Agustus 2022. <<https://id.lambdageeks.com/robot-welding-types-characteristics/>>.
- Damas. 2018. *Proses Fabrikasi Body Kit pada kendaraan Roda Empat di Kupu Kupu Malam Auto Custom & Auto Fashion Yogyakarta*. Jember: Politeknik Negeri Jember.
- Daniarsyah, Adrian. 2021. "Fabrikasi dalam Industri — Definisi, Jenis, Proses, dan Contoh Produknya". Diakses 11 Februari 2021. <<https://wira.co.id/fabrikasi-adalah/>>.
- Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan. Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi. Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan. 2021. *Norma & Standar Laboratorium/Bengkel SMK Kompetensi Keahlian Teknik Pengelasan*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Erivianto, W . I. 2002. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- _____ . 2002. *Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

- Fairuzia, A., Yaqin, M. A., El-Sulthan, M. M., & Amini, F. 2020. "Pengembangan Model Proses Bisnis Berbasis Aliran Proses dan Aliran Data". *Jurassic (Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknik Informatika)*, 5(1), 118. <https://doi.org/10.30645/jurasik.v5i1.176>.
- Farhan Syah, Muhammad. 2022. "Tren Istilah Energi: Apa Itu Onshore dan Offshore di Eksplorasi Migas?". Diakses 5 Agustus 2022. <<https://www.trenasia.com/tren-istilah-energi-apa-itu-onshore-dan-offshore-di-eksplorasi-migas>>.
- Gehrke, Lars, Arno T. Kühn, David Rule, Paul Moore, Christoph Bellmann, Sebastian Siemes, Dania Dawood, Lakshmi Singh, Julie Kulik, and Matthew Standley. 2015. "A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective." In Hannover Messe Conference.
- Griyantia, Cindy Rizka., Mulyatno, Imam Pujo., Kiryanto. 2015. "Studi Rancang Reschedule Pembangunan Kapal Baru Menggunakan Full Outfitting Block System (Fobs) dengan Project Cpm pada Kapal Lct 200 Gt". *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 3, No.4, Oktober.
- Hantoro, Sirod dan Parjono. 2005. Menggambar Mesin. Jakarta: Adicita.
- Harsono,W & Toshie Okumura. 1981. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramitha
- Hirano, Hiroyuki. 1996. *Penerapan 5S di Tempat Kerja: Pendekatan Langkah-Langkah Praktis (terjemahan)*. Jakarta: PQM Consultants.
- Iwon, Foshan. 2018. "Pendahuluan pada Mesin Laser Welding Dalam Fabrikasi Las?"Diakses 12 Agustus 2022. <<http://m.id.precisaofabricacao.com/news/introduction-on-laser-welding-machine-in-weldi-15538426.html>>.
- Jeffus, Larry. (2016). "Welding: Principles and Applications 8th Edition". Boston, USA: Cengage Learning.
- Jeffus, Larry. 2012. *Welding and Metal Fabrication*. Cengage Learning, Inc.
- Kawiana, I Gede Putu. 2020. *Manajemen Sumber Daya Manusia "MSDM" Perusahaan*. Denpasar: UNHI Press Publishing.
- Kenyon. W. 1979. *Basic Welding and Fabrication*. New York: Mc Graw Hill.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. 1996. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep-48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan Sekretariat Negara. Jakarta.
- Moniz, B.J., Miller, R.T.. 2004. *Welding Skills Third Edition*. American Technical Publisher
- Moruk, L. F., Indra, H. S., Priskasari, E., Baja, R., & Lateral, B. (2019). Bresing Konsentris Tipe X pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang. 2, 20–24.
- Permendikbudristek RI No. 165/M/2021 Tentang Program Sekolah Menengah Kejuruan Pusat Keunggulan.
- Petersen, Elmore., Plowman, E Grosvenor., Trickett, Joseph M. 2012. "Business Organization and Management". Literary Licensing, LLC, Mar 1, 2012–356 page.
- Pinhome. 2022. "Apa Itu Shop Drawing?". Diakses 23 Juli 2022. <<https://www.pinhome.id/kamus-istilah-properti/shop-drawing/>>.
- Pramudito. (2013). "Pekerjaan fabrikasi". Diakses pada 7 Agustus 2021. Jakarta: <http://eprints.umg.ac.id/>.

- Prasetyo, Himawan Agus. 2019. *Proses Produksi Pipa Electric Resistance Welded (Erw) di PT Khi Pipe Industries: Fabrikasi Pipa ERW dengan Sistem Pengelasan HFRW untuk Aplikasi Pipa Minyak dan Gas*. Laporan Kerja Praktik. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri. Universitas Pertamina. Jakarta.
- Purnomo, Febri Heru. 2017. "Analisa Teknis dan Ekonomis Kombinasi Pengelasan *Robotic Welding* dengan *Welder* Konvensional pada Sambungan Pipa Struktur *Jacket* Bangunan Lepas Pantai". Tugas Akhir. Departemen Teknik Perkapalan. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Reed, Brian. 2018. "*Robotic Vs. Manual Welding*". Diakses 12 Agustus 2022. <<https://www.fairlawntool.com/blog/robotic-vs-manual-welding/>>.
- Ridhawati, Amalia. 2014. Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Pipa API DI KT 24 PT Bakrie Pipe Industries. Laporan Kerja Praktek. Program Studi Teknik Industri. Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer. Universitas Bakrie. Jakarta.
- Satoto, S. W., P. N. A., & Saputra, H. (2013). Perbandingan Teknis Ukuran Utama Dan Hambatan Kapal Pada Lambung Kapal Wisata Pulau Petong. *Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan (JATRA)*, 1(43), 1–10.
- Sedarmayanti, 2009, Sumber Daya Manusia Dan Produktivitas Kerja, CV Manda Maju, Bandung.
- Sholikhan Arif, M. 2019. Proses pembangunan kapal. 3 Desember 2019, diakses 7 Agustus 2022. <<http://dosenkapal.com/2019/12/proses-pembangunan-kapal/>>.
- Sriwidhartha. 2006. *Petunjuk Kerja Las*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sulistyarini, Wahyu Ratna. 2006. *Pengaruh Program Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: Buku Utama.
- Suma'mur, P.K. 2009. *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Karja*. Jakarta: Sagung Seto.
- Sunaryo, Hery. 2008. *Teknik Pengelasan Kapal Jilid 2*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Suparno, S., Hermawan, A., Syuaib, M.F. 2008. *Technopreneurship. Recognition and Mentoring Program*-Institut Pertanian Bogor (RAMP-IPB). <http://ono.suparno.staff.ipb.ac.id/articles/technopreneurship-2/>. Diakses pada 2 September 2022.
- Susanta, Kurniawan. 2018. *Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW): Untuk SMK/MAK Program Keahlian Teknik Mesin*. Jakarta: PT Latif Kitto Mahesa.
- _____. 2019. *Pekerjaan Dasar Teknik Mesin*. Jakarta: PT Kuantum Buku Sejahtera.
- Suwardi dan Daryanto. 2018. *Teknik Fabrikasi Pengerjaan Logam*. Malang: Gava Media.
- Syamsul Ma'arif, Mochammad. 2017. *Teknologi Terkini Friction Stir Welding untuk Aplikasi di Dunia Penerbangan*. SAINTEK II Tahun 2017. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- Timings, Roger. 2008. *Fabrication and Welding Engineering*. Elsevier Ltd.
- Undang-undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian

