



GURU PEMBELAJAR

MODUL PELATIHAN GURU

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

KELOMPOK
KOMPETENSI

B

Profesional :
**PENGELASAN PELAT DAN PIPA MENGGUNAKAN
PROSES LAS OKSI-ASETILEN (OAW)**

Pedagogik :
PENDEKATAN SAINTIFIK

DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
2016

Penulis:

1. Ahmad Nurdin, M.Pd., 081328390958, email: madnurdin88@gmail.com
2. Asep Hadian Sasmita, M.Pd., 08212004949, email: ah-nita@yahoo.com
3. Dr. Sulipan, M.Pd., 085222339999, email: sulipan@yahoo.com
4. Anita Widiawati, M.Pd., 081221888370, email: anitawied@yahoo.co.id

Penelaah:

1. Drs. H. Sabri, 08122125657, email: sabri_zen@yahoo.co.id
2. Dra. Hj. Betty Windarsiharly, M.Ak., 0811247580, email: bettywind@yahoo.com
3. Drs. Miral Akbar, 08132543504, email: akbarmiral@yahoo.com
4. Dra. Kusmarini, M.Pd., 08112290061, email: k_rien61@yahoo.com

Copyright @ 2016

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan
Bidang Mesin dan Teknik Industri Bandung,
Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengcopy sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersil tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan



KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar (GP) merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogik dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program guru pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, daring (online), dan campuran (blended) tatap muka dengan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut adalah modul untuk program Guru Pembelajar (GP) tatap muka dan GP online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program GP memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program GP ini untuk mewujudkan Guru Mulia karena Karya.

Jakarta, Februari 2016
Direktur Jenderal
Guru dan Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP. 19590801 198503 2 001



KATA PENGANTAR

Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen mengamanatkan adanya pembinaan dan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan sebagai aktualisasi dari profesi pendidik. Program Guru Pembelajar dilaksanakan bagi semua guru, baik yang sudah bersertifikasi maupun belum bersertifikasi. Untuk melaksanakan Program Guru Pembelajar bagi guru, pemetaan kompetensi telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) bagi semua guru di Indonesia. Dengan melihat hasil UKG dapat diketahui secara objektif kondisi guru saat ini, dan data tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan kompetensi guru tersebut.

Modul ini disusun sebagai materi utama dalam program peningkatan kompetensi guru mulai tahun 2016 yang diberi nama program Guru Pembelajar. Program ini disesuaikan dengan mata pelajaran/paket keahlian yang diampu oleh guru dan kelompok kompetensi yang diindikasikan perlu untuk ditingkatkan. Untuk setiap mata pelajaran/paket keahlian telah dikembangkan sepuluh modul kelompok kompetensi yang mengacu pada Standar Kompetensi Guru (SKG) dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang ada di dalamnya. Demikian pula soal-soal Uji Kompetensi Guru (UKG) telah terbagi atas 10 kelompok kompetensi. Sehingga program Guru Pembelajar yang ditujukan bagi guru berdasarkan hasil UKG diharapkan dapat menjawab kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensinya.

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

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

Cimahi, Februari 2016
Kepala PPPPTK BMTI,

Drs. Marthen Katte Patiung, M.M
NIP. 19590416 198603 1 000



DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
No table of figures entries found.	v
DAFTAR TABEL	vi
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	3
E. Cara Penggunaan Modul	3
KEGIATAN PEMBELAJARAN	4
A. Tujuan	4
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	4
C. Uraian Materi	4
Bahan Bacaan 1 :	4
1. Belajar dan Perilaku Belajar	5
2. Taksonomi Perilaku Individu-Bloom	5
3. Teori Konstruktivisme	13
4. Pendekatan Pembelajaran <i>Teacher Centered</i> Dan <i>Student Centered</i>	14
5. <i>Teacher Centered Learning</i> (TCL)	14
6. <i>Student Centered Learning</i> (SCL)	15
7. Penerapan SCL pada Pembelajaran	16
8. Perlunya Memiliki <i>High Order Thinking Skill</i>	16
Bahan Bacaan 2 :	18
1. Pengertian Pendekatan Saintifik	18
2. Langkah-langkah Pendekatan Pembelajaran Saintifik	18
3. Peran Guru Dengan Pendekatan Saintifik	22

4. Bentuk Keterlibatan Peserta Didik Dalam Observasi	22
5. Kriteria Pertanyaan Yang Baik.....	23
6. Contoh Perancangan Pembelajaran Saintifik.....	24
Bahan Bacaan 3 :	26
1. Pendekatan, Strategi dan Metode Pembelajaran.....	26
2. Strategi/Model Pembelajaran	31
3. Model Pembelajaran Penyingkapan (Penemuan dan pencarian/ penelitian).....	32
4. Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL).....	33
5. Model pembelajaran Project Based Learning (PjBL).....	34
D. Aktivitas Pembelajaran.....	35
Aktivitas Pengantar.....	35
Aktivitas 1 : Perancangan Kegiatan Pembelajaran Saintifik	35
Aktivitas 2 : Lembar Kerja Pembelajaran Saintifik Pada Mata Pelajaran PK	36
Aktivitas 3 : Perancangan Model Pembelajaran.....	37
Aktivitas 4 Mengamati Matrik Perancah.....	39
E. Latihan/Kasus/Tugas	42
F. Rangkuman.....	43
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	45
F. Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas.....	45
Evaluasi.....	47
KUNCI JAWABAN	51
Penutup	52
Daftar Pustaka	53
Glosarium.....	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta Kompetensi Pedagogi.....	2
Gambar 2 Hierarki Model Pembelajaran.....	30



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Keterkaitan antara Langkah Pembelajaran dengan Kegiatan Belajar dan Hasilnya.....	20
Tabel 2 Penentuan Model Pembelajaran Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan Bubut; Kelas XI.....	25
Tabel 3 Lembar Kerja Analisis Keterkaitan Domain antara SKL, KI, dan KD untuk Mapel	35
Tabel 4 Lembar Kerja Perancangan Kegiatan Pembelajaran.....	36
Tabel 5 Lembar Kerja Pembelajaran Saintifik pada Mata Pelajaran PK	36
Tabel 6 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (<i>Model Discovery Learning</i>)	37
Tabel 7 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (<i>Model Inquiry Learning</i>).....	38
Tabel 8 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (<i>Model Problem Based Learning</i>)	38
Tabel 9 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (Model Project	39
Tabel 10 Contoh Matrik Perancah Pemaduan Pendekatan Saintifik dan	40



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Guru Pembelajar harus mampu secara terus menerus memelihara, meningkatkan, dan mengembangkan kompetensi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pelaksanaan kegiatan guru pembelajar akan mengurangi kesenjangan antara kompetensi yang dimiliki guru dan tenaga kependidikan dengan tuntutan profesional yang dipersyaratkan. Guru dan tenaga kependidikan wajib mengembangkan kemampuan baik secara mandiri maupun kelompok.

Diklat dilakukan oleh lembaga pelatihan sesuai dengan jenis kegiatan dan kebutuhan guru, yaitu PPPPTK dan LPPPTK KPTK atau penyedia layanan diklat lainnya. Pelaksanaan diklat tersebut memerlukan modul sebagai salah satu sumber belajar bagi peserta diklat. Modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta diklat berisimateri, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang disajikan secara sistematis dan menarik untuk mencapai tingkatan kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.

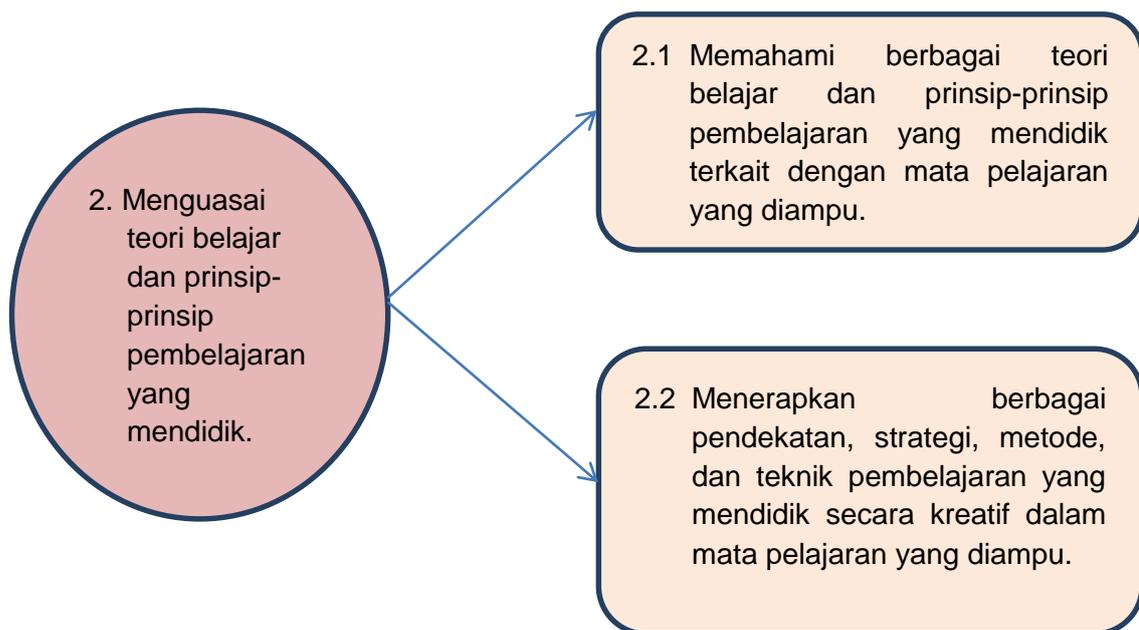
Untuk mempersiapkan diklat bagi guru-guru diperlukan adanya modul yang tepat sesuai dengan tuntutan dari Permendiknas nomor 16 tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru. Dari permendiknas tersebut, standar kompetensi guru yang dikembangkan dari kompetensi pedagogik memuat sepuluh kompetensi inti guru yang diantaranya memuat tentang penguasaan konsep konsep pendekatan saintifik.

B. Tujuan

Tujuan penyusunan modul ini adalah agar peserta diklat guru pembelajar dapat menguasai konsep pendekatan saintifik melalui kegiatan tanya jawab, pengamatan, diskusi, dan simulasi atau praktik dengan teliti dan percaya diri.

C. Peta Kompetensi

Pada Gambar 1 berikut dicantumkan daftar kompetensi pedagogi dan daftar kompetensi profesional sesuai dengan Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru yang akan ditingkatkan melalui proses belajar dengan menggunakan modul ini.



Gambar 1 Peta Kompetensi Pedagogi

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari modul ini berisikan materi tentang:

1. Pendekatan pembelajaran *teacher center* dan *student center*.
2. Pendekatan pembelajaran Saintifik.
3. Strategi/model pembelajaran (*Problem based learning*, *Project based learning*, *Discovery learning* dan *Inquiry learning*).
4. Metoda dan teknik pembelajaran.

E. Cara Penggunaan Modul

Untuk mempelajari modul ini, hal-hal yang perlu peserta diklat lakukan adalah sebagai berikut:

1. Baca dan pelajari semua materi yang disajikan dalam modul ini,
2. Kerjakan soal-soal latihan/kasus/tugas dan cocokkan jawabannya dengan Kunci Jawaban yang ada.
3. Jika ada bagian yang belum dipahami, diskusikanlah dengan rekan belajar Anda. Jika masih menemui kesulitan, mintalah petunjuk instruktur/widyaiswara.
4. Untuk mengukur tingkat penguasaan materi kerjakan soal-soal Evaluasi di akhir bab dalam modul ini.



KEGIATAN PEMBELAJARAN

PENDEKATAN SAINTIFIK

A. Tujuan

Guru mampu menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Pendekatan pembelajaran *teacher center* dan *student center* dianalisis dengan tepat.
2. Pendekatan pembelajaran saintifik diterapkan sesuai dengan karakteristik materi yang akan diajarkan.
3. Berbagai strategi/model pembelajaran (*Problem Based Learning, Project Based Learning, Discovery Learning* dan *Inquiry Learning*) diterapkan sesuai dengan karakteristik materi pelajaran.
4. Berbagai metoda dan teknik pembelajaran diterapkan sesuai dengan tujuan pembelajaran.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1 :

Pendekatan saintifik adalah sebuah pendekatan pembelajaran yang didasarkan atas pengalaman-pengalaman belajar yang diperoleh siswa secara sistematis dengan tahapan-tahapan tertentu berdasarkan teori ilmu pendidikan yang terbukti mampu menghasilkan siswa yang inovatif dan kreatif. Dengan demikian dapat diketahui bahwa basis dari pendekatan ilmiah ini adalah teori-teori belajar maupun teori pendidikan yang berdasarkan ilmu perilaku pendidikan. Oleh karena itu perlu dipahami lebih dahulu teori belajar dan kependidikan yang mendasari pendekatan saintifik tersebut.

1. Belajar dan Perilaku Belajar

Belajar merupakan aktifitas psikologis maupun fisik, untuk menguasai suatu kemampuan tertentu. Aktivitas belajar merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dan berperan penting dalam pembentukan pribadi dan perilaku individu. Nana Syaodih Sukmadinata (2005) menyebutkan bahwa sebagian terbesar perkembangan individu berlangsung melalui kegiatan belajar. Di bawah ini disajikan beberapa pengertian “belajar”:

- Gage & Berliner : “belajar adalah suatu proses perubahan perilaku yang yang muncul karena pengalaman”.
- Witherington (1952) : “belajar merupakan perubahan dalam kepribadian yang dimanifestasikan sebagai pola-pola respons yang baru berbentuk keterampilan, sikap, kebiasaan, pengetahuan dan kecakapan”.
- Crow & Crow dan (1958) : “ belajar adalah diperolehnya kebiasaan-kebiasaan, pengetahuan dan sikap baru”.
- Hilgard (1962) : “belajar adalah proses dimana suatu perilaku muncul perilaku muncul atau berubah karena adanya respons terhadap sesuatu situasi”
- Di Vesta dan Thompson (1970) : “ belajar adalah perubahan perilaku yang relatif menetap sebagai hasil dari pengalaman”.
- Moh. Surya (1997) : “belajar dapat diartikan sebagai suatu proses yang dilakukan oleh individu untuk memperoleh perubahan perilaku baru secara keseluruhan, sebagai hasil dari pengalaman individu itu sendiri dalam berinteraksi dengan lingkungannya”.

2. Taksonomi Perilaku Individu-Bloom

Kalau perilaku individu mencakup segala pernyataan hidup, betapa banyak kata yang harus dipergunakan untuk mendeskripsikannya. Untuk keperluan studi tentang perilaku kiranya perlu ada sistematika pengelompokan berdasarkan kerangka berfikir tertentu (taksonomi). Dalam konteks pendidikan, Bloom mengungkapkan tiga kawasan (*domain*) perilaku individu beserta sub kawasan dari masing-masing kawasan, yakni : (1) kawasan kognitif; (2) kawasan afektif; dan (3) kawasan psikomotor. Taksonomi perilaku di atas menjadi rujukan

penting dalam proses pendidikan, terutama kaitannya dengan usaha dan hasil pendidikan. Segenap usaha pendidikan seyogyanya diarahkan untuk terjadinya perubahan perilaku peserta didik secara menyeluruh, dengan mencakup semua kawasan perilaku. Dengan merujuk pada tulisan Gulo (2005), di bawah ini akan diuraikan ketiga kawasan tersebut beserta sub-kawasannya.

a. Kawasan Kognitif

Kawasan kognitif yaitu kawasan yang berkaitan aspek-aspek intelektual atau berfikir/nalar terdiri dari :

1) Pengetahuan (*knowledge*)

Pengetahuan merupakan aspek kognitif yang paling rendah tetapi paling mendasar. Dengan pengetahuan individu dapat mengenal dan mengingat kembali suatu objek, ide prosedur, konsep, definisi, nama, peristiwa, tahun, daftar, rumus, teori, atau kesimpulan.

Dilihat dari objek yang diketahui (isi) pengetahuan dapat digolongkan sebagai berikut :

a) Mengetahui sesuatu secara khusus :

- Mengetahui terminologi yaitu berhubungan dengan mengenal atau mengingat kembali istilah atau konsep tertentu yang dinyatakan dalam bentuk simbol, baik berbentuk verbal maupun non verbal.
- Mengetahui fakta tertentu yaitu mengenal atau mengingat kembali tanggal, peristiwa, orang tempat, sumber informasi, kejadian masa lalu, kebudayaan masyarakat tertentu, dan ciri-ciri yang tampak dari keadaan alam tertentu.

b) Mengetahui tentang cara untuk memproses atau melakukan sesuatu :

- Mengetahui kebiasaan atau cara mengetengahkan ide atau pengalaman
- Mengetahui urutan dan kecenderungan yaitu proses, arah dan gerakan suatu gejala atau fenomena pada waktu yang berkaitan.
- Mengetahui penggolongan atau pengkategorisasian. Mengetahui kelas, kelompok, perangkat atau susunan yang digunakan di dalam bidang tertentu, atau memproses sesuatu.

- Mengetahui kriteria yang digunakan untuk mengidentifikasi fakta, prinsip, pendapat atau perlakuan.
- Mengetahui metodologi, yaitu perangkat cara yang digunakan untuk mencari, menemukan atau menyelesaikan masalah.
- Mengetahui hal-hal yang universal dan abstrak dalam bidang tertentu, yaitu ide, bagan dan pola yang digunakan untuk mengorganisasi suatu fenomena atau pikiran.
- Mengetahui prinsip dan generalisasi
- Mengetahui teori dan struktur.

2) Pemahaman (*comprehension*)

Pemahaman atau dapat juga disebut dengan istilah mengerti merupakan kegiatan mental intelektual yang mengorganisasikan materi yang telah diketahui. Temuan-temuan yang didapat dari mengetahui seperti definisi, informasi, peristiwa, fakta disusun kembali dalam struktur kognitif yang ada. Temuan-temuan ini diakomodasikan dan kemudian berasimilasi dengan struktur kognitif yang ada, sehingga membentuk struktur kognitif baru. Tingkatan dalam pemahaman ini meliputi :

- *Translasi* yaitu mengubah simbol tertentu menjadi simbol lain tanpa perubahan makna. Misalkan simbol dalam bentuk kata-kata diubah menjadi gambar, bagan atau grafik;
- *Interpretasi* yaitu menjelaskan makna yang terdapat dalam simbol, baik dalam bentuk simbol verbal maupun non verbal. Seseorang dapat dikatakan telah dapat menginterpretasikan tentang suatu konsep atau prinsip tertentu jika dia telah mampu membedakan, membandingkan atau mempertentangkannya dengan sesuatu yang lain. Contoh seseorang dapat dikatakan telah mengerti konsep tentang “motivasi kerja” dan dia telah dapat membedakannya dengan konsep tentang “motivasi belajar”; dan
- *Ekstrapolasi* yaitu melihat kecenderungan, arah atau kelanjutan dari suatu temuan. Misalnya, kepada siswa dihadapkan rangkaian bilangan 2, 3, 5, 7, 11, dengan kemampuan ekstrapolasinya tentu dia akan mengatakan bilangan ke-6 adalah 13 dan ke-7 adalah 19.