- Vendes. 2022. Pengelasan di Dalam Air (*Underwater Welding*). Diakses tanggal 24 Februari 2022. <<https://www.indotara.co.id/proses-pengelasan-didalam-air-underwater-welding&id=670.html>>.
- Viviyanti Br, T. 2008. "Evaluasi Penerapan Budaya Kerja 5S di PT AKM". Departemen Pendidikan Nasional Universitas Indonesia. Fakultas Ekonomi. Program Studi Magister Manajemen.
- Walker, J. R., Dixon, Bob. 2019. *Machining Fundamentals Tenth Edition*. Goodheart-Wilcox Company. Inc., USA.
- Welder's Handbook. 1999. "For Gas Shielded Arc Welding, Oxy Fuel Cutting & Plasma Cutting". Air Products Welder's Handbook. Air Products PLC
- Weman, K. 2003. *Welding Processes Handbook*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Werther, J. and Davis, K. 1996. *Human Resources and Personnel Management, 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Widiyanto. 2019. *Mengenal Dunia Usaha (Pengantar Bisnis)*. Semarang: LPPM Universitas Negeri Semarang.
- Wirjosumarto H., Okumura T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradya Paramita.
- _____. 1981. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradya Paramita
- Yuliani Setyaningsih. 2018. *Buku ajar Higiene Lingkungan Industri*. Semarang: FKM UNDIP PRESS
- Zimmerer, T.W. and Scarborough N.M. 1996. *Entrepreneurship and the New Venture Formation*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Giesecke, Frederick E, dkk. 2016. *Technical Drawing With Engineering Graphics, Fifteenth Edition*. Prentice Hall.

Sumber Gambar

- Abdurrahman, Syaifi. 2020. GAMBAR TEKNIK MESINKELAS X (C2). PT Dinamika Astrapedia Sejahtera.
- Achmadi. 2021. Ragum. 3 Maret 2021, dilihat 27 September 2022. <<https://www.pengelasan.net/ragum/>>.
- Adams, Bradley. 2016. “HAND-BUILT: Motorcycle Frames, Part 1 of 5”. 25 April 2016, diakses 10 Agustus 2022. <<https://www.cycleworld.com/how-to-hand-build-motorcycle-frames-skills-and-techniques/>>.
- Ajot. 2019. “World’s largest container ship completes first voyage from Asia to Europe”. 19 Agustus 2019, dilihat 29 September 2022. <<https://www.ajot.com/news/worlds-largest-container-ship-completes-first-voyage-from-asia-to-europe>>.
- Alviandi, Senna. 2017. “Metoda Konstruksi Bangunan Laut : Instalasi Pipa Bawah Laut”. 13 Juni 2017, dilihat 29 Agustus 2022. <<https://www.youtube.com/watch?v=dCGV72QFgJU>>.
- Amrul. 2019. “Rajut Kolaborasi Membangun SDM Unggul dan Produktif”. 29 Desember 2019, dilihat 28 September 2022. <<https://www.kang-amrul.com/2019/12/rajut-kolaborasi-membangun-sdm-unggul.html>>
- Anand, Sandeep. 2002. Welding electrodes – Understanding the SMAW electrode symbols. 4 Agustus 2017, dilihat 20 Januari 2023. <<https://www.weldingandndt.com/welding-electrodes-understanding-the-electrode-symbols/>>
- Andrew D. Althouse., Carl H. Turnquist., William A. Bowditch., Kevin E. Bowditch., and Mark A. Bowditch. 2020. Modern Welding, 12th Edition. The Goodheart-Willcox Company
- Andrew. 2020. “Pipeline Construction Guide: Environmental”. Dilihat 30 Oktober 2022. <http://huckbody.com/?page_id=1088>.
- Apetersen. 2018. “The Benefits of Robotic Laser Welding Over Traditional Welding Processes”. 19 April 2018, dilihat 28 Oktober 2022. <<https://www.genesis-systems.com/blog/the-benefits-of-robotic-laser-welding-over-traditional-welding-processes>>
- Architecture Constructions. 2022. “Jenis jenis proyek konstruksi”. Youtube, 5 Januari 2022, dilihat 23 September 2022. <<https://www.youtube.com/watch?v=7RXAJ0f5GFM>>.
- Armstrong, AA ., Gregory, EN. 2005. Welding Symbols On Drawings. Woodhead Publishing
- ARMY. 1983. TECHNICAL MANUAL FOR USE AND CARE OF HAND TOOLS AND MEASURING TOOLS. DEPARTMENTS OF ARMY, NAVY, AIR FORCE, AND MARINE CORPS.
- Arsitekta, 2020. Cara Pengelasan Plat Baja Dengan Las Busur Listrik. 10 September, dilihat 26 September 2022. <<https://arsitekta.com/cara-pengelasan-plat-baja-dengan-las-busur-listrik/>>.
- Aslani, Farhad., Uy, Brian., Hicks, Stephen., Kang, Won-Hee. 2015. “Spiral welded tubes–imperfections, residual stresses, and buckling characteristics”. Dilihat 13 Agustus 2022. Eighth International Conference on ADVANCES IN STEEL STRUCTURES Lisbon, Portugal, July 22-24, 2015. <https://www.researchgate.net/publication/280687231_Spiral_welded_tubes_-_imperfections_residual_stresses_and_buckling_characteristics>.
- Atila, Aufo. 2021. “Pengertian Sumber Daya Manusia dan Manajemen SDM”. 12 Januari 2021, baca 27 Agustus 2022. <<https://www.jojonomic.com/blog/sumber-daya-manusia/>>.