Untuk bisa seperti itu, terlebih dahulu dicari prinsip apa yang bekerja diantara kelima bilangan itu. Jika ditemukan bahwa kelima bilangan tersebut adalah urutan bilangan prima, maka kelanjutannya dapat dinyatakan berdasarkan prinsip tersebut.

3) Penerapan (*application*)

Menggunakan pengetahuan untuk memecahkan masalah atau menerapkan pengetahuan dalam kehidupan sehari-hari. Seseorang dikatakan menguasai kemampuan ini jika ia dapat memberi contoh, menggunakan, mengklasifikasikan, memanfaatkan, menyelesaikan dan mengidentifikasi hal-hal yang sama. Contoh, dulu ketika pertama kali diperkenalkan kereta api kepada petani di Amerika, mereka berusaha untuk memberi nama yang cocok bagi alat angkut tersebut. Satu-satunya alat transportasi yang sudah dikenal pada waktu itu adalah kuda. Bagi mereka, ingat kuda ingat transportasi. Dengan pemahaman demikian, maka mereka memberi nama pada kereta api tersebut dengan iron horse (kuda besi). Hal ini menunjukkan bagaimana mereka menerapkan konsep terhadap sebuah temuan baru.

4) Penguraian (*analysis*)

Menentukan bagian-bagian dari suatu masalah dan menunjukkan hubungan antar-bagian tersebut, melihat penyebab-penyebab dari suatu peristiwa atau memberi argumen-argumen yang menyokong suatu pernyataan.

Secara rinci Bloom mengemukakan tiga jenis kemampuan analisis, yaitu :

a) Menganalisis unsur :

- Kemampuan melihat asumsi-asumsi yang tidak dinyatakan secara eksplisit pada suatu pernyataan
- Kemampuan untuk membedakan fakta dengan hipotesa.
- Kemampuan untuk membedakan pernyataan faktual dengan pernyataan normatif.
- Kemampuan untuk mengidentifikasi motif-motif dan membedakan mekanisme perilaku antara individu dan kelompok.

- Kemampuan untuk memisahkan kesimpulan dari pernyataan-pernyataan yang mendukungnya.
- b) Menganalisis hubungan
- Kemampuan untuk melihat secara komprehensif interrelasi antar ide dengan ide.
 - Kemampuan untuk mengenal unsur-unsur khusus yang membenarkan suatu pernyataan.
 - Kemampuan untuk mengenal fakta atau asumsi yang esensial yang mendasari suatu pendapat atau tesis atau argumen-argumen yang mendukungnya.
 - Kemampuan untuk memastikan konsistensinya hipotesis dengan informasi atau asumsi yang ada.
 - Kemampuan untuk menganalisis hubungan di antara pernyataan dan argumen guna membedakan mana pernyataan yang relevan mana yang tidak.
 - Kemampuan untuk mendeteksi hal-hal yang tidak logis di dalam suatu argumen.
 - Kemampuan untuk mengenal hubungan kausal dan unsur-unsur yang penting dan yang tidak penting di dalam perhitungan historis.
- c) Menganalisis prinsip-prinsip organisasi
- Kemampuan untuk menguraikan antara bahan dan alat
 - Kemampuan untuk mengenal bentuk dan pola karya seni dalam rangka memahami maknanya.
 - Kemampuan untuk mengetahui maksud dari pengarang suatu karya tulis, sudut pandang atau ciri berfikirnya dan perasaan yang dapat diperoleh dalam karyanya.
 - Kemampuan untuk melihat teknik yang digunakan dalam menyusun suatu materi yang bersifat persuasif seperti advertensi dan propaganda.

5) Memadukan (*synthesis*)

Menggabungkan, meramu, atau merangkai berbagai informasi menjadi satu kesimpulan atau menjadi suatu hal yang baru. Kemampuan berfikir induktif dan konvergen merupakan ciri kemampuan ini. Contoh: memilih nada dan irama dan kemudian menggabungkannya sehingga menjadi gubahan musik yang baru, memberi nama yang sesuai bagi suatu temuan baru, menciptakan logo organisasi.

6) Penilaian (*evaluation*)

Mempertimbangkan, menilai dan mengambil keputusan benar-salah, baik-buruk, atau bermanfaat – tak bermanfaat berdasarkan kriteria-kriteria tertentu baik kualitatif maupun kuantitatif. Terdapat dua kriteria pembenaran yang digunakan, yaitu :

- Pembeneran berdasarkan kriteria internal; yang dilakukan dengan memperhatikan konsistensi atau kecermatan susunan secara logis unsur-unsur yang ada di dalam objek yang diamati.
- Pembeneran berdasarkan kriteria eksternal; yang dilakukan berdasarkan kriteria-kriteria yang bersumber di luar objek yang diamati., misalnya kesesuaiannya dengan aspirasi umum atau kecocokannya dengan kebutuhan pemakai.

b. Kawasan Afektif

Kawasan afektif yaitu kawasan yang berkaitan aspek-aspek emosional, seperti perasaan, minat, sikap, kepatuhan terhadap moral dan sebagainya, terdiri dari :

1) Penerimaan (*receiving/attending*)

Kawasan penerimaan diperinci ke dalam tiga tahap, yaitu :

- Kesiapan untuk menerima (*awareness*), yaitu adanya kesiapan untuk berinteraksi dengan stimulus (fenomena atau objek yang akan dipelajari), yang ditandai dengan kehadiran dan usaha untuk memberi perhatian pada stimulus yang bersangkutan.
- Kemauan untuk menerima (*willingness to receive*), yaitu usaha untuk mengalokasikan perhatian pada stimulus yang bersangkutan.

- Mengkhususkan perhatian (*controlled or selected attention*). Mungkin perhatian itu hanya tertuju pada warna, suara atau kata-kata tertentu saja.

2) Sambutan (*responding*)

Mengadakan aksi terhadap stimulus, yang meliputi proses sebagai berikut :

- Kesiapan menanggapi (*acquiescence of responding*). Contoh : mengajukan pertanyaan, menempelkan gambar dari tokoh yang disenangi pada tembok kamar yang bersangkutan, atau mentaati peraturan lalu lintas.
- Kemauan menanggapi (*willingness to respond*), yaitu usaha untuk melihat hal-hal khusus di dalam bagian yang diperhatikan. Misalnya pada desain atau warna saja.
- Kepuasan menanggapi (*satisfaction in response*), yaitu adanya aksi atau kegiatan yang berhubungan dengan usaha untuk memuaskan keinginan mengetahui. Contoh kegiatan yang tampak dari kepuasan menanggapi ini adalah bertanya, membuat coretan atau gambar, memotret dari objek yang menjadi pusat perhatiannya, dan sebagainya.

3) Penilaian (*valuing*)

Pada tahap ini sudah mulai timbul proses internalisasi untuk memiliki dan menghayati nilai dari stimulus yang dihadapi. Penilaian terbagi atas empat tahap sebagai berikut :

- Menerima nilai (*acceptance of value*), yaitu kelanjutan dari usaha memuaskan diri untuk menanggapi secara lebih intensif.
- Menyeleksi nilai yang lebih disenangi (*preference for a value*) yang dinyatakan dalam usaha untuk mencari contoh yang dapat memuaskan perilaku menikmati, misalnya lukisan yang memiliki yang memuaskan.
- Komitmen yaitu kesetujuan terhadap suatu nilai dengan alasan-alasan tertentu yang muncul dari rangkaian pengalaman.

- Komitmen ini dinyatakan dengan rasa senang, kagum, terpesona. Kagum atas keberanian seseorang, menunjukkan komitmen terhadap nilai keberanian yang dihargainya.

4) Pengorganisasian (*organization*)

Pada tahap ini yang bersangkutan tidak hanya menginternalisasi satu nilai tertentu seperti pada tahap komitmen, tetapi mulai melihat beberapa nilai yang relevan untuk disusun menjadi satu sistem nilai.

Proses ini terjadi dalam dua tahapan, yakni :

- Konseptualisasi nilai, yaitu keinginan untuk menilai hasil karya orang lain, atau menemukan asumsi-asumsi yang mendasari suatu moral atau kebiasaan.
- Pengorganisasian sistem nilai, yaitu menyusun perangkat nilai dalam suatu sistem berdasarkan tingkat preferensinya. Dalam sistem nilai ini yang bersangkutan menempatkan nilai yang paling disukai pada tingkat yang amat penting, menyusul kemudian nilai yang dirasakan agak penting, dan seterusnya menurut urutan kepentingan. atau kesenangan dari diri yang bersangkutan.

5) Karakterisasi (*characterization*)

Karakterisasi yaitu kemampuan untuk menghayati atau mempribadikan sistem nilai. Kalau pada tahap pengorganisasian di atas sistem nilai sudah dapat disusun, maka susunan itu belum konsisten di dalam diri yang bersangkutan. Artinya mudah berubah-ubah sesuai situasi yang dihadapi. Pada tahap karakterisasi, sistem itu selalu konsisten. Proses ini terdiri atas dua tahap, yaitu :

- Generalisasi, yaitu kemampuan untuk melihat suatu masalah dari suatu sudut pandang tertentu.
- Karakterisasi, yaitu mengembangkan pandangan hidup tertentu yang memberi corak tersendiri pada kepribadian diri yang bersangkutan.

c. Kawasan Psikomotor

Kawasan psikomotor yaitu kawasan yang berkaitan dengan aspek-aspek keterampilan yang melibatkan fungsi sistem syaraf dan otot

(*neuronmuscular system*) dan fungsi psikis. Kawasan ini terdiri dari : (a) kesiapan (*set*); (b) peniruan (*imitation*); (c) membiasakan (*habitual*); (d) menyesuaikan (*adaptation*) dan (e) menciptakan (*origination*).

- Kesiapan yaitu berhubungan dengan kesediaan untuk melatih diri tentang keterampilan tertentu yang dinyatakan dengan usaha untuk melaporkan kehadirannya, mempersiapkan alat, menyesuaikan diri dengan situasi, menjawab pertanyaan.
- Meniru adalah kemampuan untuk melakukan sesuai dengan contoh yang diamatinya walaupun belum mengerti hakikat atau makna dari keterampilan itu. Seperti anak yang baru belajar bahasa meniru kata-kata orang tanpa mengerti artinya.
- Membiasakan yaitu seseorang dapat melakukan suatu keterampilan tanpa harus melihat contoh, sekalipun ia belum dapat mengubah polanya.
- Adaptasi yaitu seseorang sudah mampu melakukan modifikasi untuk disesuaikan dengan kebutuhan atau situasi tempat keterampilan itu dilaksanakan.
- Menciptakan (*origination*) di mana seseorang sudah mampu menciptakan sendiri suatu karya.

3. Teori Konstruktivisme

Pendekatan saintifik penekanannya pada aktifitas siswa untuk membentuk konstruk berpikir, konstruk sikap maupun konstruk perbuatan. Untuk itu perlu dipahami tentang teori konstruktivisme.

Teori konstruktivisme didasari oleh ide-ide Piaget, Bruner, Vygotsky dan lain-lain. Piaget berpendapat bahwa pada dasarnya setiap individu sejak kecil sudah memiliki kemampuan untuk mengkonstruksi pengetahuannya sendiri. Pengetahuan yang dikonstruksi oleh anak sebagai subjek, maka akan menjadi pengetahuan yang bermakna; sedangkan pengetahuan yang hanya diperoleh melalui proses pemberitahuan tidak akan menjadi pengetahuan yang bermakna, pengetahuan tersebut hanya untuk diingat sementara setelah itu dilupakan. Dalam kelas konstruktivis seorang guru tidak mengajarkan kepada anak

bagaimana menyelesaikan persoalan, namun mempresentasikan masalah dan mendorong siswa untuk menemukan cara mereka sendiri dalam menyelesaikan permasalahan. Hal ini berarti siswa mengkonstruksi pengetahuannya melalui interaksi dengan objek, fenomena, pengalaman dan lingkungan mereka.

4. Pendekatan Pembelajaran *Teacher Centered* Dan *Student Centered*

Pendekatan saintifik mengacu pada pembelajaran berpusat pada siswa. Namun bukan berarti *teacher centered* itu hal yang kurang baik, tapi hanya porsi yang dikurangi sehingga yang aktif adalah siswa.

Perbedaan mendasar antara *student centered learning* dengan *teacher centered learning* terlihat jelas pada orientasinya. Orientasi strategi *student centered learning* lebih menekankan pada terjadinya kegiatan belajar oleh siswa, atau berorientasi pada pembelajaran (*learning oriented*), sedangkan strategi *teacher centered learning* lebih berorientasi pada konten (*content oriented*). Dengan kata lain, pada *student centered learning*, mengajar tidak lagi difahami sebagai proses untuk mentransfer informasi, akan tetapi sebagai wahana untuk memfasilitasi terjadinya pembelajaran. Paradigma pembelajaran (SCL), guru hanya sebagai fasilitator dan motivator dengan menyediakan beberapa strategi belajar yang memungkinkan siswa (bersama guru) memilih, menemukan dan menyusun pengetahuan serta cara mengembangkan ketrampilannya (*method of inquiry and discovery*). Pada SCL, ilmu pengetahuan tidak lagi dianggap statik tetapi dinamis dimana peserta didik secara aktif mengembangkan ketrampilan dan pengetahuannya artinya siswa secara aktif menerima pengetahuan tidak lagi pasif. Dengan demikian sangat mungkin nantinya siswa didik menjadi lebih pintar dari gurunya (tidak seperti film silat jaman dahulu dimana murid selalu kalah dari gurunya) apabila sang guru tidak aktif mengembangkan pengetahuannya.

5. *Teacher Centered Learning* (TCL)

Menurut Smith dalam Sanjaya yang dikutip ulang oleh Parwati bahwa *Teacher Centered Teaching* (TCL) adalah suatu pendekatan belajar yang berdasar pada

pandangan bahwa mengajar adalah menanamkan pengetahuan dan keterampilan. Selanjutnya Parwati menegaskan Cara pandang ini memiliki beberapa ciri sebagai berikut:

- a. Memakai pendekatan berpusat pada guru, yakni gurulah yang harus menjadi pusat dalam pembelajaran.
- b. Siswa ditempatkan sebagai objek belajar. Siswa dianggap sebagai organisme yang pasif, sebagai penerima informasi yang diberikan guru.
- c. Kegiatan pembelajaran terjadi pada tempat dan waktu tertentu. Siswa hanya belajar manakala ada kelas yang telah didesain sedemikian rupa sebagai tempat belajar.

6. ***Student Centered Learning (SCL)***

Menurut Harsono, *Student Centered Learning* merupakan pendekatan dalam pembelajaran yang memfasilitasi pembelajar untuk terlibat dalam proses *Experiential Learning* (pengalaman belajar). Model pembelajaran *SCL* pada saat ini diusulkan menjadi model pembelajaran yang sebaiknya digunakan karena memiliki beberapa keunggulan:

- a. Peserta didik dapat merasakan bahwa pembelajaran menjadi miliknya sendiri, karena diberi kesempatan yang luas untuk berpartisipasi.
- b. Peserta didik memiliki motivasi yang kuat untuk mengikuti kegiatan pembelajaran.
- c. Tumbuhnya suasana demokratis dalam pembelajaran, sehingga terjadi dialog dan diskusi untuk saling belajar membelajarkan di antara siswa.
- d. Menambah wawasan pikiran dan pengetahuan bagi guru karena sesuatu yang dialami dan disampaikan belum diketahui sebelumnya oleh guru.

Keunggulan-keunggulan yang dimiliki model pembelajaran *SCL* tersebut akan mampu mendukung upaya ke arah pembelajaran yang efektif dan efisien. Pada sistem pembelajaran *SCL* siswa dituntut aktif mengerjakan tugas dan mendiskusikannya dengan guru sebagai fasilitator. Dengan aktifnya siswa, maka kreatifitas siswa akan terpupuk. Kondisi tersebut akan mendorong guru

untuk selalu mengembangkan dan menyesuaikan materi pembelajarannya dengan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK). Dengan demikian guru bukan lagi sebagai sumber belajar utama, melainkan sebagai “mitra belajar”.

7. Penerapan SCL pada Pembelajaran

Penerapan *SCL* dapat diartikan sebagai kegiatan yang terprogram dalam desain *FEE* (*Facilitating, Empowering, Enabling*), untuk siswa belajar secara aktif yang menekankan pada sumber belajar. Dengan demikian, pembelajaran merupakan proses pengembangan kreativitas berpikir yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir siswa, serta dapat meningkatkan dan mengkonstruksi pengetahuan baru sebagai upaya meningkatkan penguasaan dan pengembangan yang baik terhadap materi. *SCL* adalah pembelajaran yang berpusat pada aktivitas belajar siswa, bukan hanya pada aktivitas guru mengajar. Hal ini sesuai dengan model pembelajaran yang terprogram dalam desain *FEE*.

Situasi pembelajaran dalam *SCL* diantaranya memiliki ciri-ciri:

- a. Siswa belajar baik secara individu maupun berkelompok untuk membangun pengetahuan.
- b. Guru lebih berperan sebagai *FEE* dan *guides on the sides* daripada sebagai *mentor in the centered*.
- c. Siswa tidak sekedar kompeten dalam bidang ilmu, akan tetapi kompeten dalam belajar.
- d. Belajar menjadi kegiatan komunitas yang difasilitasi oleh guru, yang mampu mengelola pembelajarannya menjadi berorientasi pada siswa.
- e. Belajar lebih dimaknai sebagai belajar sepanjang hayat (*lifelong learning*), suatu keterampilan yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari.
- f. Belajar termasuk memanfaatkan teknologi yang tersedia.

8. Perlunya Memiliki *High Order Thinking Skill*

Berpikir adalah aktifitas mencurahkan daya pikir untuk maksud tertentu. Berpikir adalah identitas yang memisahkan status kemanusiaan manusia dengan lainnya. Karenanya sejauhmana manusia pantas disebut manusia dapat

dibedakan dengan sejauhmana pula ia menggunakan pikirannya. *Al-Insan huwa al-Hayawanun Nathiq*. Dalam dunia pendidikan berpikir merupakan bagian dari ranah kognitif, dimana dalam hirarki Bloom terdiri dari tingkatan-tingkatan. Bloom mengkategorikan ranah kognitif ke dalam enam tingkatan: (1) pengetahuan (*knowledge*); (2) pemahaman (*comprehension*); (3) penerapan (*application*); (4) menganalisis (*analysis*); (5) mensintesis (*synthesis*); dan (6) menilai (*evaluation*). Keenam tingkatan ini merupakan rangkaian tingkatan berpikir manusia. Berdasarkan tingkatan tersebut, maka dapat diketahui bahwa berpikir untuk mengetahui merupakan tingkatan berpikir yang paling bawah (*lower*) sedangkan tingkatan berpikir paling tertinggi (*higher*) adalah menilai.