- Autodesk Technology Center. 2016. Getting Started With the Vertical Metal Bandsaw. Dilihat 20 Desember 2022. <<https://www.instructables.com/Getting-Started-With-the-Vertical-Metal-Bandsaw/>>
- AWS A2.4:2020. Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination. American National Standards Institute.
- Barringer, B. R. and Ireland, R. D. (2010). *Entrepreneurship: Successfully Launching New Ventures*. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall Inc.
- Bejan, A., Charles, J.D., Lorente, S. 2017. "ANALYSIS IN THE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS USES "CONSTRUCTAL LAW" TO WITNESS THE EVOLUTION OF AIRPLANE DESIGNS OVER TIME AND PREDICT THE FUTURE OF AEROSPACE DESIGN". The Evolution of Airplanes. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. 17 Juli 2014. <<https://publishing.aip.org/publications/latest-content/the-evolution-of-airplanes/>>.
- Bernier, Catherine. 2021. "Robotic Welding: How Robots Can Help Automate Welding Tasks". 25 Agustus 2021, dilihat 15 Agustus 2022. <<https://www.howtorobot.com/expert-insight/brief-introduction-welding-robots-and-their-uses/>>.
- Bernier, Catherine. 2022. "Spot Welding Robots: How One Machine Revolutionized an Entire Industry". 28 Maret 2022, dilihat 29 Agustus 2022. <<https://www.howtorobot.com/expert-insight/spot-welding-robots/>>.
- Berry, Leon. 2019. Teknologi Dan Rekayasa. Dilihat 20 Januari 2023. <<https://slideplayer.com/slide/13450171/>>
- Bohnart, Edward R. 2018. "Welding Principles and Practices Fifth Edition". McGraw-Hill Education
- Braithwaite, Jeremy. 2021. "Weldments in Autodesk Inventor". 25 Februari 2021, dilihat 20 September 2022. <<https://www.instructables.com/Introduction-to-Weldments-in-Autodesk-Inventor/>>.
- Brown, George. 2014. Hacksaw:Cutting Techniques. Dilihat 29 September 2022. <<https://www.gbcpando.com/hacksaw/>>.
- Bryant, Liam. 2022. "Why Use a Leather Welding Apron?" 25 Oktober 2022, dilihat 30 Oktober 2022. <<https://beginnerweldingguide.com/welding-apron/>>
- Cameron, Richard. 2016. "GHS Hazard Pictograms". 27 Juni 2016, dilihat 29 Oktober 2022. <<https://www.protectusa.net/ghs-pictograms-and-hazards/>>
- Carel, Leussink, Muriel. 2022. "Metal Fabrication". Dilihat pada 30 Agustus 2022. <<https://www.leussink.com.au/capabilities/metal-fabrication/>>.
- Chatzopoulou, G., Sarvanis, G. C. Karamanosab, S.A., Mecozzic, E., Hilgerd, O. 2019. "The effect of spiral cold-bending manufacturing process on pipeline mechanical behavior". International Journal of Solids and Structures 166 (2019) 167–182. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020768319300988#fig0001>>.
- Chopra, Rahul. 2017. "Robots sweep across Maruti Suzuki's shop floor". 12 Mei 2017, dilihat 29 Agustus 2022. <<https://www.electronicshub2b.com/industry-buzz/robots-sweep-across-maruti-suzukis-shop-floor/>>.
- Clark. 2016. "Operating the Vertical Bandsaw–Clark Magnet High School SSP". 20 Apr 2016, dilihat 20 Desember 2022. <<https://www.youtube.com/watch?v=hM6xgWfty-U>>

- Codinter. 2021. "Robotic Welding: What companies do need it and how to set it up". 11 November 2021, dilihat 29 Agustus 2022. <<https://www.codinter.com/en/robotic-welding-what-companies-do-need-it-and-how-to-set-it-up/>>
- Cooltools. 2014. "Using a Bench Shear". 28 Juli 2014. <<https://www.youtube.com/watch?v=QSGMGd6HCM>>
- Crowe, Steve. 2018. "ABB acquiring AB Rotech to bolster automotive robotic welding". 11 Juli 2018, dilihat 10 Agustus 2022. <<https://www.therobotreport.com/abb-acquiring-ab-rotech-robotic-welding/>>.
- Dani. 2015. Mengetahui Ukuran Kertas A0, A1, A2, A3, A4, A4s, A5, A6, A7, A8, A9, A10 dalam cm dan Inchi. 8 November 2015, dilihat 20 Januari 2023. <<https://tipsdani.com/ukuran-kertas-standar-iso-dalam-unit-cm-dan-inch/>>
- Daniarsyah, Adrian. 2021. "Fabrikasi dalam Industri — Definisi, Jenis, Proses, dan Contoh Produknya". 11 Februari 2021, dilihat 28 Agustus 2022. <<https://wira.co.id/fabrikasi-adalah/>>.
- Davis, Gerald. 2017. "Shop technology and 3-D CAD: Translating design goals into CAD techniques". 5 April 2017, dilihat 26 September 2022. <<https://www.thefabricator.com/thefabricator/article/bending/shop-technology-and-3-d-cad-translating-design-goals-into-cad-techniques>>.
- Dekker, Cameron. 2022. "How Much Does Welding School Cost in the UK (2022 Update)". 15 September 2022, dilihat 22 September 2022. <<https://waterwelders.com/how-much-does-welding-school-cost-in-the-uk/>>.
- Dekker, Cameron. 2022. "What is a Structural Welder, And How Do You Become One?". 19 Juli 2022, dilihat 20 September 2022. <<https://waterwelders.com/what-is-structural-welder/>>.
- Dekoruma, Kania. 2018. "Ada Berapa Jenis Konstruksi yang Perlu Kamu Tahu?". 15 Agustus 2018, dilihat 20 September 2022. <<https://www.dekoruma.com/artikel/72838/jenis-konstruksi>>.
- Derrick, Sean. 2020. "Filing It Away... How to Use a Hand File". 1 Juni 2020, dilihat 25 September 2022. <<https://www.disher.com/2016/08/12/filing-away-use-hand-file/>>
- Dihni, Vika Azkiya. 2022. Penumpang Pesawat Domestik Meningkatkan 40% pada Mei 2022. 4 Juli 2022, dilihat 29 Oktober 2022. <[https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/07/04/penumpang-pesawat-domestik-meningkat-40-pada-mei-2022#:~:text=Badan%20Pusat%20Statistik%20\(BPS\)%20melaporkan,%2C97%25%20\(mom\)](https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/07/04/penumpang-pesawat-domestik-meningkat-40-pada-mei-2022#:~:text=Badan%20Pusat%20Statistik%20(BPS)%20melaporkan,%2C97%25%20(mom))>.
- EFW. Guideline EUROPEAN WELDING INSPECTION PERSONNEL. EFW Management Team.
- Feng, Billy. 2017. "Sheet Metal Fabrication Workshop- Starway Engineering & Manufacturing Co., Ltd". 14 Mei 2017, dilihat 20 Septemebr 2022. <<https://www.youtube.com/watch?v=KKyB1pWSq3M>>.
- Firmansyah. 2021. "Sejarah Pengelasan dan Perkembangan Teknologinya". 3 Oktober 2021, dilihat 29 September 2022. <<https://www.allpro.co.id/pengelasan/sejarah/>>.
- Geena. 2022. "BBN Steel Fabrication and Machining". Dilihat 20 Septemebr 2022. <<http://www.bbnsteelpate.com/machining.html>>.
- Georgiadis, Philip. 2021. "Clouds lift as confidence returns to battered airline industry". 2 Agustus 2021, dilihat 29 Oktober 2022. <<https://www.ft.com/content/9214f0a8-cc60-4511-be5d-4362462e1896>>
- Giesecke, Frederick E, dkk. 2016. "Technical Drawing With Engineering Graphics, Fifteenth Edition". Prentice Hall.

- Grill, Jeff. 2022. “Spot Welding Explained: What is It? And How Does it Work?”. 19 Juli 2022, dilihat 12 Agustus 2022. <<https://weldguru.com/what-is-spot-welding/>>.
- Gunawan, Samantha. 2022 “Keterampilan Yang Diperlukan di Abad ke 21”. 12 November 2022, dilihat 12 November 2022. <<https://ehf.id/post/keterampilan-yang-diperlukan-di-abad-ke-21>>.
- Habibi, Miftah. “Vernier Vs. Dial Vs. Digital Caliper”. 24 Februari 2022, dilihat 25 Oktober 2022. <<https://www.fullyinstrumented.com/vernier-vs-dial-vs-digital-caliper/>>
- Hafco Metalmaster. 2019. HORIZONTAL BAND SAW OPERATION MANUAL: Instruction Manual for EB-260V (B062V). 4 April 2019, Dilihat 30 Septemebr 2022. <<https://images.machineryhouse.com.au/products/B062V/PDF/B062V%20-%20Instructions%20Manual.pdf>>
- Hakeman, Brad. 2022. “Creating and Adding Weld Beads in SOLIDWORKS Models & Drawings”. 18 Januari 2022, dilihat 20 September 2022. <<https://www.goengineer.com/blog/creating-adding-weld-beads-solidworks>>.
- Hanz, Joyce. 2021. “Kiski Area welding students show their skills at Weld Off competition”. 4 Desember 2021, dilihat 29 Agustus 2022. <<https://triblive.com/local/valley-news-dispatch/kiski-area-welding-students-show-their-skills-at-weld-off-competition/>>.
- Hayes, Daniel. 2020. “Weld Maps & Weld Logs 101”. 8 Oktober 2020, dilihat 20 Januari 2023. <<https://weldingcentral.com/weld-map/>>.
- Hebson, Paul. 2022. “Spool Welding Robot SWR”. Dilihat 29 Oktober 2022. <<https://www.binzel-abicor.com/US/eng/products/robotic-systems/spool-welding-robot-swr/>>
- Hendriono, Dede. 2020. “Vernier Caliper”. 7 Oktober 2020, dilihat 29 Oktober 2022. <<https://henduino.github.io/library/tools/vernier-caliper/>>
- Hernandez, Enoc. “Welding Symbols in SOLIDWORKS”. 28 Desember 2018. <<https://hawkridgesys.com/blog/solidworks-getting-familiar-with-weld-symbols>>.
- Hill, Alex Owen. 2018. “What Is the Best Way to Program a Robot?”. 9 Oktober 2018, dilihat 26 September 2022. <<https://robodk.com/blog/program-robot-tips/>>
- Hughes, Steven E. 2009. ‘A Quick Guide to Welding and Weld Inspection’. Woodhead Publishing Limited
- Ilyas. 2020. VICE: PARTS, CONSTRUCTION, DIAGRAMS, AND TYPES OF VICE. 22 Desember 2020, dilihat 26 September 2022. <<https://www.theengineerspost.com/types-of-vice/>>.
- Indonesia Australia Partnership for Skills Development. 2002. PROSES-PROSES PEMOTONGAN DENGAN PANAS (*Thermal Cutting and Associated Processes*). Batam Institutional Development Project
- Ismara, K. Ima, dkk. 2020. Strategi Penerapan Budaya Kerja Industri di Pendidikan Vokasi. UNY Press
- ISO 17637:2016(E): Non-destructive testing of welds — Visual testing of fusion-welded joints.
- Jack, 2022. “How to Use Wire Brush to Remove Paint from Wood?”. Dilihat 26 September 2022. <<https://repaintnow.com/wire-brush/>>.
- James. 2013. “Welding in Catia”. 12 Juli 2013, dilihat 26 September 2022. <<https://grabcad.com/questions/welding-in-catia>>.
- Jan, Ceh. 2022. Measuring and measuring tools. Dilihat 28 Oktober 2022. <<https://www.craftsmanspace.com/knowledge/vernier-bevel-protractor.html>>.

- Jaubert, Gabriel. 2021. "Almacam Weld, CAD/CAM software for robotized welding". 29 November 2021, dilihat 30 Oktober 2022. <<https://almacam.com/products/almacam-weld/>>.
- Jeffus, Larry. 2012. "Welding And Metal Fabrication". 1nd ed. England: Cengage Learning.
- Jeffus, Larry. 2016. "Welding: Principles and Applications 8th Edition". Cengage Learning, Boston, USA.
- Karra, Sahitya. 2021. "Welding in Shipbuilding: Skills, Training, and Careers"2021. 5 Mei 2021, diakses 19 Agustus 2022. <<https://www.nationalskillsnetwork.in/welding-in-shipbuilding-skills-training-and-careers/>>.
- KAWASAKI. PORTABLE JIGSAW : INSTRUCTION MANUAL,MODEL#840067. Dilihat 29 Oktober 2022. <http://www.alltradetools.com/pdfs/1181236640_840067_portablejigsaw_eng.pdf>.
- Kawiana, I Gede Putu. 2020. Manajemen Sumber Daya Manusia "MSDM" Perusahaan. UNHI Press Publishing. Denpasar -Bali.
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. 2016. *Job Profile* Bidang Pengelasan.
- Kep. 154/MEN/VIII/2010 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Sektor Industri Subbidang *Welding Supervisor*.
- Kiron, Mazharul Islam. 2014. "Welding Cloth: Materials, Types, Advantages and Disadvantages". 21 januari 2014, dilihat 30 Oktober 2022. <<https://textilelearner.net/welding-cloth-materials-types-advantages/>>.
- Krawczyński, Czyżewski, Bocian. 2016 "REINDUSTRIALIZATION: A CHALLENGE TO THE ECONOMY IN THE FIRST QUARTER OF THE TWENTY-FIRST CENTURY". Warsaw University of Technology. Faculty of Management. Poland. Foundations of Management, Vol. 8 (2016), ISSN 2080-7279 DOI: 10.1515/fman-2016-0009.
- Kristeel. 2015. Gauge User Manual. 10 Januari 2015, Dilihat 12 Januari 2023. <https://ranigunj.com/wp-content/uploads/2021/04/Kristeel_GUM_10-1-2015.pdf>.
- Kurniawan, Didi. 2022. "Pertagas Niaga Suplai Gas ke Pabrik Minyak Goreng Dukung Pemanfaatan Energi Bersih". 23 Maret 2022, dilihat 30 September 2022. <<https://voi.id/ekonomi/148926/pertagas-niaga-suplai-gas-ke-pabrik-minyak-goreng-dukung-pemanfaatan-energi-bersih>>.
- Lazinsky, Stephen A. 2001. Analyzing shear features:Basic knowledge can impact productivity, safety. 26 Juli 2001, dilihat 29 September 2022. <<https://www.thefabricator.com/thefabricator/article/shearing/analyzing-shear-features>>
- Levy, Robert. 2022. "Steel Fabrication". 2 Mei 2022, dilihat 20 Agustus 2022. <<https://www.tfgusa.com/capabilities/steel-fabrication/>>.
- M, Steve. 2022. "How to Get into Pipeline Welding?". Dilihat pada 30 Agustus 2022. <https://yeswelder.com/blogs/yeswelder/pipeline-welding?_pos=1&_sid=81ed30f91&_ss=r>.
- Mahawati, Eni, dkk. 2021. Keselamatan Kerja dan Kesehatan Lingkungan Industri. Yayasan Kita Menulis.
- Makita. "INSTRUCTION MANUAL DOUBLE INSULATION IMPORTANT: Angle Grinder M9000 M9001". Dilihat pada 30 Agustus 2022. <https://www.makita.com.au/images/downloads/documents/manuals/M9001B_manual.pdf>.