Merujuk definisi dalam Wikipedia Indonesia, berpikir tingkat tinggi adalah: *a concept of Education reform based on learning taxonomies such as Bloom's Taxonomy. The idea is that some types of learning require more cognitive processing than others, but also have more generalized benefits. In Bloom's taxonomy, for example, skills involving analysis, evaluation and synthesis (creation of new knowledge) are thought to be of a higher order, requiring different learning and teaching methods, than the learning of facts and concepts. Higher order thinking involves the learning of complex judgmental skills such as critical thinking and problem solving. Higher order thinking is more difficult to learn or teach but also more valuable because such skills are more likely to be usable in novel situations (i.e., situations other than those in which the skill was learned).*

Dari definisi tersebut maka dapat diketahui bahwa berpikir tingkat tinggi membutuhkan berbagai langkah-langkah pembelajaran dan pengajaran yang berbeda dengan hanya sekedar mempelajari fakta dan konsep semata. Dalam berpikir tingkat tinggi meliputi aktivitas pembelajaran terhadap keterampilan dalam memutuskan hal-hal yang bersifat kompleks semisal berpikir kritis dan berpikir dalam memecahkan masalah. Meski memang berpikir tingkat tinggi sulit untuk dipelajari dan diajarkan, namun kegunaannya sudah tidak diragukan lagi.

Bahan Bacaan 2 :

1. Pengertian Pendekatan Saintifik

Proses pembelajaran merupakan suatu proses yang mengandung serangkaian kegiatan mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga penilaian. Pembelajaran adalah proses interaksi antar peserta didik dan antara peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar yang berlangsung secara edukatif, agar peserta didik dapat membangun sikap, pengetahuan dan keterampilannya untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Pembelajaran dengan pendekatan saintifik adalah pembelajaran yang terdiri atas kegiatan mengamati (untuk mengidentifikasi hal-hal yang ingin diketahui), merumuskan pertanyaan (dan merumuskan hipotesis), mencoba/mengumpulkan data (informasi) dengan berbagai teknik, mengasosiasi/ menganalisis/mengolah data (informasi) dan menarik kesimpulan serta mengkomunikasikan hasil yang terdiri dari kesimpulan untuk memperoleh pengetahuan, keterampilan dan sikap. Langkah-langkah tersebut dapat dilanjutkan dengan kegiatan mencipta.

Kurikulum 2013 mengembangkan sikap spiritual, sikap sosial, pengetahuan, dan keterampilan peserta didik. (Permendikbud Nomor 54/2013) Bagaimana Kurikulum 2013 memfasilitasi peserta didik memperoleh nilai-nilai, pengetahuan, dan keterampilan secara berimbang?, bagaimana proses pembelajaran dilaksanakan?

2. Langkah-langkah Pendekatan Pembelajaran Saintifik

Implementasi kurikulum 2013 menuntut penerapan pembelajaran berbasis kreatifitas. Pendekatan pembelajaran berbasis kreatifitas dapat dicapai melalui pendekatan pembelajaran saintifik (5M) secara konsisten. Proses pembelajaran yang mengacu pada pembelajaran berpendekatan saintifik, meliputi lima langkah sebagai berikut:

- a. **Mengamati**, yaitu kegiatan siswa untuk mengidentifikasi melalui indera penglihat (membaca, menyimak), pembau, pendengar, pengecap dan peraba pada waktu mengamati suatu objek dengan ataupun tanpa alat bantu alternatif. Kegiatan mengamati antara lain observasi lingkungan, mengamati gambar, video, tabel dan grafik data, menganalisis peta,

membaca berbagai informasi yang tersedia di media masa dan internet maupun sumber lain. Bentuk hasil belajar dari kegiatan mengamati adalah **siswa dapat mengidentifikasi masalah.**

- b. **Menanya**, yaitu kegiatan siswa untuk mengungkapkan apa yang ingin diketahuinya baik yang berkenaan dengan suatu **objek**, peristiwa, suatu proses tertentu. Dalam kegiatan menanya, siswa membuat pertanyaan secara individu atau kelompok tentang apa yang belum diketahuinya. Siswa dapat mengajukan pertanyaan kepada guru, nara sumber, siswa lainnya dan atau kepada diri sendiri dengan bimbingan guru hingga siswa dapat mandiri dan menjadi kebiasaan. Pertanyaan dapat diajukan secara lisan dan tulisan serta harus dapat membangkitkan motivasi siswa untuk tetap aktif dan gembira. Bentuknya dapat berupa kalimat pertanyaan dan kalimat hipotesis. Hasil belajar dari kegiatan menanya adalah **siswa dapat merumuskan masalah dan merumuskan hipotesis.**
- c. **Mengumpulkan data**, yaitu kegiatan siswa untuk mencari informasi sebagai bahan untuk dianalisis dan disimpulkan. Kegiatan mengumpulkan data dapat dilakukan dengan cara membaca buku, mengumpulkan data sekunder, observasi lapangan, uji coba (eksperimen), wawancara, menyebarkan kuesioner, dan lain-lain. Hasil belajar dari kegiatan mengumpulkan data adalah **siswa dapat menguji hipotesis.**
- d. **Mengasosiasi**, yaitu kegiatan siswa mengolah data dalam bentuk serangkaian aktivitas fisik dan pikiran dengan bantuan peralatan tertentu. Bentuk kegiatan mengolah data antara lain melakukan **klasifikasi**, pengurutan (*sorting*), menghitung, membagi, dan menyusun data dalam bentuk yang lebih informatif, serta menentukan sumber data sehingga lebih bermakna. Kegiatan siswa dalam mengolah data misalnya membuat tabel, grafik, bagan, peta konsep, menghitung, dan pemodelan. Selanjutnya siswa menganalisis data untuk membandingkan ataupun menentukan hubungan antara data yang telah diolahnya dengan teori yang ada sehingga dapat ditarik simpulan dan atau ditemukannya prinsip dan konsep penting yang bermakna dalam menambah skema kognitif, meluaskan pengalaman, dan wawasan pengetahuannya. Hasil belajar dari kegiatan

menalar/mengasosiasi adalah **siswa dapat menyimpulkan hasil kajian dari hipotesis.**

- e. **Mengkomunikasikan** yaitu kegiatan siswa mendeskripsikan dan menyampaikan hasil temuannya dari kegiatan mengamati, menanya, mengumpulkan dan mengolah data, serta mengasosiasi yang ditujukan kepada orang lain baik secara lisan maupun tulisan dalam bentuk diagram, bagan, gambar, dan sejenisnya dengan bantuan perangkat teknologi sederhana dan atau teknologi informasi dan komunikasi. Hasil belajar dari kegiatan mengkomunikasikan adalah **siswa dapat memformulasikan dan mempertanggungjawabkan pembuktian hipotesis.**
- f. (Dapat dilanjutkan dengan) Mencipta: siswa menginovasi, mencipta, mendisain model, rancangan, produk (karya) berdasarkan pengetahuan yang dipelajari.

Tabel 1 memperlihatkan kaitan antara langkah pembelajaran saintifik dengan berbagai deskripsi kegiatan belajar serta kompetensi dalam bentuk hasil belajar.

Tabel 1 Keterkaitan antara Langkah Pembelajaran dengan Kegiatan Belajar dan Hasilnya

Langkah Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Bentuk Hasil Belajar
Mengamati (<i>observing</i>)	Mengamati dengan indra (membaca, mendengar, menyimak, melihat, menonton, dan sebagainya) dengan atau tanpa alat	Perhatian pada waktu mengamati suatu objek/membaca suatu tulisan/mendengar suatu penjelasan, catatan yang dibuat tentang yang diamati, kesabaran, waktu (<i>on task</i>) yang digunakan untuk mengamati. Kompetensi utama: mengidentifikasi masalah
Menanya (<i>questioning</i>)	Membuat dan mengajukan pertanyaan, tanya jawab, berdiskusi tentang informasi yang belum dipahami, informasi tambahan yang ingin diketahui, atau sebagai klarifikasi.	Jenis, kualitas, dan jumlah pertanyaan yang diajukan peserta didik (pertanyaan faktual, konseptual, prosedural, dan hipotetik) Kompetensi utama: merumuskan masalah, menentukan hipotesis

Mengumpulkan informasi/ mencoba (<i>experimenting</i>)	Mengeksplorasi, mencoba, berdiskusi, mendemonstrasikan, meniru bentuk/gerak, melakukan eksperimen, membaca sumber lain selain buku teks, mengumpulkan data dari nara sumber melalui angket, wawancara, dan memodifikasi/ menambahi/ mengembangkan	Jumlah dan kualitas sumber yang dikaji/digunakan, kelengkapan informasi, validitas informasi yang dikumpulkan, dan instrumen/alat yang digunakan untuk mengumpulkan data. Kompetensi utama: menguji hipotesis
Menalar/ Meng asosiasi (<i>associating</i>)	Mengolah informasi yang sudah dikumpulkan, menganalisis data dalam bentuk membuat kategori, mengasosiasi atau menghubungkan fenomena/informasi yang terkait dalam rangka menemukan suatu pola, dan menyimpulkan.	Mengembangkan interpretasi, argumentasi dan kesimpulan mengenai keterkaitan informasi dari dua fakta/konsep, atau lebih dari dua fakta/konsep/teori. Mensintesis dan argumentasi serta kesimpulan keterkaitan antar berbagai jenis fakta-fakta/konsep/teori/pendapat. Mengembangkan interpretasi, struktur baru, argumentasi, dan kesimpulan yang menunjukkan hubungan fakta/konsep/teori dari dua sumber atau lebih yang tidak bertentangan. Mengembangkan interpretasi, struktur baru, argumentasi dan kesimpulan dari konsep/teori/pendapat yang berbeda dari berbagai jenis sumber. Kompetensi utama: menganalisis, membuktikan hipotesis.
Mengomunikasikan (<i>communicating</i>)	menyajikan laporan dalam bentuk bagan, diagram, atau grafik; menyusun laporan tertulis; dan menyajikan laporan meliputi proses, hasil, dan kesimpulan secara lisan	Menyajikan hasil kajian (dari mengamati sampai menalar) dalam bentuk tulisan, grafis, media elektronik, multi media dan lain-lain Kompetensi utama: memformulasikan dan mempertanggung jawabkan pembuktian hipotesis.

3. Peran Guru Dengan Pendekatan Saintifik

Dalam implementasi kurikulum 2013, guru tidak hanya sekedar membiarkan peserta didik memperoleh/mengkonstruksi pengetahuan sendiri, namun guru memberi setiap bantuan yang diperlukan oleh peserta didik, seperti : bertindak sebagai fasilitator, mengatur/ mengarahkan kegiatan-kegiatan belajar, memberi umpan balik, memberikan penjelasan, memberi konfirmasi, dan lain-lain.

Peran guru dalam pembelajaran dengan pendekatan saintifik pada implementasi kurikulum 2013 adalah sebagai berikut :

1. Tahap mengamati:

Membantu peserta didik menemukan/mendaftar/menginventarisasi apa saja yang ingin/perlu diketahui sehingga dapat melakukan/menciptakan sesuatu.

2. Tahap Menanya:

Membantu peserta didik merumuskan pertanyaan berdasarkan daftar hal-hal yang perlu/ingin diketahui agar dapat melakukan/menciptakan sesuatu.

3. Tahap Mencoba/mengumpulkan data (informasi):

Membantu peserta didik merencanakan dan memperoleh data/informasi untuk menjawab pertanyaan yang telah dirumuskan.

4. Tahap Mengasosiasikan/menganalisis/mengolah data (informasi):

Membantu peserta didik mengolah/menganalisis data/informasi dan menarik kesimpulan.

5. Tahap Mengkomunikasikan:

Memberi umpan balik, pemberi penguatan, pemberi penjelasan/informasi lebih luas.

6. Tahap Mencipta:

Memberi contoh/gagasan, menyediakan pilihan, memberi dorongan, memberi penghargaan, sebagai anggota yang terlibat langsung.

4. Bentuk Keterlibatan Peserta Didik Dalam Observasi

Pengamatan atau observasi adalah aktivitas yang dilakukan makhluk cerdas, terhadap suatu proses atau objek dengan maksud merasakan dan kemudian memahami pengetahuan dari sebuah fenomena berdasarkan pengetahuan dan gagasan yang sudah diketahui sebelumnya, untuk mendapatkan informasi-

informasi yang dibutuhkan untuk melanjutkan suatu penelitian. Di dalam penelitian, observasi dapat dilakukan dengan tes, kuesioner, rekaman gambar dan rekaman suara.

Metode mengamati / observasi mengutamakan kebermaknaan proses pembelajaran (*meaningfull learning*). Metode ini memiliki keunggulan tertentu, seperti menyajikan media obyek secara nyata, peserta didik senang dan tertantang, dan mudah pelaksanaannya. Dalam pelaksanaannya, proses mengamati memerlukan waktu persiapan yang lama dan matang, biaya dan tenaga relatif banyak, dan jika tidak terkendali akan mengaburkan makna serta tujuan pembelajaran.

Namun metode mengamati sangat bermanfaat bagi pemenuhan rasa ingin tahu peserta didik karena peserta didik yang terlibat dalam proses mengamati akan dapat menemukan fakta bahwa ada hubungan antara obyek yang dianalisis dengan materi pembelajaran yang digunakan oleh guru.

5. Kriteria Pertanyaan Yang Baik

Menanya merupakan aktivitas / kegiatan bertanya yang berbentuk kalimat tanya merupakan kalimat yang mengandung makna sebuah pertanyaan. Arti Kalimat tanya adalah kalimat yang berisi pertanyaan / pernyataan kepada pihak lain yang bertujuan untuk memperoleh jawaban dari pihak yang ditanya. Guru yang efektif mampu menginspirasi peserta didik untuk meningkatkan dan mengembangkan ranah sikap, keterampilan, dan pengetahuannya. Pada saat guru bertanya, pada saat itu pula dia membimbing atau memandu peserta didiknya belajar dengan baik. Ketika guru menjawab pertanyaan peserta didiknya, ketika itu pula dia mendorong asuhannya itu untuk menjadi penyimak dan pembelajar yang baik.

Istilah “pertanyaan” tidak selalu dalam bentuk “kalimat tanya”, melainkan juga dapat dalam bentuk pernyataan, asalkan keduanya menginginkan tanggapan verbal. Bentuk pertanyaan, misalnya: Apakah ciri-ciri norma hukum? Bentuk pernyataan, misalnya: Sebutkan ciri-ciri norma hukum!

Fungsi dari Bertanya, diantaranya :

- a. Membangkitkan rasa ingin tahu, minat, dan perhatian peserta didik tentang suatu tema atau topik pembelajaran.
- b. Mendorong dan menginspirasi peserta didik untuk aktif belajar, serta mengembangkan pertanyaan dari dan untuk dirinya sendiri.
- c. Mendiagnosis kesulitan belajar peserta didik sekaligus menyampaikan ancamangan untuk mencari solusinya.
- d. Menstrukturkan tugas-tugas dan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menunjukkan sikap, keterampilan, dan pemahamannya atas substansi pembelajaran yang diberikan.
- e. Membangkitkan keterampilan peserta didik dalam berbicara, mengajukan pertanyaan, dan memberi jawaban secara logis, sistematis, dan menggunakan bahasa yang baik dan benar.
- f. Mendorong partisipasi peserta didik dalam berdiskusi, berargumen, mengembangkan kemampuan berpikir, dan menarik simpulan.
- g. Membangun sikap keterbukaan untuk saling memberi dan menerima pendapat atau gagasan, memperkaya kosa kata, serta mengembangkan toleransi sosial dalam hidup berkelompok.
- h. Membiasakan peserta didik berpikir spontan dan cepat, serta sigap dalam merespon persoalan yang tiba-tiba muncul.
- i. Melatih kesantunan dalam berbicara dan membangkitkan kemampuan berempati satu sama lain.

6. Contoh Perancangan Pembelajaran Saintifik

Agar memudahkan langkah pemaduan/pensinkronan pendekatan dengan model pembelajaran yang dipilih atas dasar hasil analisis, dapat menggunakan matrik perancah sebagai pertolongan sebelum dituliskan menjadi kegiatan inti pada RPP. Pemaduan atau pensinkronan antara langkah-langkah pendekatan saintifik dan sintaksis (langkah kerja) model pembelajaran tersebut, dilakukan sebagai berikut:

- a. Pilih pasangan KD-KD dari mata pelajaran yang diampu sesuai dengan silabus dan buku teks siswa terkait.

- b. Rumuskan IPK dari KD3 dan dari KD4 sesuai dengan dimensi proses atau level pengetahuan dan dimensi kategori pengetahuan yang terkandung di masing-masing KD. Setiap KD minimal memiliki 2 (dua) indikator.
- c. Petakan pemilihan model pembelajaran sesuai KD dengan mempertimbangkan rambu-rambu pemilihan model pembelajaran.
- d. Pilih model pembelajaran sesuai KD dengan mempertimbangkan rambu-rambu pemilihan model pembelajaran.
- e. Tentukan kegiatan peserta didik dan kegiatan guru sesuai dengan langkah-langkah (sintaksis) model pembelajaran yang dipilih, kemudian sinkronkan dengan langkah pendekatan saintifik (5M) sampai mencapai IPK.