- Makita. INSTRUCTION MANUAL:Portable Cut-off, M2402-M2403. Dilihat pada 30 Agustus 2022 <https://makita.in/wp-content/uploads/2020/02/M2402-403_Manual.pdf>.
- Makita. Makita JN1601 Instruction Manual. Dilihat pada 30 Agustus 2022 <https://media.makita.co.nz/_media/user-manuals/JJN1601-UG.pdf>.
- Mason, Adam. 2022. "Fiber Laser Welding Applications And Advantages". 11 August 2022, dilihat 29 Oktober 2022. <<https://weldingpros.net/fiber-laser-welding-applications/>>.
- Milner, Steve. 2021. "What is plasma welding?:The basics of the highly conductive weld process and how it differs from conventional welding". 8 Desember 2021, dilihat 29 Oktober 2022. <<https://www.thefabricator.com/thewelder/article/assembly/what-is-plasma-welding>>.
- Mitutoyo E4329. Quick Guide to Precision Measuring Instruments. Dilihat 30 Oktober 2022. <https://www2.mitutoyo.co.jp/eng/products/menu/QuickGuide_Calipers.pdf>.
- Moniz, B.J., Miller, R.T.. 2004. "Welding Skills Third Edition". American Technical Publisher.
- Myers, Jimmy. 2018. "AUTOMATING PIPE WELDING JUST GOT EASIER WITH A HIGH-TECH ROBOTIC WELDING SOLUTION". 9 April 2018, dilihat pada 30 Agustus 2022. <<https://weldingproductivity.com/article/teaming-up/>>.
- Narayana, K.L., Kannaiah, dan K. Venkata Reddy. 2006. "Machine Drawing: Third Edition". New Delhi: New Age International Publisher.
- Nigataseiki.net. "WELDING GAUGE". Dilihat 29 September 2020. <<http://www.nigataseiki.net/official/english/manual/pdf/007502-007561.pdf>>.
- Nishandar, Siddhanath. 2021. "BEVEL PROTRACTOR". 15 April 2021, dilihat 20 Desember 2022. <<https://www.youtube.com/watch?v=DFzaWeEICss>>.
- Nyoni, Madala. 2022. How to Arc Weld. 13 Mei 2022, dilihat 12 Januari 2023. <<https://www.wikihow.com/Arc-Weld>>.
- Ortiz, Pete. 2022. "33 DIFFERENT TYPES OF PLIERS COMPARED (WITH PICTURES)". 14 Oktober 2022, dilihat 25 Oktober 2022. <<https://housegrail.com/different-types-of-pliers/>>.
- Parisher, Roy A. , Rhea, Robert A. 2021. "Pipe Drafting and Design, Fourth Edition". Gulf Professional Publishing.
- Parker. 2020. 'How to use a Horizontal Metal Band Saw correctly – Metalwork". 14 Agustus 2020, dilihat 29 November 2022. <<https://www.youtube.com/watch?v=sWGhXPrbMpo>>.
- Promac. 2016. "Operating Instructions and Parts ". Dilihat 28 September 2022. <https://www.promac.fr/wp-content/uploads/2019/05/347v_manual-instructions_en.pdf>.
- Rahman, Arief., Partawi, Sri Gunani., Adithya, Wahyu., Rachmawati, Farida., Layla, Nur. 2018. IMPLEMENTASI 5S+5. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Organisasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Raunek. 2021. "A Guide To Types of Ships". 1 Agustus 2021, dilihat 29 Agustus 2022. < <https://www.marineinsight.com/guidelines/a-guide-to-types-of-ships/>>.
- Reips, Jörg. 2021. "4 Things to Consider Before Automating TIG Welding". 22 maret 2021, dilihat 10 Agustus 2022. <<https://blog.binzel-abicor.com/4-things-to-consider-before-automating-tig-welding/>>.