Tabel 2 Penentuan Model Pembelajaran Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan Bubut; Kelas XI

No.	Kompetensi	Analisis dan Rekomendasi *)	Kriteria dan Model Pembelajaran
1.	KD 3.1 Mengidentifikasi mesin bubut	KD 3.1 “Mengidentifikasi” merupakan gradasi C1 belum terkait dengan KI-3 yaitu C2 (memahami) sampai C4 (menganalisis), sedangkan tingkat pengetahuan “mesin bubut” merupakan pengetahuan faktual, belum utuh terkait KI-3 yaitu sampai metakognitif Rekomendasi: Kemampuan KD-3.1 dan 3.2 diperbaiki pada perumusan IPK dan Tujuan pembelajaran. Demikian juga gradasi pengetahuan ditingkatkan minimal sampai prosedural di RPP.	Berdasarkan analisis dan rekomendasi maka: a. KD-3.1 ditingkatkan taksonominya sampai memahami (C2), dan materi pengetahuan pada tingkat konseptual dan atau prosedural
	KD 4.1 Menggunakan mesin bubut untuk berbagai jenis pekerjaan	KD 4.1 dan KD 4.2 “Menggunakan” mesin.../alat ... merupakan keterampilan konkrit gradasi manipulasi (P2 Dave), belum terkait dengan tuntutan KI-4 yaitu mengolah, menalar, dan menyaji (P3-P5 abstrak Dyers), padanannya sampai artikulasi (P4 konkrit Dave) Rekomendasi: Belum ada KD-4 abstrak sampai gradasi menyaji (P5) dan belum ada KD-4 konkrit sampai tingkat artikulasi (P4). Jadi di	b. KD 4.1 ditingkatkan gradasi keterampilan konkritnya pada taksonomi presisi, sehingga setara dengan mengolah dan atau menalar c. Pernyataan KD-3.1 dan KD 4.1 mengarah pada pencarian atau

		tingkatkan pada IPK dan Tujuan pembelajaran untuk RPP Pasangan KD-3.1 (C1), KD-4.1 (P2 konkrit); jadi KD-3.1 belum memenuhi linearitas tingkatan KD-4.1. Rekomendasi perlu ditingkatkan pada IPK dan Tujuan Pembelajaran pada RPP	membuktikan teori Jadi untuk pembelajaran dipilih Model Pembelajaran Inquiri Terbimbing
	Dst		

Bahan Bacaan 3 :

1. Pendekatan, Strategi dan Metode Pembelajaran

Dalam proses pembelajaran dikenal beberapa istilah yang memiliki kemiripan makna, sehingga seringkali orang merasa bingung untuk membedakannya. Istilah-istilah tersebut adalah: (1) pendekatan pembelajaran, (2) strategi pembelajaran, (3) metode pembelajaran; (4) teknik pembelajaran; (5) taktik pembelajaran; dan (6) model pembelajaran. Berikut ini akan dipaparkan istilah-istilah tersebut, dengan harapan dapat memberikan kejelasan tentang penggunaan istilah tersebut. Pendekatan pembelajaran dapat diartikan sebagai titik tolak atau sudut pandang kita terhadap proses pembelajaran, yang merujuk pada pandangan tentang terjadinya suatu proses yang sifatnya masih sangat umum, di dalamnya mewadahi, menginsiprasi, menguatkan, dan melatari metode pembelajaran dengan cakupan teoretis tertentu. Definisi lain mengatakan bahwa “pendekatan pembelajaran” dapat diartikan sebagai titik tolak atau sudut pandang kita terhadap proses pembelajaran. Pendekatan yang berpusat pada guru menurunkan strategi pembelajaran langsung (*direct instruction*), pembelajaran deduktif atau pembelajaran ekspositori. Sedangkan, pendekatan pembelajaran yang berpusat pada siswa menurunkan strategi pembelajaran discovery dan inkuiri serta strategi pembelajaran induktif (Sanjaya, 2008:127). Dilihat dari pendekatannya, pembelajaran terdapat dua jenis pendekatan, yaitu: (1) pendekatan pembelajaran yang berorientasi atau berpusat pada siswa (*student centered approach*) dan (2) pendekatan pembelajaran yang berorientasi atau berpusat pada guru (*teacher centered approach*).

Dari pendekatan pembelajaran yang telah ditetapkan selanjutnya diturunkan ke dalam strategi pembelajaran.

Sementara itu, Kemp (Wina Sanjaya, 2008) mengemukakan bahwa strategi pembelajaran adalah suatu kegiatan pembelajaran yang harus dikerjakan guru dan siswa agar tujuan pembelajaran dapat dicapai secara efektif dan efisien. Selanjutnya, dengan mengutip pemikiran J. R David, Wina Sanjaya (2008) menyebutkan bahwa dalam strategi pembelajaran terkandung makna perencanaan. Artinya, bahwa strategi pada dasarnya masih bersifat konseptual tentang keputusan-keputusan yang akan diambil dalam suatu pelaksanaan pembelajaran.

Strategi pembelajaran dapat diartikan sebagai perencanaan yang berisi tentang rangkaian kegiatan yang didisain untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu (J.R. David dalam Sanjaya, 2008:126). Selanjutnya dijelaskan strategi pembelajaran adalah suatu kegiatan pembelajaran yang harus dikerjakan guru dan siswa agar tujuan pembelajaran dapat dicapai secara efektif dan efisien (Kemp dalam Sanjaya, 2008:126).

Istilah strategi sering digunakan dalam banyak konteks dengan makna yang selalu sama. Dalam konteks pengajaran strategi bisa diartikan sebagai suatu pola umum tindakan guru-peserta didik dalam manifestasi aktivitas pengajaran (Ahmad Rohani, 2004 : 32). Sementara itu, Joyce dan Weil lebih senang memakai istilah model-model mengajar daripada menggunakan strategi pengajaran (Joyce dan Weil dalam Rohani, 2004:33. Nana Sudjana menjelaskan bahwa strategi mengajar (pengajaran) adalah “taktik” yang digunakan guru dalam melaksanakan proses belajar mengajar (pengajaran) agar dapat mempengaruhi para siswa (peserta didik) mencapai tujuan pengajaran secara lebih efektif dan efisien (Nana Sudjana dalam Rohani, 2004:34). Jadi menurut Nana Sudjana, strategi mengajar/pengajaran ada pada pelaksanaan, sebagai tindakan nyata atau perbuatan guru itu sendiri pada saat mengajar berdasarkan pada rambu-rambu dalam satuan pelajaran.

Berdasarkan pendapat di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa strategi pembelajaran harus mengandung penjelasan tentang metode/prosedur dan

teknik yang digunakan selama proses pembelajaran berlangsung. Dengan kata lain, strategi pembelajaran mempunyai arti yang lebih luas daripada metode dan teknik. Artinya, metode/prosedur dan teknik pembelajaran merupakan bagian dari strategi pembelajaran. Dari metode, teknik pembelajaran diturunkan secara aplikatif, nyata, dan praktis di kelas saat pembelajaran berlangsung. Dilihat dari strateginya, pembelajaran dapat dikelompokkan ke dalam dua bagian pula, yaitu: (1) **exposition-discovery learning** dan (2) **group-individual learning** (Rowntree dalam Wina Senjaya, 2008). Ditinjau dari cara penyajian dan cara pengolahannya, strategi pembelajaran dapat dibedakan antara strategi pembelajaran induktif dan strategi pembelajaran deduktif. Strategi pembelajaran sifatnya masih konseptual dan untuk mengimplementasikannya digunakan berbagai metode pembelajaran tertentu. Dengan kata lain, strategi merupakan “*a plan of operation achieving something*” sedangkan metode adalah “*a way in achieving something*” (Wina Senjaya (2008). Dalam hubungannya dengan metode pembelajaran, maka bisa dikatakan bahwa metode pembelajaran merupakan jabaran dari pendekatan pembelajaran. Satu pendekatan dapat dijabarkan ke dalam berbagai metode. Metode adalah prosedur pembelajaran yang difokuskan ke pencapaian tujuan. Jadi, metode pembelajaran dapat diartikan sebagai cara yang digunakan untuk mengimplementasikan rencana yang sudah disusun dalam bentuk kegiatan nyata dan praktis untuk mencapai tujuan pembelajaran. Terdapat beberapa metode pembelajaran yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan strategi pembelajaran, diantaranya: (1) ceramah; (2) demonstrasi; (3) diskusi; (4) simulasi; (5) laboratorium; (6) pengalaman lapangan; (7) brainstorming; (8) debat, (9) simposium, dan sebagainya. Selanjutnya metode pembelajaran dijabarkan ke dalam teknik dan gaya pembelajaran.

Dengan demikian, teknik pembelajaran dapat diartikan sebagai cara yang dilakukan seseorang dalam mengimplementasikan suatu metode secara spesifik. Misalkan, penggunaan metode ceramah pada kelas dengan jumlah siswa yang relatif banyak membutuhkan teknik tersendiri, yang tentunya secara teknis akan berbeda dengan penggunaan metode ceramah pada kelas yang jumlah siswanya terbatas. Demikian pula, dengan penggunaan metode diskusi,

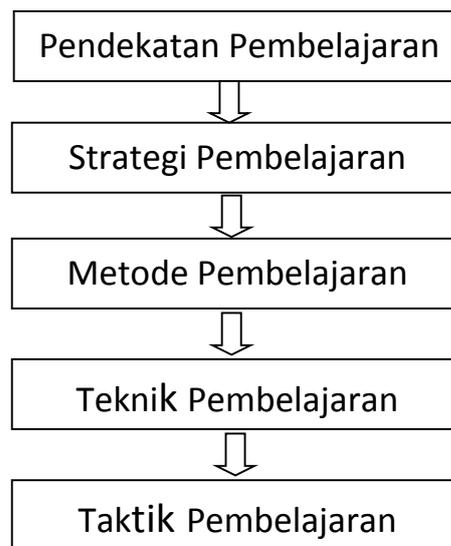
perlu digunakan teknik yang berbeda pada kelas yang siswanya tergolong aktif dengan kelas yang siswanya tergolong pasif. Dalam hal ini, guru pun dapat berganti-ganti teknik meskipun dalam koridor metode yang sama. Dalam kaitannya dengan metode pembelajaran, maka teknik pembelajaran adalah cara yang dilakukan seseorang dalam rangka mengimplementasikan suatu metode. Misalnya, cara yang bagaimana yang harus dilakukan agar metode ceramah yang dilakukan berjalan efektif dan efisien? Dengan demikian sebelum seorang melakukan proses ceramah sebaiknya memperhatikan kondisi dan situasi.

Sementara taktik pembelajaran merupakan gaya seseorang dalam melaksanakan metode atau teknik pembelajaran tertentu yang sifatnya individual. Misalkan, terdapat dua orang sama-sama menggunakan metode ceramah, tetapi mungkin akan sangat berbeda dalam taktik yang digunakannya. Dalam penyajiannya, yang satu cenderung banyak diselengi dengan humor karena memang dia memiliki sense of humor yang tinggi, sementara yang satunya lagi kurang memiliki sense of humor, tetapi lebih banyak menggunakan alat bantu elektronik karena dia memang sangat menguasai bidang itu. Dalam gaya pembelajaran akan tampak keunikan atau kekhasan dari masing-masing guru, sesuai dengan kemampuan, pengalaman dan tipe kepribadian dari guru yang bersangkutan. Dalam taktik ini, pembelajaran akan menjadi sebuah ilmu sekalkigus juga seni (kiat).

Apabila antara pendekatan, strategi, metode, teknik dan bahkan taktik pembelajaran sudah terangkai menjadi satu kesatuan yang utuh maka terbentuklah apa yang disebut dengan model pembelajaran. Jadi, model pembelajaran pada dasarnya merupakan bentuk pembelajaran yang tergambar dari awal sampai akhir yang disajikan secara khas oleh guru. Dalam model pembelajaran terdapat strategi pencapaian kompetensi siswa dengan pendekatan, metode, dan teknik pembelajaran. Nah, berikut ini ulasan singkat tentang perbedaan istilah tersebut.

Dengan kata lain, model pembelajaran merupakan bungkus atau bingkai dari penerapan suatu pendekatan, metode, dan teknik pembelajaran. Berknaan dengan model pembelajaran, Bruce Joyce dan Marsha Weil (Dedi Supriawan dan A. Benyamin Surasega, 1990) mengetengahkan 4 (empat) kelompok model

pembelajaran, yaitu: (1) model interaksi sosial; (2) model pengolahan informasi; (3) model personal-humanistik; dan (4) model modifikasi tingkah laku. Kendati demikian, seringkali penggunaan istilah model pembelajaran tersebut diidentikkan dengan strategi pembelajaran. Untuk lebih jelasnya, posisi hierarkis dari masing-masing istilah tersebut, kiranya dapat divisualisasikan sebagai berikut:



Gambar 2 Hierarki Model Pembelajaran

Di luar istilah-istilah tersebut, dalam proses pembelajaran dikenal juga istilah **desain pembelajaran**. Jika strategi pembelajaran lebih berkenaan dengan pola umum dan prosedur umum aktivitas pembelajaran, sedangkan desain pembelajaran lebih menunjuk kepada cara-cara merencanakan suatu sistem lingkungan belajar tertentu setelah ditetapkan strategi pembelajaran tertentu. Jika dianalogikan dengan pembuatan rumah, strategi membicarakan tentang berbagai kemungkinan tipe atau jenis rumah yang hendak dibangun (rumah joglo, rumah gadang, rumah modern, dan sebagainya), masing-masing akan menampilkan kesan dan pesan yang berbeda dan unik. Sedangkan desain adalah menetapkan cetak biru (blue print) rumah yang akan dibangun beserta bahan-bahan yang diperlukan dan urutan-urutan langkah konstruksinya,

maupun kriteria penyelesaiannya, mulai dari tahap awal sampai dengan tahap akhir, setelah ditetapkan tipe rumah yang akan dibangun.

2. Strategi/Model Pembelajaran

Pada Kurikulum 2013 dikembangkan model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Model Pembelajaran tersebut adalah: model pembelajaran berbasis penyingkapan/penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*), model pembelajaran menghasilkan karya yang berbasis pemecahan masalah (*Problem Based Learning/Project Based Learning*). Langkah-langkah pembelajaran berpendekatan saintifik harus dapat dipadukan secara sinkron dengan langkah-langkah kerja (*syntax*) model pembelajaran. Model pembelajaran merupakan kerangka konseptual yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pembelajaran yang disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan belajar yang menyangkut sintaksis, sistem sosial, prinsip reaksi dan sistem pendukung (Joice&Wells).

Tujuan penggunaan model pembelajaran sebagai strategi bagaimana belajar yang membantu peserta didik mengembangkan dirinya baik berupa informasi, gagasan, keterampilan nilai dan cara-cara berpikir dalam meningkatkan kapasitas berpikir secara jernih, bijaksana dan membangun keterampilan sosial serta komitmen (Joice& Wells).

Pada Kurikulum 2013 dikembangkan 3 (tiga) model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Ketiga model tersebut adalah: model Pembelajaran Berbasis Masalah (*Problem Based Learning*), model Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project Based Learning*), dan model Pembelajaran Melalui Penyingkapan/Penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*). Tidak semua model pembelajaran tepat digunakan untuk semua KD/materi pembelajaran. Model pembelajaran tertentu hanya tepat digunakan untuk materi pembelajaran tertentu pula. Demikian sebaliknya mungkin materi pembelajaran tertentu akan dapat berhasil maksimal jika menggunakan model pembelajaran

tertentu. Untuk itu guru harus menganalisis rumusan pernyataan setiap KD, apakah cenderung pada pembelajaran penyingkapan (*Discovery/Inquiry Learning*) atau pada pembelajaran hasil karya (*Problem Based Learning dan Project Based Learning*).

Rambu-rambu penentuan model penyingkapan/penemuan:

- a. Pernyataan KD-3 dan KD-4 mengarah ke pencarian atau penemuan;
- b. Pernyataan KD-3 lebih menitikberatkan pada pemahaman pengetahuan faktual, konseptual, dan procedural; dan
- c. Pernyataan KD-4 pada taksonomi mengolah dan menalar.

Rambu-rambu penemuan model hasil karya (*Problem Based Learning dan Project Based Learning*):

- a. Pernyataan KD-3 dan KD-4 mengarah pada hasil karya berbentuk jasa atau produk;
- b. Pernyataan KD-3 pada bentuk pengetahuan metakognitif;
- c. Pernyataan KD-4 pada taksonomi menyaji dan mencipta, dan
- d. Pernyataan KD-3 dan KD-4 yang memerlukan persyaratan penguasaan pengetahuan konseptual dan prosedural.

Masing-masing model pembelajaran tersebut memiliki urutan langkah kerja (*syntax*) tersendiri, yang dapat diuraikan sebagai berikut.

3. Model Pembelajaran Penyingkapan (Penemuan dan pencarian/ penelitian)

Model *Discovery Learning* adalah memahami konsep, arti, dan hubungan, melalui proses intuitif untuk akhirnya sampai kepada suatu kesimpulan (Budiningsih, 2005:43). *Discovery* terjadi bila individu terlibat, terutama dalam penggunaan proses mentalnya untuk menemukan beberapa konsep dan prinsip.

Discovery dilakukan melalui observasi, klasifikasi, pengukuran, prediksi, penentuan dan *inferi*. Proses tersebut disebut *cognitive process* sedangkan *discovery* itu sendiri adalah *the mental process of assimilating concepts and principles in the mind* (Robert B. Sund dalam Malik, 2001:219).

- 1) Sintaksis model *Discovery Learning*

- a) Pemberian rangsangan (*Stimulation*);
 - b) Pernyataan/Identifikasi masalah (*Problem Statement*);
 - c) Pengumpulan data (*Data Collection*);
 - d) Pembuktian (*Verification*), dan
 - e) Menarik simpulan/generalisasi (*Generalization*).
- 2) Sintaksis model *Inquiry Learning* Terbimbing

Model pembelajaran yang dirancang membawa peserta didik dalam proses penelitian melalui penyelidikan dan penjelasan dalam *setting* waktu yang singkat (Joice&Wells, 2003). Merupakan kegiatan pembelajaran yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk mencari dan menyelidiki sesuatu secara sistematis kritis dan logis sehingga mereka dapat merumuskan sendiri temuannya.

Sintaksis/tahap model inkuiri meliputi:

- a) Orientasi masalah;
- b) Pengumpulan data dan verifikasi;
- c) Pengumpulan data melalui eksperimen;
- d) Pengorganisasian dan formulasi eksplanasi, dan
- e) Analisis proses inkuiri.

4. Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL)

Merupakan pembelajaran yang menggunakan berbagai kemampuan berpikir dari peserta didik secara individu maupun kelompok serta lingkungan nyata untuk mengatasi permasalahan sehingga bermakna, relevan, dan kontekstual (Tan OnnSeng, 2000). Tujuan PBL adalah untuk meningkatkan kemampuan dalam menerapkan konsep-konsep pada permasalahan baru/nyata, pengintegrasian konsep *High Order Thinking Skills* (HOTS), keinginan dalam belajar, mengarahkan belajar diri sendiri dan keterampilan (Norman and Schmidt).

- 1) Sintaksis model *Problem Based Learning* dari Bransford and Stein (dalam Jamie Kirkley, 2003:3) terdiri atas:
- a) Mengidentifikasi masalah;

- b) Menetapkan masalah melalui berpikir tentang masalah dan menseleksi informasi-informasi yang relevan;
 - c) Mengembangkan solusi melalui pengidentifikasian alternatif-alternatif, tukar-pikiran dan mengecek perbedaan pandang;
 - d) Melakukan tindakan strategis, dan
 - e) Melihat ulang dan mengevaluasi pengaruh-pengaruh dari solusi yang dilakukan.
- 2) Sintaksis model *Problem Solving Learning* Jenis *Trouble Shooting* (David H. Jonassen, 2011:93) terdiri atas:
- a) Merumuskan uraian masalah;
 - b) Mengembangkan kemungkinan penyebab;
 - c) Mengetes penyebab atau proses diagnosis, dan
 - d) Mengevaluasi.