- Rika, Daniel., Banerjee, Suvajit. 2021. "Best Welding Gloves: Keep Your Hands Safe From the Heat". 19 November 2021, dilihat 30 Oktober 2022. <<https://www.thedrive.com/reviews/31600/best-welding-gloves>>.
- Ryan, V. 2019. ENGINEERING–DESIGN AND TECHNOLOGY. Dilihat 28 September 2022. < <https://technologystudent.com/>>.
- Sandy. 2022. How to Drill Plexiglass. 30 April 2021, diliaht 20 Januari 2023. <<https://www.wikihow.com/Drill-Plexiglass>>.
- Saunders, Eddie. "Air cargo volume fell by 14% in week 51: report" 3 Januari 2022, dilihat 27 Oktober 2022. <<https://www.caasint.com/air-cargo-volume-fell-by-14-in-week-51-report/>>.
- Schuster, Sebastian. "Automated ladder frame production with MAG robots at automotive supplier". 15 Februari 2022, dilihat 29 Agustus 2022. <<https://www.kuka.com/en-de/industries/solutions-database/2019/02/magna-welding-ladder-frames>>.
- Sedarmayanti. 2009. Sumber Daya Manusia Dan Produktivitas Kerja. CV Manda Maju. Bandung.
- Semjon, Jan., Hajduk, Mikulas., Janos, Rudolf., Vagas, Marek. 2013. "Modular Welding Fixtures for Robotic Cells". Applied Mechanics and Materials Vol 309 (2013) pp 80-87.
- Sentoso, Alvindo Catur. 2022. "TERNYATA BEGINI PROSES PENGELASAN YANG DIGUNAKAN DALAM PEMBUATAN PIPA WELDED". 5 September 2022, dilihat 29 Septemebr 2022. <<https://www.alvindocs.com/blog/proses-pengelasan-pada-pembuatan-pipa-welded>>.
- Sethijune, Sargun. 2019. "What Materials Are Used For Building Ships?". 13 Juni 2019, dilihat 29 Agustus 2022. <<https://www.marineinsight.com/guidelines/what-materials-are-used-for-building-ships/>>.
- Siddiqui, Ahsan. 2021. "Comparing the Workplace Organization Method 5s with the 7 Wastes (Muda) in Waste and Failure Management Tool, in the Health Care Quality Management". Biomedical Journal of Scientific and Technical Research. DOI: 10.26717/BJSTR.2021.40.006387.
- Smith, Brett. 2015. "Use of Stainless Steel in Subsea Pipelines". 24 April 2015, dilihat 29 Oktober 2022. <<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=11959>>.
- Stefanelli, Eduardo. 2017. "Use of the Vernier Caliper – Four-Dimensional". 29 Januari 2017, dilihat 30 Oktober 2022. <<https://www.stefanelli.eng.br/en/use-vernier-caliper/>>.
- Thornton, James R. 2022. "Ship and Boat Building and Repair". 18 Juni 2022, dilihat 12 September 2022. <<https://www.iloencyclopaedia.org/part-xv-26011/ship-and-boat-building-and-repair>>.
- Tiyanto, Prihatin. 2010. Tantangan Manajemen Sumber Daya Manusia Era Abad 21. Palu: Edukasi Mitra Grafika
- Tupper, Terry. 2017. "Robot upkeep: Maintenance tips for a robotic arc welding cell". 10 Juli 2017, dilihat 29 <Oktober 2022. <https://fsmdirect.com/robot-upkeep/>>.
- United Nations. 2017. "Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) Seventh revised edition". United Nations
- Upadhyay, Ajay Kant. 2010. "MEASUREMENT, MEASURING TOOLS & LAYOUT TOOLS". < <http://msvs-dei.vlabs.ac.in/mem103/tutorial13.html>>.

- Vasilash, Gary S. 2020. "Robot Developments for Automotive Applications". 2 Maret 2020, dilihat 29 Oktober 2022. <<https://www.gardnerweb.com/articles/robot-developments-for-automotive-applications>>.
- Winiarto, Brian Hadi., Mariawati, Ade Sri. 2013. Identifikasi Penilaian Aktivitas Pengelasan Pada Bengkel Umum Dengan Pendekatan Job Safety Analysis. Jurnal Teknik Industri, Vol.1, No.1, Maret 2013, pp.59-65
- Yudha. 2020. BAGIAN-BAGIAN DARI PALU DAN FUNGSINYA. 1 April 2020, dilihat 27 September 2022. <<https://blog.tehniq.com/bagian-bagian-dari-palu-dan-fungsinya/>>.
- Zainuddin. 2021. MESIN GUNTING HIDROLIK /SHEARING HYDRAULIC MACHINE. 24 Januari 2021, dilihat 25 Desember 2022. <<https://www.omesin.com/2021/01/mesin-gunting-hidrolik-shearing.html>>.

Indeks

A

American Welding Society 6, 71, 185, 245, 285

Artificial Intelligence 6, 21, 285

Assembling 16, 44, 285

B

Bending 8, 13, 270, 285

Billet 37-38, 62, 285

Bisnis 1-2, 4-6, 8, 10-11, 13, 16-18, 26, 28-29, 46, 70-71, 76, 87, 285

Budaya 91-92, 94, 112-113, 116-117, 124, 126, 128-129, 244, 285

Butt 36, 38-39, 41, 62, 141, 145, 154, 167, 185, 188, 190, 196, 261, 285

C

CAD 131-132, 159-161, 285

CAM 132, 160-161, 167, 206, 241, 285

Casing 40, 285

Clearence 228, 285

Cutting 139, 229, 231-233, 285

D

Defect 267, 285

Duty Cycle 246-247, 277-278, 285

E

Engineer 72, 86, 160, 285

Entrepreneurship 69-70, 285

Erection 16, 55, 285

F

Fabrikasi 1-2, 4, 6-10, 16, 25-26, 28-29, 31-32, 34, 54, 57-58, 61, 65, 68, 76-77, 79-80, 83, 86-89, 91, 97, 128, 131-134, 139, 162-163, 168-169, 198-199, 201-202, 206, 217, 222, 235, 243, 255, 280, 285

Fillet 37, 73-74, 86, 88, 142-144, 165, 185-186, 189-190, 198, 206, 248, 254-256, 285

Fitting 36-37, 55, 285

Fixture 54-55, 62, 285

Foreman 82, 285

G

Gauge 206-207, 231, 241, 285

Global 2, 32, 79, 88, 185, 285

Groove 73-74, 144, 154, 165, 167, 185, 188-189, 198, 254-256, 285

H

Hull 16, 285

I

Industri 9, 15, 22, 29, 31-35, 37, 40-41, 44, 46-48, 51-52, 57-58, 69, 74, 76-77, 79-81, 83, 91-92, 94, 112-113, 117, 124-125, 129, 132, 140, 159, 184-185, 222, 235, 285

J

Jig 52, 54-55, 62, 139, 241, 285

Joint 145, 154, 167, 170, 189-190, 193, 196, 198, 231, 240, 249, 256, 258, 261, 263-264, 285

K

Kapal 2-5, 13-16, 26-27, 29, 31-32, 34, 53, 55-57, 62-63, 68, 74, 80, 235, 285

Kecelakaan 35, 91-93, 98, 102, 110-112, 126-127, 203, 244, 252, 285

Kesehatan 72, 91-94, 97, 100, 102, 104, 111, 124, 127-129, 246, 285

Keselamatan 18, 56, 91-95, 97, 100, 102, 124-125, 128-129, 238, 241, 246, 260-261, 263-264, 285

Konstruksi 6, 8, 16, 34-36, 46, 49-52, 55-58, 61-63, 77, 80, 132-133, 148, 154, 159, 187, 193, 222, 233-235, 285

L

Laser 48-50, 57, 285

Lingkungan	81, 91, 93-96, 99-100, 102, 107, 111-113, 115, 120-121, 123-129, 246, 285
------------	---

M

<i>Manufacturing</i>	77, 160, 285
Metris	285

O

<i>Online</i>	14, 56, 132, 285
---------------	------------------

P

Pengelasan	1-2, 4, 6-8, 10, 14, 25, 29, 31-37, 40, 42-60, 62-63, 65-66, 68, 71-84, 86-93, 97-98, 102, 104-111, 128, 131-134, 136, 140-141, 143-153, 155-157, 159, 162-172, 184-188, 192-193, 196-199, 201-202, 206, 208-209, 213, 217, 222, 231, 233, 235, 241, 243-253, 255-265, 267-270, 272-280, 285
Pesawat	2-3, 17-19, 27-28, 31, 35, 53, 57-58, 60-61, 63, 94, 285
Pipa	11-13, 27, 31-32, 34-43, 50, 53, 60, 62, 73-75, 81, 209, 218-219, 236-237, 245, 285
Polaritas	146-148, 163, 166, 260, 262-264, 285
Profesi	65-68, 71-72, 84, 87, 89-90, 249, 285
Proyeksi	181-183, 195-196, 198, 285