5. Model pembelajaran Project Based Learning (PjBL).

Pembelajaran otentik menggunakan proyek nyata dalam kehidupan yang didasarkan pada motivasi yang tinggi, pertanyaan yang menantang, tugas-tugas atau permasalahan untuk membentuk penguasaan kompetensi yang dilakukan secara kerjasama dalam upaya memecahkan masalah (Barel, 2000 and Baron 2011). Tujuan PjBL adalah meningkatkan motivasi belajar, *team work*, keterampilan kolaborasi dalam pencapaian kemampuan akademik level tinggi/taksonomi tingkat kreativitas yang dibutuhkan pada abad 21 (Cole & Wasburn Moses, 2010).

Sintaksis/tahapan model pembelajaran *Project Based Learning*, meliputi:

- 1) Penentuan pertanyaan mendasar (*Start with the Essential Question*);
- 2) Mendesain perencanaan proyek;
- 3) Menyusun jadwal (*Create a Schedule*);
- 4) Memonitor peserta didik dan kemajuan proyek (*Monitor the Students and the Progress of the Project*);
- 5) Menguji hasil (*Assess the Outcome*), dan
- 6) Mengevaluasi pengalaman (*Evaluate the Experience*).

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Fokus pertama bagi guru dalam menyiapkan pembelajaran adalah melakukan analisis pada ketiga standar kompetensi yaitu SKL, KI, KD. Dari analisis itu akan diperoleh penjabaran tentang taksonomi dan gradasi hasil belajar yang berhubungan dengan materi pembelajaran, kegiatan pembelajaran dan penilaian yang diperlukan.

Buatlah analisis keterkaitan SKL, KI, dan KD untuk kelas X, XI dan XII berdasarkan lembar kerja di bawah ini !

Tabel 3 Lembar Kerja Analisis Keterkaitan Domain antara SKL, KI, dan KD untuk Mapel

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		Kompetensi Inti (KI) Kelas	Kompetensi Dasar (KD)	Ket. Analisis *)
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan			
1. Sikap Spiritual		1.		
2. Sikap Sosial		2.		

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		Kompetensi Inti (KI) Kelas	Kompetensi Dasar (KD)	Ket. *)
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan			
3. Pengetahuan				

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		Kompetensi Inti (KI) Kelas	Kompetensi Dasar (KD)	Ket. *)
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan			
4. Keterampilan				

*) Diisi dengan taksonomi dan gradasi hasil belajar, jika KD tidak terkait dengan KI maka dikembangkan melalui tujuan pembelajaran dan atau indikator pencapaian kompetensi.

Aktivitas 1 : Perancangan Kegiatan Pembelajaran Sainifik

Kompetensi :Mampu merancang kegiatan pembelajaran saintifik

Tujuan Kegiatan: Melalui diskusi kelompok peserta mampu merancang kegiatan pembelajaran dengan pendekatan saintifik

Isilah Lembar Kerja perancangan kegiatan pembelajaran saintifik dibawah ini !

Tabel 4 Lembar Kerja Perancangan Kegiatan Pembelajaran

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
Mengamati	
Menanya	
Mengumpulkan informasi	
Mengasosiasikan	
Mengkomunikasikan	

Aktivitas 2 : Lembar Kerja Pembelajaran Saintifik Pada Mata Pelajaran PK

Tentukanlah Model Pembelajaran berdasarkan analisis menggunakan format matrik seperti tabel di bawah pada mata pelajaran yang Anda ampu.

**Tabel 5 Lembar Kerja Pembelajaran Saintifik pada Mata Pelajaran PK
Penentuan Model Pembelajaran.....
Mata Pelajaran(Kelas ...)**

No.	Kompetensi	Analisis dan Rekomendasi	Kriteria dan Model Pembelajaran
1.	KD 3...		
	KD 4...		
2.			

Aktivitas 3 : Perancangan Model Pembelajaran

Kompetensi :Mampu merancang penerapan model pembelajaran *dan* cara penilaiannya.

Tujuan Kegiatan :Pada kegiatan ini diharapkan peserta mampu merancang kegiatan pembelajaran dengan model *Discovery Learning/ Inquiry Learning/ Problem Based Learning/Project Based Learning*.

Isilah Lembar Kerja perancangan model pembelajaran di bawah ini :

Tabel 6 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (*Model Discovery Learning*)

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	
Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
1. <i>Stimulation</i> (simulasi/Pemberian rangsangan)	
2. <i>Problemstatemen</i> (pertanyaan/identifikasi masalah)	
3. <i>Data collection</i> (pengumpulandata)	
4. <i>Data processing</i> (pengolahanData)	
5. <i>Verification</i> (pembuktian)	
6. <i>Generalization</i> (menarik kesimpulan/generalisasi)	

Tabel 7 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (*Model Inquiry Learning*)

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan
1.Orientasi masalah	
2.Pengumpulan data dan verifikasi	
3.Pengumpulan data melalui eksperimen	
4.Pengorganisasian dan formulasi eksplanasi	
5.Analisis proses inkuiri	

Tabel 8 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (*Model Problem Based Learning*)

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
Fase1 Orientasi peserta didik kepada masalah	
Fase2 Mengorganisasikan peserta didik	
Fase3 Membimbing penyelidikan individu dan kelompok	
Fase4 Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	

Fase5 Menganalisa dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	
--	--

Tabel 9 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (Model Project

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
1. Penentuan pertanyaan mendasar <i>(Start with the Essential Question)</i>	
2. Mendesain perencanaan proyek	
3. Menyusun jadwal <i>(Create a Schedule)</i>	
4. Memonitor peserta didik dan kemajuan proyek <i>(Monitor the Students and the Progress of the Project)</i>	
5. Menguji hasil <i>(Assess the Outcome)</i>	
6. Mengevaluasi pengalaman <i>(Evaluate the Experience).</i>	

Aktivitas 4 Mengamati Matrik Perancah

Amatilah contoh Matrik Perancah Pemaduan Sintaksis Model Pembelajaran *Inquiri Terbimbing* dengan Pendekatan Saintifik serta metoda dan teknik pembelajaran pada Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan Bubut (kelas XI).

Kompetensi Dasar:

- 3.1. Mengidentifikasi mesin bubut
- 4.1. Menggunakan mesin bubut untuk berbagai jenis pekerjaan

Tujuan Pembelajaran :

Dengan diberikan fasilitas belajar di kelas dan bengkel mesin bubut, peserta didik

dapat:

1. Menjelaskan macam-macam mesin bubut berdasarkan prinsip kerja.
2. Menjelaskan macam-macam mesin bubut berdasarkan ukurannya.
3. Menjelaskan bagian utama mesin bubut sesuai dengan fungsinya.
4. Menentukan dimensi mesin bubut berdasarkan parameter standar mesin bubut.
5. Menyebutkan perlengkapan mesin bubut sesuai dengan fungsinya.
6. Memilih perlengkapan mesin bubut sesuai dengan fungsinya.
7. Menentukan alat bantu kerja membubut sesuai dengan jenis pekerjaannya.
8. Mengoperasikan mesin bubut sesuai prosedur yang benar.
9. Menyajikan laporan proses membubut berdasarkan pengalaman pekerjaan yang telah dilakukan.

Tabel 10 Contoh Matrik Perancah Pemaduan Pendekatan Saintifik dan Model Pembelajaran Inquiry Terbimbing Serta Metoda Pembelajaran

Materi Pembelajaran	Sintaks Model Pembelajaran	Tahap Saintifik 5 M	Kegiatan Belajar
1. Definisi mesin bubut; 2. Macam-macam mesin bubut dan fungsinya; 3. Bagian-bagian utama mesin bubut; 4. Dimensi mesin bubut; 5. Jenis dan fungsi perlengkapan mesin bubut.	Orientasi Masalah	Mengamati, Menanya	Guru menayangkan gambar, foto atau video mesin bubut dan menjelaskan secara singkat tentang nama dan manfaat mesin bubut yang ditayangkan. Guru menanyakan kepada siswa apa fungsi, bagian-bagian utama dan cara kerja mesin bubut. Peserta didik memperhatikan penjelasan dan menjawab pertanyaan guru. Guru mengkonfirmasi jawaban siswa. Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya seputar mesin bubut. Guru menugaskan peserta didik membentuk kelompok dan berdiskusi serta melakukan pengamatan di bengkel untuk mengkaji lebih lanjut tentang bagian-bagian mesin bubut, macam-macam fungsi dan pekerjaan yang dapat dilakukan di mesin bubut, perlengkapan, alat bantu kerja serta dimensi mesin bubut.

<ol style="list-style-type: none"> 1. Definisi mesin bubut; 2. Macam-macam mesin bubut dan fungsinya; 3. Bagian-bagian utama mesin bubut; 4. Dimensi mesin bubut; 5. Jenis dan fungsi perlengkapan mesin bubut. 	<p>Pengumpulan Data Dan Verifikasi</p>	<p>Menanya, Mengumpulkan Informasi, Menalar</p>	<p>Peserta didik secara berkelompok berdiskusi membahas permasalahan yang diberikan guru.</p> <p>Peserta didik mengkaji bahan ajar, buku referensi, katalog dan buku manual mesin bubut untuk mencari jawaban atas tugas yang diberikan guru.</p> <p>Antar peserta didik saling bertanya-jawab tentang materi tugas dari guru. Peserta didik melakukan verifikasi langsung ke bengkel tentang bagian-bagian mesin bubut, macam-macam fungsi dan pekerjaan yang dapat dilakukan di mesin bubut, perlengkapan, alat bantu kerja serta dimensi mesin bubut.</p>
<ol style="list-style-type: none"> 6. Pemilihan perlengkapan mesin bubut; 7. Alat bantu kerja membubut; 8. Penggunaan/ pengoperasian mesin bubut 	<p>Pengumpulan Data melalui eksperimen</p>	<p>Mengumpulkan Informasi, Menalar</p>	<p>Guru dan peserta didik ke bengkel. Guru mendemonstrasikan cara mengoperasikan mesin bubut dalam membubut lurus dan tepi.</p> <p>Guru memilih perlengkapan mesin bubut sesuai dengan fungsinya. Guru memilih alat bantu kerja membubut sesuai dengan jenis pekerjaannya</p> <p>Guru meminta siswa untuk mencoba mengoperasikan mesin bubut dengan menggunakan perlengkapan dan alat bantu kerja yang sesuai di bawah pengawasan guru.</p> <p>Peserta didik mencoba mengoperasikan mesin bubut dengan menggunakan perlengkapan dan alat bantu kerja yang sesuai.</p> <p>Guru memberi kesempatan peserta didik untuk bertanya hal-hal yang belum jelas tentang pengoperasian mesin bubut dan penggunaan perlengkapan serta alat bantu kerja dalam pemesinan bubut.</p> <p>Peserta didik bertanya dan mencoba lagi untuk mengoperasikan mesin bubut di bawah pengawasan guru.</p> <p>Guru memberikan lembar kerja (<i>jobsheet</i>) untuk dikerjakan oleh peserta didik di mesin bubut.</p> <p>Peserta didik memilih perlengkapan mesin bubut dan alat bantu kerja di mesin bubut.</p> <p>Peserta didik mengerjakan tugas sesuai lembar kerja dengan menggunakan mesin bubut.</p>

			Guru melakukan tutorial ke masing-masing peserta didik yang sedang bekerja.
Pelaporan proses membubut	Pengorganisasian dan formulasi eksplanasi	Menalar, Mengkomunikasikan	Guru menugaskan peserta didik untuk menyusun laporan dan melakukan revisi apabila terdapat kesalahan dalam melaksanakan tugas (menjawab pertanyaan) sebelumnya. Peserta didik menyusun laporan dan melakukan revisi tugas sebelumnya bila masih ada kesalahan. Peserta didik mempresentasikan/memaparkan secara lisan jenis-jenis perlengkapan mesin bubut, alat bantu kerja mesin bubut, prosedur menggunakan mesin bubut dan hasil pekerjaan bubut.
Pelaporan proses membubut	Menganalisis proses inkuiri	Mengkomunikasikan, Menalar	Peserta didik lain memberikan pertanyaan dan tanggapan terhadap materi presentasi. Guru meminta peserta didik untuk menyempurnakan laporan tentang perlengkapan mesin bubut, alat bantu kerja mesin bubut dan penggunaan mesin bubut berdasarkan masukan dari peserta didik lain.

E. Latihan/Kasus/Tugas

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !

1. Mengacu pada pengalaman anda dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran di sekolah identifikasilah hal-hal yang berkaitan dengan pertanyaan berikut ini : Identifikasilah beberapa kelemahan/kekurangan/masalah yang anda rasakan pada waktu pelaksanaan pembelajaran di kelas. Kelemahan/kekurangan/masalah tersebut dirasakan telah mengurangi kualitas pembelajaran yang dilakukan. (Analisislah berdasarkan Pendekatan Saintifik dan Model pembelajaran *Discovery Learning/Inquiry Learning/Problem Based Learning/Project Based Learning*).
2. Buatlah matriks pemaduan pendekatan saintifik dengan model pembelajaran serta metoda dan teknik pembelajaran yang Anda pilih berdasarkan analisis SKL, KI dan KD untuk mata pelajaran yang Anda ampu.

F. Rangkuman

Perbedaan mendasar antara *student centered learning* dengan *teacher centered* terlihat jelas pada orientasinya. Orientasi strategi *student centered learning* lebih menekankan pada terjadinya kegiatan belajar oleh siswa, atau berorientasi pada pembelajaran (*learning oriented*), sedangkan strategi *teacher centered* lebih berorientasi pada konten (*content oriented*). Dengan kata lain, pada *student centered learning*, mengajar tidak lagi difahami sebagai proses untuk mentransfer informasi, akan tetapi sebagai wahana untuk memfasilitasi terjadinya pembelajaran. Paradigma pembelajaran (SCL), guru hanya sebagai fasilitator dan motivator dengan menyediakan beberapa strategi belajar yang memungkinkan siswa (bersama guru) memilih, menemukan dan menyusun pengetahuan serta cara mengembangkan keterampilannya (*method of inquiry and discovery*). Pada SCL, ilmu pengetahuan tidak lagi dianggap statik tetapi dinamis dimana peserta didik secara aktif mengembangkan keterampilan dan pengetahuannya artinya siswa secara aktif menerima pengetahuan tidak lagi pasif.

Pembelajaran adalah proses interaksi antar peserta didik, antara peserta didik dan pendidik, dan antara peserta dan sumber belajar lainnya pada suatu lingkungan belajar yang berlangsung secara edukatif, agar peserta didik dapat membangun sikap, pengetahuan dan keterampilannya untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Proses pembelajaran merupakan suatu proses yang mengandung serangkaian kegiatan mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga penilaian. Proses pembelajaran pada Kurikulum 2013 adalah memadukan aktivitas pembelajaran pendekatan saintifik dengan sintak model pembelajaran berbasis penyingkapan/penemuan (*discovery learning/inquiry learning*) dan menghasilkan karya yang berbasis pemecahan masalah (*problem based learning/project based learning*).

Proses pembelajaran dapat dipadankan dengan suatu proses ilmiah, karena itu Kurikulum 2013 mengamanatkan esensi pendekatan saintifik dalam pembelajaran. Pendekatan saintifik diyakini sebagai titian emas perkembangan dan pengembangan sikap, keterampilan, dan pengetahuan peserta didik. Dalam pendekatan atau proses kerja yang memenuhi kriteria ilmiah, para ilmuwan lebih

mengedepankan penalaran induktif (*inductive reasoning*) dibandingkan dengan penalaran deduktif (*deductive reasoning*).

Penalaran deduktif melihat fenomena umum untuk kemudian menarik simpulan yang spesifik. Sebaliknya, penalaran induktif memandang fenomena atau situasi spesifik untuk kemudian menarik simpulan secara keseluruhan. Sejatinya, penalaran induktif menempatkan bukti-bukti spesifik ke dalam relasi idea yang lebih luas. Metode ilmiah umumnya menempatkan fenomena unik dengan kajian spesifik dan detail untuk kemudian merumuskan simpulan umum. Metode ilmiah merujuk pada teknik-teknik investigasi atas suatu atau beberapa fenomena atau gejala, memperoleh pengetahuan baru, atau mengoreksi dan memadukan pengetahuan sebelumnya. Untuk dapat disebut ilmiah, metode pencarian (*method of inquiry*) harus berbasis pada bukti-bukti dari objek yang dapat diobservasi, empiris, dan terukur dengan prinsip-prinsip penalaran yang spesifik. Karena itu, metode ilmiah umumnya memuat serangkaian aktivitas pengumpulan data melalui observasi atau eksperimen, mengolah informasi atau data, menganalisis, kemudian memformulasi, dan menguji hipotesis.

Pada Kurikulum 2013 dikembangkan model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Model Pembelajaran tersebut adalah: model pembelajaran berbasis penyingkapan/penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*); model pembelajaran menghasilkan karya yang berbasis pemecahan masalah (*Problem Based Learning/Project Based Learning*). Langkah-langkah pembelajaran berpendekatan saintifik harus dapat dipadukan secara sinkron dengan langkah-langkah kerja (*syntax*) model pembelajaran. Model pembelajaran merupakan kerangka konseptual yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pembelajaran yang disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan belajar yang menyangkut sintaksis, sistem sosial, prinsip reaksi dan sistem pendukung (Joice&Wells).

Tujuan penggunaan model pembelajaran sebagai strategi bagaimana belajar yang membantu peserta didik mengembangkan dirinya baik berupa informasi, gagasan, keterampilan nilai dan cara-cara berpikir dalam meningkatkan kapasitas berpikir

secara jernih, bijaksana dan membangun keterampilan sosial serta komitmen (Joice& Wells).

Langkah-langkah dalam pendekatan ilmiah seperti dijelaskan diatas tentu saja harus dijiwai oleh perilaku (jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli, santun, ramah lingkungan, gotong royong, kerjasama, cinta damai, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan bangsa dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

Disamping itu pemahaman, penerapan dan analisis dari pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif terkait bidang kajian Dasar dan Pengukuran Listrik dapat digunakan untuk memecahkan masalah.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mata Diklat :, tanggal.....
Nama peserta :
Sekolah Asal :

Setelah kegiatan berakhir anda dapat melakukan refleksi dengan menjawab pertanyaan berikut ini secara individu!

1. Apa yang anda pahami setelah mempelajari materi ini ?
2. Pengalaman penting apa yang anda peroleh setelah mempelajari materi ini?
3. Apa manfaat materi ini terhadap tugas anda sebagai pendidik?
4. Apa rencana tindak lanjut yang akan anda lakukan setelah kegiatan ini?

F. Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas

1. Pendekatan saintifik diyakini sebagai titian emas perkembangan dan pengembangan sikap, keterampilan, dan pengetahuan peserta didik. Metode ilmiah merujuk pada teknik-teknik investigasi atas suatu atau beberapa fenomena atau gejala, memperoleh pengetahuan baru, atau mengoreksi dan memadukan pengetahuan sebelumnya. Untuk dapat disebut ilmiah, metode pencarian (*method of inquiry*) harus berbasis pada bukti-bukti dari objek yang dapat diobservasi, empiris, dan terukur dengan prinsip-prinsip penalaran yang

spesifik. Karena itu, metode ilmiah umumnya memuat serangkaian aktivitas pengumpulan data melalui observasi atau eksperimen, mengolah informasi atau data, menganalisis, kemudian memformulasi, dan menguji hipotesis. Pada Kurikulum 2013 dikembangkan model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Model Pembelajaran tersebut adalah: model pembelajaran berbasis penyingkapan/penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*); model pembelajaran menghasilkan karya yang berbasis pemecahan masalah (*Problem Based Learning/Project Based Learning*).

2. Matriks pemaduan pendekatan saintifik dengan model pembelajaran, menggunakan format seperti di bawah ini.

Tabel Matrik Perancah Pemaduan Sintaksis Model Pembelajaran dengan Pendekatan Saintifik pada Mata Pelajaran:

Kompetensi Dasar:

- 3.1.
4.1.

Tujuan Pembelajaran

Dengan diberikan fasilitas belajar di kelas dan bengkel, peserta didik dapat:

1.
2.
3.

Contoh Perancangan Pemaduan Pendekatan Saintifik Model Pembelajaran

Materi Pembelajaran	Sintaks Model Pembelajaran	Tahap Saintifik 5 M	Kegiatan Belajar



Evaluasi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !

1. Seorang anak memberitahu kepada teman sebayanya agar mau meminum obat yang disiapkan oleh ibunya bila dia sakit. Pernyataan di atas bila dilihat dari dimensi afektif, maka pada tingkatan sikap....
 - A. menanggapi
 - B. menghargai
 - C. menghayati
 - D. mengamalkan
2. Perubahan pada Kurikulum 2013 dalam kompetensi pencapaian pembelajaran mencakupi berbagai lintasan taksonomi. Pada kompetensi inti 4 (KI 4) atau kompetensi dasar 4 (KD 4) pada sekolah SMK mempunyai nilai lebih dibandingkan jenis/jenjang sekolah lain karena dapat menjangkau pada ranah ketrampilan konkrit. Taksonomi yang sering diterapkan untuk ranah ini adalah....
 - A. menerima, menjalankan, menghargai, menghayati, dan mengamalkan
 - B. mengamati, menanya, mencoba, menalar, menyajikan, dan mencipta
 - C. mengetahui, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta
 - D. mengimitasi, memanipulasi, mempresisi, mengartikulasi, dan menaturalisasi
3. Dalam pelajaran bahasa Inggris guru memberikan tugas membaca teks bacaan kepada siswa kelas X, Kegiatan tersebut dalam pendekatan saintifik disebut kegiatan:
 - A. menalar
 - B. mengamati
 - C. mengumpulkan informasi
 - D. menanya
4. Pendekatan saintifik dalam pembelajaran menekankan penalaran induktif yang ditunjukkan dengan hal-hal berikut ini, kecuali
 - A. melihat fenomena atau situasi spesifik, kemudian menarik kesimpulan secara keseluruhan
 - B. melihat fenomena umum untuk kemudian menarik kesimpulan yang spesifik
 - C. menempatkan bukti-bukti spesifik ke dalam realisasi ide yang lebih luas
 - D. mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan masalah yang spesifik
5. Seorang Guru dapat memulai kegiatan pembelajaran dengan mengajukan pertanyaan, memberikan anjuran membaca buku, atau aktivitas belajar lainnya yang mengarah pada persiapan pemecahan masalah. Hal ini disebut dengan pemberian rangsangan (*stimulation*), kegiatan tersebut merupakan langkah-langkah pada model pembelajaran:
 - A. CTL
 - B. *Problem based Learning*
 - C. *Discovery Learning*

D. *Project Based Learning*

6. Pembelajaran konstruktivistik adalah salah satu model pembelajaran yang memungkinkan siswa belajar dengan mengkonstruksi sendiri dari apa yang dilihat dan dialami peserta didik. Dalam pembelajaran tentang koperasi dapat dilakukan melalui
 - A. menghubungkan teori dengan tujuan pembelajaran
 - B. menugaskan siswa untuk observasi pada kegiatan koperasi dan permasalahannya
 - C. menyesuaikan tujuan pembelajaran dengan tujuan koperasi
 - D. memanfaatkan koperasi dalam kehidupan sehari hari sebagai materi pembelajaran

7. Pembelajaran berbasis masalah dikembangkan oleh pendidik bertujuan untuk mengembangkan kemampuan peserta didik berpikir...
 - A. reaktif
 - B. deduktif
 - C. kritis
 - D. realistik

8. Kegiatan pembelajaran yang efektif untuk menanamkan nilai kebersamaan dalam mengerjakan tugas pada diri peserta didik adalah...
 - A. Pembelajaran konstruktivistik
 - B. pembelajaran kontekstual
 - C. pembelajaran langsung
 - D. pembelajaran kooperatif

9. Tidak semua model pembelajaran tepat digunakan untuk semua KD/materi pembelajaran. Model pembelajaran tertentu hanya tepat digunakan untuk materi pembelajaran tertentu pula. Demikian sebaliknya mungkin materi pembelajaran tertentu akan dapat berhasil maksimal jika menggunakan model pembelajaran tertentu. Untuk itu guru harus menganalisis rumusan pernyataan setiap KD, Rambu-rambu penentuan KD menggunakan model hasil karya (*Problem Based dan Project Based Learning*) dengan kriteria sebagai berikut, kecuali....
 - A. pernyataan KD-3 dan KD-4 mengarah pada pencarian dan penemuan
 - B. pernyataan KD-3 dan KD-4 mengarah pada hasil karya berbentuk jasa dan atau produk
 - C. pernyataan KD-3 pada bentuk pengetahuan metakognitif
 - D. pernyataan KD-4 pada taksonomi menyaji dan mencipta
 - E. pernyataan KD-3 dan KD-4 yang memerlukan persyaratan penguasaan pengetahuan konseptual dan procedural

10. Metoda ceramah sangat cocok digunakan untuk :
 - A. mengajarkan ranah kognitif hingga tingkat sintesis
 - B. meningkatkan antusias siswa
 - C. mengajar siswa dalam kelompok yang besar
 - D. mendorong siswa untuk berpartisipasi aktif dan berfikir kritis

11. Metode Pembelajaran: Diskusi dan Menggali Informasi
Tujuan Pembelajaran: Siswa dapat menceritakan salah satu budaya Jawa dengan benar.
Media pembelajaran yang paling sesuai untuk Metode dan Tujuan Pembelajaran di atas adalah....
A. berita televisi
B. gambar aneka budaya
C. majalah budaya jawa di perpustakaan
D. gambar pemandangan daerah jawa
12. Kurikulum 2013 menekankan pada dimensi pedagogik modern dalam pembelajaran, yaitu menggunakan pendekatan ilmiah. Pendekatan ilmiah dalam pembelajaran meliputi mengamati, menanya, mengumpulkan data/informasi, mengasosiasi, mengkomunikasikan, dan mencipta untuk semua mata pelajaran. Apabila guru bertanya kepada siswa baik secara individu maupun kelompok pada suatu topik pembelajaran, fungsi bertanya pada proses pembelajaran tersebut adalah KECUALI...
A. membangkitkan rasa ingin tahu, minat, dan perhatian peserta didik tentang suatu tema atau topik pembelajaran
B. membiasakan peserta didik untuk diam mengikuti pelajaran sehingga sigap dalam merespon pertanyaan dari guru
C. mendorong dan menginspirasi peserta didik untuk aktif belajar, serta mengembangkan pertanyaan dari dan untuk dirinya sendiri
D. mendiagnosis kesulitan belajar peserta didik sekaligus menyampaikan rancangan untuk mencari solusinya
13. Seorang guru membagi peserta didik dalam suatu kelas menjadi beberapa kelompok kecil dimana anggota dalam setiap kelompok bertindak saling membelajarkan. Metode tersebut adalah...
A. Jigsaw procedure
B. Student Team Achievement Division
C. Complex instruction
D. Team Accelerated instruction
14. Guru yang efektif mampu menginspirasi peserta didik untuk meningkatkan dan mengembangkan ranah sikap, keterampilan dan pengetahuannya. Pertanyaan guru sebaiknya menuntut jawaban yang bervariasi, misalnya berapa ukuran taman yang berbentuk persegi panjang dapat dipagari dengan kawat yang panjangnya 20 meter. Kriteria pertanyaan tersebut...
A. bersifat *probing* atau divergen
B. bersifat penguatan
C. menginspirasi jawaban
D. singkat dan jelas
15. Seorang guru Matematika melakukan aktivitas pembelajaran sebagai berikut :
(1) membekali peserta didik dengan fakta atau fenomena yang dapat dijelaskan dengan penalaran

- (2) mendorong dan menginspirasi peserta didik berpikir secara kritis, analitis, dan tepat dalam mengidentifikasi, memahami, memecahkan masalah, dan mengaplikasikan materi pembelajaran
- (3) mendorong dan menginspirasi peserta didik mampu berpikir hipotetik dalam melihat perbedaan, kesamaan, dan tautan satu sama lain dari materi pembelajaran
- (4) mendorong dan menginspirasi peserta didik mampu memahami, menerapkan, dan mengembangkan pola berpikir yang rasional dan objektif dalam merespon materi pembelajaran

Pada proses pembelajaran guru tersebut menggunakan pendekatan...

- A. CBSA
- B. PAIKEM
- C. ilmiah
- D. non ilmiah



KUNCI JAWABAN

- | | | |
|------|-------|-------|
| 1. D | 6. B | 11. C |
| 2. D | 7. C | 12. B |
| 3. B | 8. D | 13. A |
| 4. B | 9. A | 14. A |
| 5. C | 10. C | 15. C |



Penutup

Modul Pendekatan Saintifik ini memberikan gambaran tentang materi, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang disajikan secara sistematis dan menarik untuk mencapai tingkatan kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya. Dengan adanya modul ini sebagai salah satu sumber belajar bagi peserta diklat, yang dirancang sebagai bahan ajar untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta diklat, diharapkan kompetensi yang ingin dicapai dapat terlaksana.

Sehingga Diklat Guru Pembelajar sebagai program dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan dan kompetensi PTK, diharapkan akan berpengaruh terhadap peningkatan mutu pendidikan secara keseluruhan.



Daftar Pustaka

- Arends, R.I. (1977). *Classroom Instruction and Management*. New York: Mc Graw Hill
- Arikunto, S. (1998). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Boujaude, S & Barakat, H (2003). *Students' Problem Solving Strategis in Stoichiometry and Their Relationships to Conseptual Understanding and Learning Approaches*. Electric Journal of Science Education Vol.7.no.3.
- Dahar, R.W. (1996). *Teori – Teori Belajar*. Jakarta : Erlangga
- De Porter, et all. (2000). *Quantum Teaching*. Bandung: Mizan Media Utama.
- Depdiknas. (2002). *Pendekatan Kontekstual*. Jakarta : Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Dimiyati dan Mudjiono. (2006). *Belajar dan Pembelajaran (Cetakan ketiga)* Jakarta : PT RIneka Cipta
- Djamarah, S.B. (1997). *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Fattah, N. (2006). *Landasan Manajemen Pendidikan*. Bandung: PT Remaja Rosda Karya.
- Hamzah B, Uno.(2007).*Model Pembelajaran Menciptakan Proses Belajar Mengajar yang Kreatif dan Efektif*.Jakarta; PT Bumi Aksara.
- Hudojo, H. (2002). *Representasi Belajar Berbasis Masalah*. Prosiding Konferensi Nasional Matematika XI, Edisi Khusus.
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan. (2013). *Materi Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013*. Jakarta : Kemdikbud.
- Sudjana, Nana. 2008. *Dasar-Dasar Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Sulipan. (2011). *Belajar dan Pembelajaran*. Universitas Pasundan. Bandung
- Sulipan. (2011). *Evaluasi Pembelajaran*. Universitas Pasundan. Bandung
- Sulipan, DR. Dip.Ed,M.Pd ,(2010) *Penelitian Tindakan Kelas , Cara Mudah Menerapkan Metode Pembelajaran Dan Menuliskan Laporan PTK*. Tangerang: CV. Buana Semesta.

Syaiful Sagala. (2003) *Konsep dan Makna Pembelajaran*. Bandung, ALFABETA

Undang-Undang (2003), *Undang-undang, Nomor 20, Tahun 2003, tentang Sistim Pendidikan Nasional*.



Glosarium

Istilah	Keterangan
<i>Translasi</i>	mengubah simbol tertentu menjadi simbol lain tanpa perubahan makna
<i>Interpretasi</i>	menjelaskan makna yang terdapat dalam simbol, baik dalam bentuk simbol verbal maupun non verbal
<i>Ekstrapolasi</i>	melihat kecenderungan, arah atau kelanjutan dari suatu temuan
<i>Teacher Centered Teaching (TCL)</i>	suatu pendekatan belajar yang berdasar pada pandangan bahwa mengajar adalah menanamkan pengetahuan dan keterampilan
<i>Student Centered Learning (SCL)</i>	merupakan pendekatan dalam pembelajaran yang memfasilitasi pembelajar untuk terlibat dalam proses <i>Experiential Learning</i> (pengalaman belajar)
Scientific Approach	Pendekatan saintifik; Pembelajaran yang terdiri atas kegiatan mengamati, merumuskan pertanyaan, mencoba/mengumpulkan data, mengasosiasi/ menganalisis/mengolah data dan menarik kesimpulan serta mengkomunikasikan. Langkah-langkah tersebut dapat dilanjutkan dengan kegiatan mencipta.
<i>Project Based Learning</i>	model pembelajaran berbasis proyek
<i>Problem Based Learning</i>	model pembelajaran berbasis masalah
<i>Discovery/Inquiry Learning</i>	model pembelajaran melalui penyingkapan/ penemuan



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	I
DAFTAR GAMBAR	III
DAFTAR TABEL	VI
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	3
D. Ruang Lingkup	4
E. Saran Cara Penggunaan Modul	5
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	7
Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Proses Las OAW	7
A. Tujuan	7
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	7
C. Uraian Materi	7
D. Aktivitas Pembelajaran	14
E. Rangkuman	17
F. Tes Formatif	18
G. Evaluasi	25
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	28
Peralatan Pengelasan dan Pengelasan pada Proses Las OAW	28
A. Tujuan	28
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	28
C. Uraian Materi	28
D. Aktivitas Pembelajaran	54
E. Rangkuman	57
F. Tes Formatif	57
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3	68
Bentuk Sambungan, Posisi Pengelasan dan Simbol Las	68
A. Tujuan	68
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	68
C. Uraian Materi	68
D. Aktivitas Pembelajaran	95
E. Rangkuman	97

F. Tes Formatif.....	98
KEGIATAN PEMBELAJARAN 4.....	105
Proses Pengelasan Pipa.....	105
A. Tujuan.....	105
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	105
C. Uraian Materi.....	105
D. Aktivitas Pembelajaran.....	114
E. Rangkuman.....	116
F. Test Formatif.....	116
KEGIATAN PEMBELAJARAN 5.....	141
Pemeriksaan Hasil Las OAW.....	141
A. Tujuan.....	141
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	141
C. Uraian Materi.....	141
D. Aktivitas Pembelajaran.....	147
E. Rangkuman.....	149
F. Tes Formatif.....	149
G. Kunci Jawaban.....	172
PENUTUP.....	241
DAFTAR PUSTAKA.....	242
KUNCI JAWABAN TEST FORMATIF.....	245
EVALUASI.....	256
PENUTUP.....	258
GLOSARIUM.....	259



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Kompetensi.....	3
Gambar 2.2.1	Contoh APD	52
Gambar 2.3.1	Silinder Oksigen.....	69
Gambar 2.3.2	Silinder Asetilen	69
Gambar 2.3.3	Silinder LPG.....	70
Gambar 2.3.4	Regulator Oksigen dan Asitilen.....	75
Gambar 2.3.5	Regulator LPG	75
Gambar 2.3.6	Slang Gas	76
Gambar 2.3.7	Pembakar Gas	78
Gambar 2.3.8	Tip Las	78
Gambar 2.3.9	Pakaian Pelindung	80
Gambar 2.3.10	Alat Penghisap	80
Gambar 2.3.11	Peralatan Las Oksi Asetilen	81
Gambar 2.3.12	Oxy-Acetylene Attachments Chart	82
Gambar 2.3.14	Mixer	84
Gambar 2.3.15	Tipe Welding Tip	85
Gambar 2.3.16	Cutting Nozel.....	86
Gambar 2.3.17	Heating Tip.....	87
Gambar 2.3.18	Silinder Key	88
Gambar 2.4.1	Posisi Pengelasan Pada Butt Joint Welds	107
Gambar 2.4.2	Posisi Pengelasan Pada Fillet Joint Welds.....	107
Gambar 2.4.3	Parameter Sambungan	108
Gambar 2.4.4	Simbol Pengelasan	116

Gambar 2.4.5 Simbol Las Butt Joint	117
Gambar 2.4.6 Simbol Las Fillet Joint	117
Gambar 2.4.7 Simbol Las T Joint	118
Gambar 2.4.8 Simbol Las Field Weld	118
Gambar 2.4.9 Simbol Las Kontur.....	118
Gambar 2.4.10 Simbol Finishing Las	119
Gambar 2.4.11 Distorsi Memanjang	126
Gambar 2.4.12 Distorsi Melintang.....	127
Gambar 2.4.13 Distorsi Menyudut	127
Gambar 2.4.14 Las Catat.....	128
Gambar 2.4.15 Alat Bantu Las.....	129
Gambar 2.4.16 Pengaturan Letak Bahan	129
Gambar 2.4.17 Pengaturan Jalur Las	130
Gambar 2.4.18 Penggunaan Logam Pendingin	131
Gambar 2.4.19 Perbaikan Distorsi dengan Pemanasan.....	132
Gambar 2.5.1 Sambungan Tumpul 1G dan 2G	144
Gambar 2.5.2 Persiapan Permukaan Logam pada Pengelasan Tumpul Posisi Datar.....	144
Gambar 2.5.3 Pemberian Las Ikat.....	145
Gambar 2.5.4 Posisi Brander / Tip.....	145
Gambar 2.5.5 Permulaan Pengelasan.....	146
Gambar 2.5.6 Pengisian Kawah Las	147
Gambar 2.5.7 Hasil Las	148
Gambar 2.6.1 Cacat Overlap	177
Gambar 2.6.2 Cacat Excessive	178
Gambar 2.6.3 Cacat Underfill	178

Gambar 2.6.4 Cacat Undercut	179
Gambar 2.6.5 Cacat Porosity.....	179
Gambar 2.6.6 Cacat Incomplete Fusion	180
Gambar 2.6.1 Cacat Cracking	180
Gambar 2.6.1 Pemberian Las Ikat	145



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.1	Keterkaitan antara Langkah Pembelajaran dengan Kegiatan Belajar dan	
	Hasilnya	7
Tabel 2.1.2	Penentuan Model Pembelajaran Mata Pelajaran : Teknik Pemesinan Bubut ; Kelas XI	21
Tabel 2.1.3	Analisis Keterkaitan Domain Antara SKL, KI, dan KD, untuk Mapel...	34
Tabel 2.1.4	Lembar Kerja Perancangan Kegiatan Pembelajaran	35
Tabel 2.1.5	Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (Model Discovery Learning).....	37
Tabel 2.1.6	Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (Model Inquiry Learning).....	37
Tabel 2.1.7	Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (Model Problem Based Learning)	38
Tabel 2.2.1	Contoh Rambu-rambu Keselamatan Kerja.....	53
Tabel 2.3.1	Tabel Bahan dan Ukuran Tip.....	86
Tabel 2.3.2	Tabel Bahan dan Ukuran Cutting Tip	87
Tabel 2.4.1	Macam-macam Sambungan Las.....	108
Tabel 2.4.2	Simbol Las Kampuh.....	115
Tabel 2.4.3	Simbol Pengelasan.....	116
Tabel 2.4.4	Penerapan Simbol Las	119



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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

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

Modul yang disusun ini disiapkan untuk membantu guru dan tenaga kependidikan paket keahlian Teknik Pengelasan dalam menguasai kompetensi profesional dalam mengelas dengan menggunakan las Oksi asetilin. Oleh karena itu, modul

ini berisi paparan tentang proses pengelasan dengan menggunakan Proses Las Oxy Acetylene Welding (OAW), yaitu proses las asetilin untuk menggabungkan dua buah pipa melalui proses pemanasan dan pencairan benda kerja. Dalam modul ini dipaparkan materi yang diarahkan pada upaya untuk memfasilitasi guru dan tenaga kependidikan dalam menguasai kompetensi mengelas pipa sambungan tumpul dan sambungan sudut dengan proses las OAW pada posisi di bawah tangan dan mendatar.