R

Robot	6, 32, 34-35, 44-50, 52-56, 62-63, 70, 79-80, 132, 285
<i>Root</i>	46, 143, 147, 152, 164-165, 186, 196, 206, 253, 256, 262, 266, 271, 273-274, 277, 279, 285

S

<i>Seamless</i>	37-38, 60, 62, 285
<i>Seiketsu</i>	113, 115, 120, 126, 285
<i>Seiri</i>	113-115, 118, 120, 126, 129
<i>Seiso</i>	113, 115, 120, 126
<i>Seiton</i>	113-115, 119-120, 126
<i>Shitsuke</i>	113, 116, 121, 126
Simbol	100-101, 141-145, 164-166, 169-170, 172, 184-193, 196-197, 251, 278-279

Slope	12
<i>Stopper</i>	228, 239, 241
<i>Supervisor</i>	83

T

<i>Tack Weld</i>	249, 255, 260, 263-264, 279
<i>Technopreneurship</i>	65, 67, 69-70, 76, 87-90
Teknologi	1-2, 6, 21, 24, 31-35, 43-44, 46-47, 51, 55-58, 63, 65, 68-70, 76, 79-80, 89, 91, 131-132, 159, 168-169, 201, 233, 243
Travel Angle	151, 262-263, 265, 279

W

Weave	150-151
Welder	27, 35, 51, 65, 67-68, 71-75, 79-83, 88-89, 98, 111, 133, 143, 153, 196, 245
Welding	6-7, 27, 37, 43, 45-47, 49-51, 54, 62-63, 71-72, 80, 82-87, 89, 105, 109-110, 140, 145, 148, 163, 184-186, 193-194, 196, 198, 206-207, 229, 245, 249, 275, 277
<i>Welding Map</i>	193-194
Wirausaha	22, 65-66, 70, 76
<i>Withwort</i>	214
<i>Work Angle</i>	151, 262-263, 265, 279
<i>Workshop</i>	8, 28, 93, 125, 266

PROFIL PELAKU PERBUKUAN

PROFIL PENULIS

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 tahun terakhir)

Guru Teknik Permesinan SMKS Binawiyata Karangmalang Sragen (2010 s.d sekarang)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

D3: Universitas Negeri Yogyakarta (2002-2005)

S1: Universitas Negeri Yogyakarta (2005-2007)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

1. Hidrolik Alat Berat (2022)
PT. Lini Suara Nusantara
2. Pekerjaan Dasar Teknik Otomotif (2021)
PT. Dinamika Astrapedia Sejahtera
3. E-Modul Pekerjaan Dasar Teknik Otomotif X (2021)
PT Kuantum Buku Sejahtera
4. Pengetahuan Bahan Tekstil (2021)
PT Kuantum Buku Sejahtera
5. Teknik Pemesinan Bubut XII (C3) (2019)
PT Kuantum Buku Sejahtera
6. Pekerjaan Dasar Teknik Mesin X (C1) (2018)
PT Latif Kitto Mahesa
7. Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) XI, XII (2018)
PT Latif Kitto Mahesa

Informasi Lain dari Penulis

1. Pendidikan Profesi Guru (PPG) (2 Juli - 23 November 2018)
2. Finalis Lomba Ketrampilan Guru Tingkat Nasional (30 - 5 Oktober 2019)
3. Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) Moda Daring Kompetensi Keahlian Teknik Energi Terbarukan (13 Mei - 23 Juni 2020)
4. Diklat Daring Guru Vokasi Operator Mesin CNC pada Kompetensi Keahlian Teknik Pemesinan CNC (31 Mei - 12 Juni 2021)
5. Pendidikan dan Latihan CNC Basic Operation For HKI-Tech Control (6 - 18 Juni 2022)



**Kurniawan
Susanta, S.Pd.T., Gr.**

Email

kurniawansusanta17@guru.smk.belajar.id

Instansi

SMKS Binawiyata Karangmalang Sragen

Alamat Instansi

Jl Abimanyu No 18, Taman Asri, Karangmalang, Sragen 57221

Bidang Keahlian

Teknik Mesin

PROFIL PENULIS

Riwayat Pekerjaan/ Profesi dalam 10 tahun terakhir

Dosen di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Yogyakarta (2019-sekarang)
Reviewer Jurnal Pendidikan Vokasi (2022-sekarang)
Editor Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin (2022-sekarang)
Reviewer di jurnal internasional The Qualitative Report (2023-sekarang)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

S1: Universitas Negeri Yogyakarta, Pendidikan Teknik Mesin, Lulus Tahun 2012
S2: Universitas Negeri Yogyakarta, Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Lulus Tahun 2015
S3: Universitas Negeri Yogyakarta, Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Lulus Tahun 2022

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

1. Buku Pemetaan *Supply and Demand* Pendidikan Vokasi (2022), Direktorat Mitras DUDI
2. Buku Daya Saing SMK dalam Bursa Pasar Tenaga Kerja (2019), Direktorat Pendidikan SMK
3. Buku Desain Pengembangan Fasilitas Sekolah di Era Revolusi Industri 4.0 (2018), Direktorat Pendidikan SMK

Informasi Lain dari Penulis

1. Dosen pembimbing Lapangan Program MSIB (2022 dan 2023)
2. Training of Trainer Keterampilan Kewirausahaan Bagi Dosen LPTK (2021)
3. Sertifikasi dan Pelatihan Liquid Magnetic Test (2020)
4. Sertifikasi dan Pelatihan Magnetic Particle Test (2020)
5. Sertifikasi dan Pelatihan Welding Inspektori (2020)



Dr. Khusni
Syauqi, S.Pd., M.Pd.

Email

khusnisyauqi@uny.ac.id

Instansi

Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta

Alamat Instansi

Kampus Karang Malang, Jl. Colombo No.1, Karang Gayam, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

Bidang Keahlian

Fabrikasi, Non-Destructive Test, Welding Inspektori, Media Interaktif Digital

PROFIL PENELAAH



Drs. Riswan
Dwi Djatmiko, M.Pd.

Riwayat Pekerjaan/ Profesi

1. Dosen Tetap Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Ketua TUK 075 Lembaga Sertifikasi Kompetensi Logam Mesin Indonesia (LSP-LMI)
3. Asesor Welding BNSP
4. Asesor Guru Las Nasional
5. Jury Asean Skill Competition (ASC)
6. Konsultan Mecanical Electrical (ME)

Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Teknik Mesin (S1) tahun 1983-1987
2. Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (S2) tahun 2000-2004
3. Sertifikasi *Welder* HLO 45 & PH (*International Institut of Welding / IIW*)
4. Sertifikasi *Welding Inspector* BNSP
5. Sertifikasi *Building facilities* (ITE / Singapore)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

1. Riswan DJ, (2016). *Teknik Pengelasan Sumber Belajar Penunjang PLPG*, Jakarta: Kemendiknas.
2. Riswan DJ, (2016). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, Yogyakarta: Deepublish.
3. Riswan DJ, (2023). *Multiple intelligence welding competency during the Covid-19 pandemic*. Cite as: AIP Conference Proceedings 2671, 020009 (2023); <https://doi.org/10.1063/5.0118128>

PROFIL PENELAAH

Riwayat Pekerjaan/ Profesi dalam 10 tahun terakhir

1. 2014-sekarang : Dosen di Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung
2. 2018-sekarang: Koordinator program kelas internasional Teknik Mesin di Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung
3. 2022-sekarang : Tim Penelaah Penerbitan Jurnal Sains Keolahragaan dan Kesehatan (JSKK) Sekolah Farmasi ITB
4. 2023-sekarang : Manager di ITB de Labo, Nakayama Iron Works, Ltd.
5. 2022: Pemateri dalam *Data Application and Machine Learning Training with R Language for Engineering Applications*
6. 2022: Tenaga ahli di PT. Badak LNG dalam kegiatan analisis kegagalan baut pada kompresor
7. 2021-2022 : Associate Manager di ITB de Labo, Nakayama Iron Works, Ltd.
8. 2020: Tenaga ahli di PT. Komatsu, Ltd dalam pekerjaan *Planetary Gear Remaining Life Estimate*–Komatsu Jepang
9. 2019: Narasumber Kegiatan Litbang Internet of Things (IOT) COR Balai Besar Logam dan Mesin
10. 2019: Tim dalam Pengembangan Bogie untuk Kereta Light Trail Transit (LRT) dan Tram PT. INKA
11. 2018-2019: Tim inti dalam Kerjasama Industry-University Link: Conceptual Framework for Industry 4.0 Implementation in Indonesia's Manufacturing Industry Case Study: PT. INKA Madiun
12. 2018: Pemateri dalam Program Pendidikan dan Pelatihan untuk Pengembangan Kompetensi SDM dalam Bidang Rekayasa Manufaktur Kereta Api antara PT. Industri Kereta Api (Persero) dan FTMD ITB

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

- S1: Institut Teknologi Bandung, Teknik Mesin, Lulus Tahun 2011
- S2: Institut Teknologi Bandung, Teknik Mesin, Lulus Tahun 2012
- S3: Tokyo Institute of Technology, *Department of System and Control Engineering*, Lulus Tahun 2023



Dr.Eng. Ir.
FERRYANTO,
S.T., M.T.

Email

f.ferryanto@itb.ac.id

Instansi

Kelompok keahlian Perancangan Mesin
Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara
Institut Teknologi Bandung

Alamat Instansi

Jalan Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

Bidang Keahlian

Perancangan Mesin,
Mekanika Kekuatan Material,
Kinematika dan Dinamika,
Biomekanika,
Sport engineering

PROFIL ILUSTRATOR

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 tahun terakhir)

1. 2018 – 2022 : Staff Multimedia Sekolah Bogor Raya
2. 2016 – 2018 : Visual Art Officer Lippo Plaza Bogor
3. 2013 – sekarang : Freelancer Pusat Kurikulum dan Perbukuan

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

S1: Desain Komunikasi Visual (DKV), TriSakti Jakarta (2011)

Pengalaman Mengilustrasi Buku

1. Buku Guru dan Siswa PJOK kelas 9 Kemendikbud
2. Buku Guru dan Siswa Agama Buddha kelas 2 Kemendikbud
3. Buku Guru dan Siswa Agama Hindu kelas 10 Kemendikbud
4. Buku Suplemen Kelas 4 SD Kemendikbud
5. Buku Guru Prakarya SMP Kelas 7 Kemendikbud



Kevin
Richard Budiman

Email

kevinramone@rocketmail.com

Instansi

Sekolah Bogor Raya

Bidang Keahlian

Ilustrasi

PROFIL EDITOR



Nazarudin, M. A.

Email

nazarudin.hum@ui.ac.id

Instansi

Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya
Universitas Indonesia (FIB UI)

Alamat Instansi

Jalan Kampus UI, Depok

Bidang Keahlian

Linguistik

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 tahun terakhir)

1. Dosen Tetap di Program Studi Indonesia FIB UI
2. Dosen Luar Biasa di Universitas Prasetya Mulya
3. Editor untuk Jurnal Linguistik Indonesia

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

S1: Universitas Indonesia (2001-2005)

S2: Inha University, Incheon, Korea Selatan (2007-2010)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

1. Soewarsono, Leolita Masnun, dan Nazarudin. 2013. Revitalisasi budaya & bahasa Oirata di Pulau Kisar, Maluku Barat Daya, Maluku. Jakarta : PMB-LIPI Pusat Penelitian Kemasyarakatan dan Kebudayaan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia ; PT. Gading Inti Prima
2. Leolita Masnun, Nazarudin, dan Soewarsono. 2014. Strategi pengembangan dan perlindungan kebahasaan dan kebudayaan : revitalisasi budaya dan bahasa Oirata berbasis masyarakat. Jakarta : PMB-LIPI Pusat Penelitian Kemasyarakatan dan Kebudayaan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia ; PT. Gading Inti Prima
3. Nazarudin, & A van Engelenhoven, A. T. P. G. (2021). On Language, Education, Politics, and Identity: A Cross-Linguistics Perspective. Nova Science Publishers, Inc.

PROFIL DESAINER

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 tahun terakhir)

Pekerja Lepas:

- Musik: *Sound Designer, Composer & Arranger* (2010 - Sekarang)
- *Web Designer* (2012 - 2018)
- *Desainer Grafis* (2012 - Sekarang)
- *Fotografer* (2015 - Sekarang)

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar

SD Negeri Ciracas 05 Jakarta-Timur (1989 – 1995)

SMP Negeri 208 Jakarta (1995 – 1998)

SMU Negeri 58 Jakarta (1998 – 2001)

D3 Universitas Negeri Jakarta
Teknik Elektro-Elektronika, Instrumentasi dan Kendali,
(2001-2004)

Portfolio:

[youtube.com/@LutviBinsimin](https://www.youtube.com/@LutviBinsimin)



Mohamad Lutvi

Email

lulutvi28@gmail.com

Instansi

Praktisi

Alamat Instansi

Jakarta

Bidang Keahlian

Desain Grafis, Multimedia