B. Tujuan

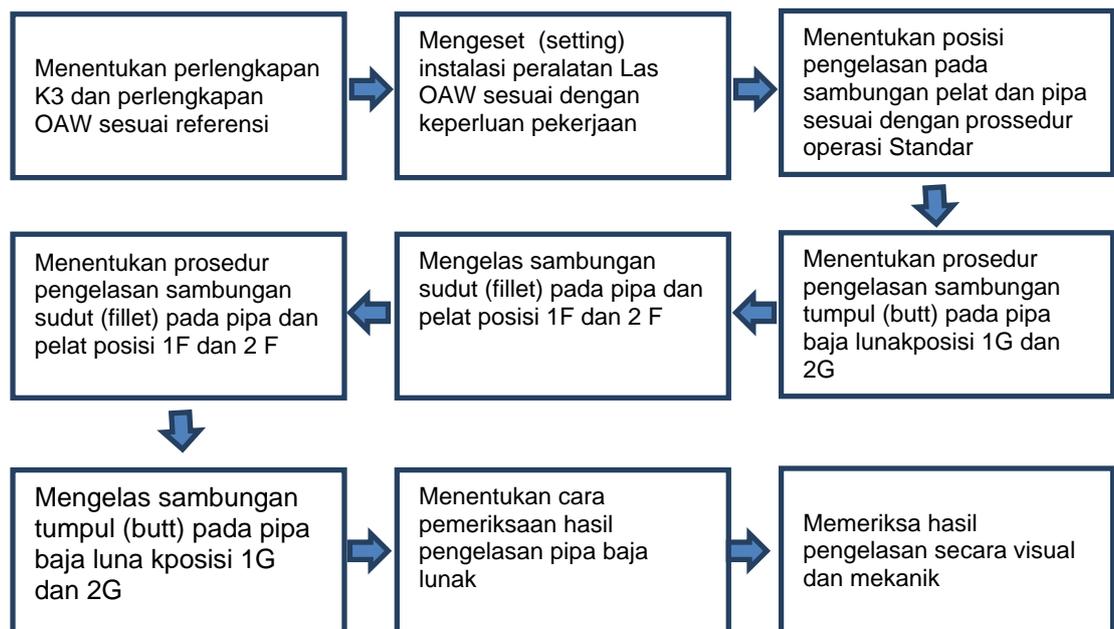
Secara umum, tujuan dari penulisan modul ini adalah untuk memfasilitasi peserta diklat dalam meningkatkan dan mengembangkan keprofesionalannya dalam bidang pengelasan dengan menggunakan proses OAW. Oleh karena itu, setelah mempelajari seluruh isi modul ini peserta diklat diharapkan mampu melakukan proses pengelasan pipa sambungan tumpul dan sambungan sudut dengan proses las OAW pada posisi di bawah tangan dan mendatar.

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

1. Mengidentifikasi dan Menerapkan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) bidang Pengelasan di Tempat Kerja.
2. Mengidentifikasi Peralatan Pengelasan pada Proses Las OAW
3. Mengidentifikasi, material las dan Bahan Tambah (Filler Rod) pada Proses Las OAW
4. Menentukan Persiapan Pengelasan OAW
5. Melaksanakan Proses Pengelasan pelat dengan pipa Sambungan Sudut (Fillet Joint) 1F dan 2F OAW pada Pipa Baja Lunak
6. Melaksanakan Proses Pengelasan pipa Sambungan Tumpul (Butt Joint) 1G dan 2G OAW pada Pipa Baja Lunak
7. Memeriksa dan menguji hasil las

C. Peta Kompetensi

Melalui materi pembelajaran ini, Anda akan melakukan tahapan kegiatan pembelajaran kompetensi pedagogi dan profesional pada grade 1 (satu) secara *one shoot training* dengan moda langsung (tatap muka). Gambar 1.1 memperlihatkan Diagram Alur Pencapaian Kompetensi Grade 1. Pada pembelajaran kompetensi profesional pedagogi, Anda akan mempelajari proses memfasilitasi pengembangan potensi peserta didik untuk mengaktualisasikan potensi yang dimilikinya melalui beberapa aktivitas belajar antara lain mempelajari bahan bacaan, diskusi, studi kasus, mengerjakan tugas dan menyelesaikan test formatif. Alokasi waktu yang disediakan untuk menyelesaikan materi pembelajaran ini adalah 45 JP. Pada pembelajaran kompetensi profesional, Anda akan mempelajari prosedur pengelasan pipa dengan menggunakan proses las OAW melalui beberapa kegiatan antara lain diskusi, menyelesaikan Lembar Kerja (Uji Pemahaman materi), dan melakukan Tugas Praktik. Alokasi waktu yang disediakan untuk menyelesaikan materi pembelajaran ini adalah 105 JP.



Gambar 1.1 Peta Kompetensi

D. Ruang Lingkup

Modul ini disiapkan untuk 7 (tujuh) kegiatan belajar yang terdiri atas 1 (satu) kegiatan belajar untuk bidang pedagogik, dan 6 (enam) disiapkan untuk kegiatan belajar bidang professional. Uraian materi bidang pedagogik mencakup uraian tentang memfasilitasi pengembangan potensi peserta didik untuk mengaktualisasikan berbagai potensi yang dimilikinya. Adapun uraian materi bidang professional mencakup uraian tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) dalam bidang pengelasan OAW; peralatan las OAW; bahan tambah dan bahan fluks pelindung, ; persiapan pengelasan; proses pengelasan rigi-rigi tanpa dan dengan bahan tambah; pengelasan pipa sambungan tumpul pipa pada posisi 1G dan 2G; pengelasan pipa dan pipa sambungan sudut pipa pada posisi 1F dan 2F; pemeriksaan dan pengujian hasil las.

Kedelapan kegiatan belajar tersebut diorganisasikan sebagai berikut:

1. Kegiatan Belajar 1 (satu) memuat sajian materi pedagogik dengan bahan kajiannya tentang implementasi memfasilitasi pengembangan potensi peserta didik untuk mengaktualisasikan potensi yang dimilikinya.
2. Kegiatan Belajar 2 (dua) memuat sajian materi tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Bidang Las OAW. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar 2 ini, dibagi menjadi 3 (tiga) bahan bacaan, yaitu: (1)K3 di tempat kerja, (2) bahaya-bahaya dalam pengelasan dan pencegahannya, dan (3) alat pelindung diri pada proses pengelasan OAW.
3. Kegiatan Belajar 3 (tiga) memuat sajian materi tentang peralatan utama, peralatan bantu, dan nyala api sesuai prosedur operasi standa
4. Kegiatan Belajar 4 (empat) memuat sajian materi tentang Persiapan Pengelasan OAW. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar 5 ini, dibagi menjadi 2 (dua) bahan bacaan, yaitu: (1)posisi pengelasan, sambungan dan simbol las, (2) tindakan pencegahan dan perbaikan distorsi
5. Kegiatan Belajar 5 (lima) memuat sajian materi tentang Proses Pengelasan Sambungan Sudut (Fillet Joint) 1F dan 2F pada Pipa dan pipa Baja Lunak. Materi pokok dalam kegiatan ini dibagi menjadi 2 (dua) latihan praktik, yaitu: (1) proses pengelasan sambungan sudut (fillet joint) 1F pada pelat dan pipa

- baja lunak, (2) proses pengelasan sambungan sudut (fillet joint) 2F OAW pada pelat dan pipa baja lunak .
6. Kegiatan Belajar 6 (enam) memuat sajian materi tentang Proses Pengelasan pipa Sambungan Tumpul (*Butt Joint*) 1G dan 2G OAW . Materi pokok dalam kegiatan ini dibagi menjadi 2 (dua) latihan praktik, yaitu: (1) proses pengelasan sambungan tumpul (*butt joint*) 1G pada pipa baja lunak, (2) proses pengelasan sambungan tumpul (*butt joint*) 2G pada pipa baja lunak
 7. Kegiatan Belajar 7 (tujuh) memuat sajian materi tentang Pemeriksaan Hasil pengelasan dengan OAW. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar ini, dibagi menjadi 3 (tiga) bahan bacaan, yaitu: (1) pemeriksaan hasil pengelasan (2) Inspeksi pengelasan, (3) pengujian hasil pengelasan

E. Saran Cara Penggunaan Modul

1. Materi pembelajaran utama pengelasan dengan menggunakan proses las OAW ini berada pada tingkatan grade 2 (dua), terdiri dari materi pedagogi dan materi profesional. Materi pedagogi berisi bahan pembelajaran tentang uraian tentang memfasilitasi pengembangan potensi peserta didik untuk mengaktualisasikan berbagai potensi yang dimilikinya dan materi profesional berisi bahan pembelajaran tentang prinsip dan prosedur pengelasan OAW. Materi pembelajaran dalam setiap Kegiatan Belajar, terbagi atas 3 (tiga) bagian, yaitu: Pengantar aktivitas pembelajaran, Uraian materi yang terbagi dalam beberapa Bahan Bacaan, Rincian aktivitas pembelajaran, Lembar Kerja/TugasPraktek, Rangkuman dan TesFormatif.
2. Waktu yang digunakan untuk mempelajari materi pembelajaran ini diperkirakan 150JP, dengan rincian untuk materi pedagogi 45 JP dan untuk materi profesional 105 JP, melalui diklat PKB moda tatap muka.

Untuk memulai kegiatan pembelajaran, Anda harus mulai dengan membaca Pengantar Aktivitas Belajar, menyiapkan dokumen-dokumen yang diperlukan/ diminta, mengikuti tahap demi tahap kegiatan pembelajaran secara sistematis dan

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



KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Proses Las OAW

A. Tujuan

Setelah proses diklat, dengan memperhatikan bahaya yang dapat ditimbulkan peserta diklat dapat menentukan peralatan keselamatan dan kesehatan kerja pada pengelasan las oksidasi asetilin (OAW) dengan tepat.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

20.16.1. Menganalisis peralatan keselamatan dan kesehatan kerja pada pengelasan oksidasi asetilin

20.16.2 Menentukan prosedur penggunaan peralatan K3L pada proses Las Oksidasi asetilin

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1: Gangguan Kesehatan dan Penyebab

Kecelakaan Kerja

Pekerjaan pengelasan dengan panas cukup beragam, antara lain pengelasan dengan gas oksidasi-asetilin. Jenis pekerjaan ini merupakan salah satu jenis pekerjaan yang cukup berpotensi menyebabkan gangguan terhadap kesehatan dan dapat menyebabkan kecelakaan kerja.

Gangguan kesehatan dan kecelakaan secara umum dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yakni operator atau teknisi pengelasan itu sendiri, mesin dan alat-alat pengelasan, serta lingkungan kerja. Adapun secara rinci gangguan kesehatan atau kecelakaan tersebut dapat disebabkan oleh hal-hal berikut: (1) kelalaian operator/ teknisi, (2) alat-alat/ mesin yang tidak dilengkapi oleh pengaman atau tidak layak pakai, (3) sinar pengelasan, (4) debu dan asap, (5) panas/ api, (6) kejatuhan benda, serta (7) bising/ suara di atas standar pendengaran.

1. Kelalaian

Kelalaian dalam bekerja adalah penyebab kecelakaan kerja yang sering terjadi pada kerja pengelasan. Bentuk kelalaian tersebut diantaranya: tidak mengikuti instruksi dan prosedur kerja (SOP) yang ditentukan, tidak menggunakan alat keselamatan dan kesehatan kerja yang dianjurkan, melakukan tindakan “bodoh” (bermain-main sambil bekerja atau tidak serius), dan tidak peduli dengan daya tahan tubuh dalam bekerja sehingga terjadi kelelahan kerja.

2. Kondisi alat/ mesin

Kondisi alat-alat atau mesin-mesin yang tidak dilengkapi pengaman atau kondisi tidak aman, akan sangat memungkinkan terjadinya kecelakaan, terutama jika pada kondisi tersebut tidak adanya rambu-rambu peringatan serta kurangnya kepedulian terhadap ancaman bahaya kecelakaan. Misalnya, slang gas yang sudah tidak layak pakai (retak), sehingga akan dapat bocor dan akan menimbulkan bahaya kebakaran atau ledakan kapan saja tanpa ada peringatan. Demikian juga alat-alat dan mesin yang tidak layak pakai atau kurang perawatan akan menyebabkan tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

3. Sinar pengelasan

Dalam proses pengelasan dengan panas akan menimbulkan sinar/ cahaya yang dapat membahayakan operator atau orang-orang yang berada di sekitar tempat kerja. Kuatnya sinar/ cahaya yang ditimbulkan oleh proses pengelasan sangat tergantung pada jenis proses pengelasan yang digunakan. Jenis cahaya yang ditimbulkan juga beragam, yakni cahaya tampak, ultra violet, infra merah.

Pada pengelasan dengan gas (oksi-asetilin atau LPG), cahaya yang dominan hanyalah cahaya tampak. Walaupun cahaya ini tidak begitu kuat atau tidak sekuat cahaya pada pekerjaan las, namun akan berdampak pada kelelahan mata jika tidak menggunakan kaca penyaring yang sesuai. Cahaya tampak yang terang dan menyilaukan yang masuk ke mata akan diteruskan oleh lensa dan kornea mata ke retina mata. Bila cahaya ini terus menerus masuk ke mata, maka mata akan segera menjadi lelah dan sakit. Rasa lelah dan sakit pada mata sifatnya hanya sementara, namun kalau terjadi berulang-ulang dan

dalam waktu yang lama, maka akan berpengaruh pada saraf-saraf disekitar mata, sehingga akan dapat menimbulkan rasa sakit pada mata dan pusing/sakit kepala.

Adapun pada pengelasan dengan busur plasma, juga akan menimbulkan cahaya infra merah dan ultra violet (di samping cahaya tampak). Cahaya ini lebih berbahaya dari cahaya tampak, karena akan berdampak terhadap kesehatan yang lebih berat. Sinar infra merah berasal dari busur plasma tidak diketahui dan tidak terlihat tetapi akibatnya sama dengan pengaruh panas api secara langsung. Dampak yang paling cepat dan langsung terasa adalah pada mata, yaitu akan terjadi pembengkakan pada kelopak mata, terjadinya penyakit kornea dan kebutaan.

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

4. Debu dan Asap

Debu pada proses pengelasan ditimbulkan dari kotoran yang menempel pada permukaan bahan atau karat dan terak-terak halus yang dihasilkan oleh proses pengelasan. Sedangkan asap ditimbulkan oleh proses penyalaan api pengelasan, misalnya saat “nyala preheating” pada proses pengelasan dengan gas oksidasi-asetilin atau dengan LPG. Asap yang lebih berbahaya dapat ditimbulkan oleh pengelasan dengan busur plasma dan busur-udara (air arc gouging), dimana dari prosesnya dapat menghasilkan asap/ gas beracun, seperti nitrogen dioksida, terutama pengelasan bahan aluminium dan baja tahan karat.

Debu dan asap yang ditimbulkan oleh proses pengelasan dengan panas, terutama pengelasan dengan busur plasma dapat terhisap dan akan masuk ke rongga paru-paru, sehingga akan menimbulkan penyakit, seperti batuk dan sesak napas dan lain sebagainya.

5. Panas

Panas yang ditimbulkan oleh proses pengelasan dengan panas berasal dari api potong atau busur listrik, panas bahan yang dipotong, maupun dari loncatan api pengelasan. Sebagaimana umumnya benda panas, maka panas yang terjadi akibat pengelasan perlu diperhatikan dengan baik, karena resiko kecelakaan akibat panas benda kerja cukup sering terjadi apabila tidak mengikuti prosedur kerja dan tidak mengindahkan penggunaan alat-alat keselamatan dan kesehatan kerja. Adapun kemungkinan kecelakaan yang terjadi antara lain adalah luka bakar pada tangan saat memegang bahan pengelasan tanpa menggunakan tang panas/ sarung tangan atau oleh loncatan api pengelasan/ cairan pengelasan yang mengenai bagian tubuh yang terbuka (misalnya kepala) atau kaki.

Luka bakar yang diakibatkan oleh logam panas dan busur pengelasan adalah karena adanya pencairan benda kerja antara 1200–1500 °C dan sinar infra merah, hal ini dapat mengakibatkan luka bakar pada kulit, sehingga dapat menyebabkan kulit melepuh/ terkelupas. Luka bakar yang diakibatkan oleh loncatan bunga api adalah loncatan butiran logam cair yang ditimbulkan oleh cairan logam. Walaupun bunga api itu kecil, tapi dapat melubangi kulit melalui pakaian kerja, lobang kancing yang lepas atau pakaian kerja yang longgar.

6. Kejatuhan benda

Resiko kejatuhan benda saat kerja pengelasan dapat saja terjadi, terutama ketika persiapan pengelasan (*setting*) dan melakukan perbaikan atau membersihkan hasil pengelasan. Untuk itu, kehati-hatian dalam bekerja sangat dituntut dalam hal ini, karena kejatuhan benda kerja dapat mengakibatkan cedera ringan sampai berat, misalnya patah atau luka memar.

7. Bising/ suara di atas standar pendengaran

Standar kemampuan pendengaran manusia adalah sekitar 90 desibel (dB) dan akan mengganggu (merasa sakit) pendengaran bila suara yang ditimbulkan tersebut (tingkat kebisingannya) di atas 120 dB.

Pada proses pengelasan dengan gas oksasi-asetilin/ LPG, relatif tidak bising, namun pada proses pengelasan dengan busur plasma akan menimbulkan

tingkat kebisingan yang cukup tinggi, yakni dapat mencapai antara 95 dan 130 dB. Oleh sebab itu, jika kita berada atau melakukan pekerjaan pengelasan dengan proses busur plasma, maka dianjurkan untuk menggunakan alat pelindung telinga (*ear plug*).

Bahan Bacaan. 2: Pencegahan Kecelakaan pada Pekerjaan Pengelasan dengan proses OAW

Hal yang paling mendasar yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan yang mengandung resiko kecelakaan adalah melakukan pekerjaan sesuai standar operasional prosedur (SOP) yang telah ditentukan dan bekerja secara serius, serta hati-hati di setiap langkah pekerjaan. Namun demikian, ada kelengkapan kerja yang perlu disiapkan dan hal-hal yang perlu diperhatikan agar terhindar dari kecelakaan kerja, yakni sebagai berikut:

1. Menggunakan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja berupa alat pelindung diri (APD) atau *personal protective equipment (PPE)* yang dipersyaratkan, antara lain: pakaian kerja, apron/ jaket, sarung tangan, kaca mata potong, sepatu *safety*, dan *ear plug*, dll.



Gambar 2.2.1 Contoh APD

2. Menggunakan pembatas atau pelindung daerah kerja agar orang lain tidak terganggu, atau bekerja di tempat yang terpisah dari pekerjaan lain. Hal

tersebut diperlukan karena dalam proses pengelasan kadangkala perlu penanganan material dengan menggunakan alat berat, misal forklif untuk mengangkat atau memindahkan benda kerja.

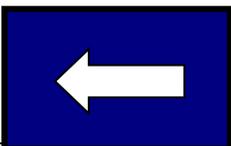
- Melengkapi daerah kerja (bengkel) dengan rambu-rambu keselamatan kerja. Pada bengkel-bengkel kerja pengelasan, terutama pada industri yang mempekerjakan banyak orang, maka rambu-rambu penggunaan peralatan keselamatan dan kesehatan kerja serta tanda-tanda peringatan amatlah penting. Hal ini adalah demi terhindarnya seluruh orang (pekerja dan non pekerja) dari resiko kecelakaan.

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

Berikut ini adalah contoh-contoh rambu-rambu keselamatan kerja yang banyak digunakan pada bengkel secara umum:

Tabel 2.2.1 Contoh rambu-rambu keselamatan kerja

No.	RAMBU-RAMBU	ARTI RAMBU-RAMBU
1.		Helm pengaman harus dipakai !
2.		Sepatu kerja/ pengaman harus dipakai !

3.		Sarung tangan harus dipakai !
4.		Kaca mata pengaman harus dipakai !
5.		Pengaman telinga harus dipakai !
6.		Saringan pernafasan harus dipakai !
7.		Hati-hati !
8.		Penunjuk arah

Catatan :

Penempatan rambu-rambu disesuaikan dengan kondisi dan tuntutan pekerjaan.

- Menyediakan obat-obatan untuk pertolongan pertama pada kecelakaan (PPPK).

Resiko kecelakaan yang banyak terjadi pada kerja pengelasan dengan panas adalah jenis luka bakar dan goresan ringan sampai sedang. Luka bakar dapat terjadi pada seluruh anggota tubuh, terutama pada tangan dan kaki, baik diakibatkan oleh panas langsung, benda kerja yang panas ataupun oleh sinar pengelasan, serta oleh percikan api pengelasan. Adapun luka tergores atau terpotong dapat disebabkan oleh sisi-sisi tajam benda kerja ataupun oleh alat-alat bantu pengelasan.

Secara umum obat-obatan yang perlu disediakan pada bengkel pengelasan adalah obat-obatan yang umum dipakai pada bengkel-bengkel kerja pada umumnya. Untuk obat-obatan mata, diperlukan obat tetes khusus untuk mata disamping obat pembersih mata yang dipakai sebelum obat tetes (*boor water*).

Berikut ini adalah macam-macam obat-obatan/ peralatan PPPK yang disarankan untuk disediakan pada bengkel pengelasan dengan gas:

- a. Obat luka bakar (misalnya *Livertran* atau sejenisnya)
- b. Obat luka (misalnya *Betadine* atau obat merah, untuk luka tergores/ terpotong ringan sampai dengan sedang)
- c. Pembersih mata (misalnya *boor water*, untuk pembersih mata sebelum diberi obat tetes mata).
- d. Obat tetes mata (sesuai anjuran dokter atau yang umum tersedia dipasaran)
- e. Verban, kapas, *band aid* (spt. Tensoplast, Handyplast, dll).

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar : Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, ½ JP)

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

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran **Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Proses Las OAW** ini? Sebutkan!
2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan anda pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

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

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

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

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

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

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

1. Tentukan jenis-jenis potensi bahaya yang ada di bengkel las?
2. Bagaimana cara penanganan masing-masing potensi bahaya tersebut!

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

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

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

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

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

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

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

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

Setelah LK-04 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Anda dapat membaca **Kegiatan Pembelajaran KP-3** tentang Peralatan Pengelasan pada Proses Las OAW

E. Rangkuman

Setiap pekerjaan akan ada risikonya baik kecil ataupun besar. Seorang teknisi atau operator pengelasan harus memperhatikan keselamatan dan kesehatan kerja karena dapat mengganggu kesehatan dan berbagai resiko kecelakaan, yang disebabkan oleh: operator atau teknisi itu sendiri, mesin dan alat-alat pengelasan, serta lingkungan kerja.

Kecelakaan kerja tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi, namun dapat diminimalisir serta dicegah sebelum kecelakaan itu datang dengan melakukan pekerjaan menurut SOP dan teknik yang benar serta harus memperhatikan kondisi kesehatan sebelum melakukan pekerjaan. Disamping itu, kita juga harus

peduli terhadap rambu-rambu keselamatan dan memperhatikan penggunaan APD untuk melindungi diri dari resiko mengganggu kesehatan dan kecelakaan yang diakibatkan oleh: kelalaian, alat-alat/ mesin yang tidak dilengkapi oleh pengaman atau tidak layak pakai, sengatan listrik (electric shock), sinar pengelasan, debu dan asap, panas/ api, kejatuhan benda, serta bising/ suara di atas standar pendengaran.

P3K perlu dilakukan dan merupakan tindakan pertama jika terjadi suatu kecelakaan. Untuk itu, seorang operator pengelasan sedikitnya perlu mengetahui langkah-langkah dalam penanganan kecelakaan dan penggunaan obat-obat yang diperlukan untuk tindakan tersebut, antara lain: obat luka bakar, obat luka, pembersih dan obat tetes mata, serta verban/ band aid, dsb.

F. Tes Formatif

1. Jelaskan pentingnya pemahaman keselamatan dan kesehatan kerja di bidang pengelasan!
2. Jelaskan kondisi-kondisi tidak aman di tempat kerja!
3. Jelaskan bahaya apa saja yang diakibatkan sinar las!
4. Jelaskan bagaimana saja cara mengatasi bahaya asap dan gas las!
5. Jelaskan Alat Pelindung Diri (APD) untuk seorang *welder*!

Lembar Kerja KP-2

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran **Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Proses Las OAW**? Sebutkan!

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

2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

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

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

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

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

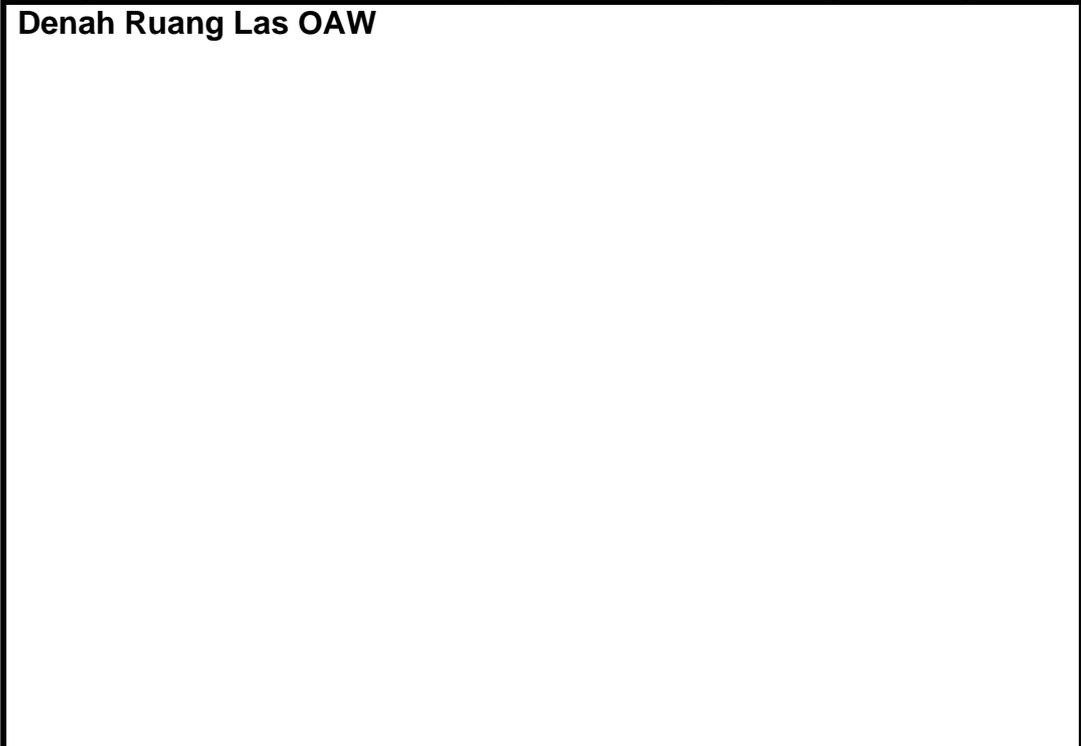
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

Form LK-01 Lembar Pengamatan Lingkungan Kerja dan Alat Keselamatan Kerja Proses Las OAW

No.	Alat Keselamatan Kerja	Spesifikasi	Jml	Kondisi	
				Baik	Rusak

Denah Ruang Las OAW



Form LK-02 Lembar Pengamatan Potensi Bahaya pada Proses Pengelasan OAW

No	Jenis Bahaya	Rincian Potensi Bahaya
1.	Kebakaran/ Ledakan	
2.	Gas pelindung	
3.	Sinar las	
4.	Asap las	
5.	.....

Form LK-03 Lembar Identifikasi Alat Pelindung Diri pada Proses Pengelasan OAW

No	Alat Pelindung Diri yang harus ada	Fungsinya

Form LK-04 Lembar Pengamatan Ketersediaan dan Kondisi Alat Pelindung Diri pada Proses Pengelasan OAW

No.	APD yang harus ada	APD yang tersedia	Jml	Kondisi	
				Baik	Rusak

G. Evaluasi

Untuk mengukur hasil belajar Anda tentang materi pokok “Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pengelasan”, maka kerjakanlah soal-soal berikut ini secara seksama.

1. Pilihan ganda

Beri tanda silang pada alternatif jawaban yang paling benar dari pertanyaan-pertanyaan berikut (a, b, c, atau d)

PERTANYAAN :

1. Pada pekerjaan pengelasan dengan panas dapat menimbulkan gangguan kesehatan atau kecelakaan. Faktor-faktor yang menjadi penyebab adalah:
 - a. alat-alat/ mesin yang tidak dilengkapi oleh pengaman atau tidak layak pakai
 - b. debu dan asap
 - c. panas/ api
 - d. a, b, c benar
2. Pada proses pengelasan timbul cahaya yang membahayakan operator pengelasan dan pekerja lain di daerah pengelasan. Sinar yang tidak terjadi dalam proses pengelasan adalah:
 - a. Cahaya tampak
 - b. Infra merah
 - c. Ultra merah
 - d. Ultra violet
3. Pada proses pengelasan dengan busur plasma akan menimbulkan tingkat kebisingan yang cukup tinggi, yakni dapat mencapai antara 95 dan 130 dB. Adapun batas kemampuan pendengaran manusia secara umum adalah:
 - a. 90 dB
 - b. 120dB
 - c. 75 dB
 - d. 130 dB
4. Alat pelindung diri yang selalu harus dipakai untuk mencegah timbulnya bahaya-bahaya yang dapat mengganggu keselamatan dan kesehatan kerja pada pekerjaan pengelasan adalah

- a. sarung tangan, sepatu kerja, kedok/ helm
- b. apron/ jaket, penutup hidung, kaca mata
- c. sepatu keselamatan (*safety shoes*), sarung tangan, kaca mata potong
- d. *exhaust fan*, sarung tangan, kaca mata, kedok/helm

5. Perhatikan simbol keselamatan kerja berikut !

Gambar yang bukan merupakan rambu-rambu atau simbol utama pada bengkel kerja pengelasan adalah

- a. A
- b. B.
- c. C
- d. A dan D



6. Berikut ini yang bukan termasuk usaha pencegahan luka bakar akibat panas langsung dan sinar pengelasan adalah memakai
- a. topi/ helm
 - b. sepatu kerja
 - c. baju kerja/ jaket
 - d. sarung tangan
7. Berikut ini yang bukan merupakan usaha pencegahan kecelakaan kerja pengelasan dengan panas adalah:
- a. menggunakan APD yang sesuai
 - b. pengelasan dilakukan pada ruang terbuka
 - c. melengkapi daerah kerja (bengkel) dengan rambu-rambu keselamatan kerja
 - d. menyediakan obat-obatan untuk PPPK

2. Uraian singkat

Jawablah pertanyaan berikut secara singkat, jepengelasan dan benar !

PERTANYAAN :

1. Pekerjaan pengelasan dengan gas adalah salah satu jenis pekerjaan yang cukup berpotensi menyebabkan gangguan terhadap kesehatan atau malah dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Jelaskan secara singkat gangguan dan jenis kecelakaan yang dapat ditimbulkan dari kerja pengelasan tersebut!
2. Sebutkan macam-macam cahaya api pengelasan yang ditimbulkan oleh proses pengelasan dan jelaskan akibat yang dapat ditimbulkan terhadap keselamatan dan kesehatan kerja.
3. Jelaskan nama dan penggunaan macam-macam APD berikut secara singkat!



4. Apa fungsi rambu-rambu keselamatan pada suatu bengkel? Jelaskan beserta contoh kasusnya!

Berikan contoh tindakan PPPK dalam kerja pengelasan; jika memerlukan obat-obatan, coba Anda rekomendasikan penggunaannya.



KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

Peralatan Pengelasan dan Pengelasan pada Proses Las OAW

A. Tujuan

Setelah proses diklat, dengan memperhatikan macam-macam peralatan las peserta diklat menentukan dan memasang peralatan las OAW dengan benar.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Menentukan peralatan utama, peralatan bantu, dan nyala api sesuai prosedur operasi standar

1. Peralatan pengelasan OAW dapat ditentukan dengan benar.
2. Peralatan pengelasan OAW dapat dipasang dengan benar.

C. Uraian Materi

Perlengkapan Pengelasan OAW

Bahan Bacaan 1: Gas untuk pengelasan dan pengelasan

1. Gas Oksigen dan Asetilin/ LPG

Gas oksigen, asetilin dan LPG (*Liquified Petroleum Gas*) disimpan dalam silinder dalam berbagai ukuran dengan standar pengamanan tertentu.

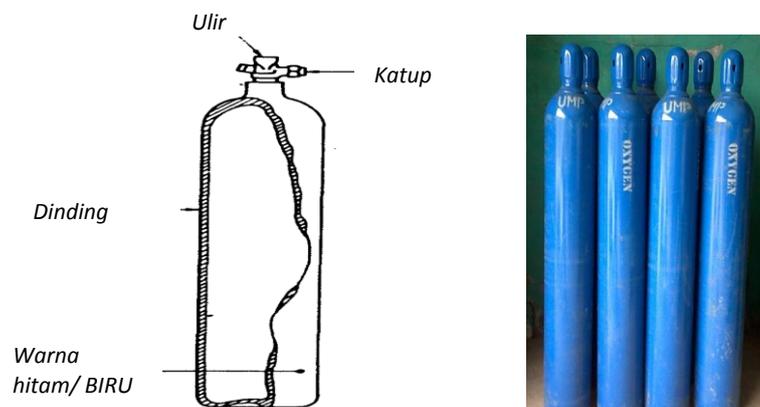
Ukuran-ukuran silinder oksigen dan asetilin bermacam-macam, tergantung kebutuhan pekerjaan, namun yang umum dipakai adalah mulai dari 3500 liter, 5000 liter, 6000 liter dan 7000 liter, sedangkan untuk silinder LPG untuk keperluan industri secara umum tersedia dalam ukuran 12 Kg dan 50 Kg.

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

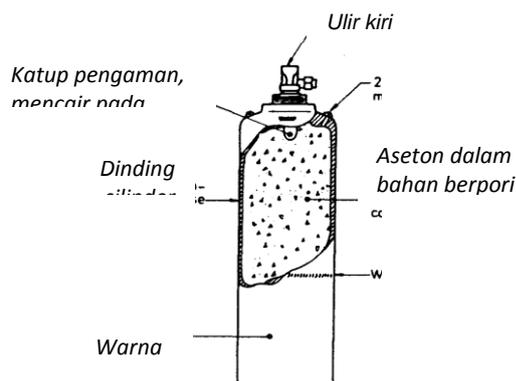
Dalam pemakaiannya, LPG dibedakan antara penggunaan untuk keperluan rumah tangga dan LPG untuk di industri. Untuk penggunaan di rumah tangga biasanya digunakan LPG Mix, yaitu campuran propane dan butana dengan komposisi antara 70- 80% dan 20-30% dan diberi odorant (*mercaptant*). Sedangkan untuk pemamaian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

Secara umum sifat LPG adalah sebagai berikut:

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



Gambar 2.3.1 Silinder oksigen



Gambar 2.3.2 Silinder asetilin



Gambar 2.3.3 Silinder LPG

2. Keselamatan Kerja untuk Silinder Oksigen:

Oksigen itu sendiri tidak dapat menyala dan meledak. Walaupun demikian oksigen akan menyebabkan bahan terbakar dengan tidak terkehendaki. Silinder oksigen pada dasarnya adalah untuk menyimpan gas oksigen dengan tekanan maximum 150 kg/cm^2 (2200 psi). Silinder ini dilengkapi dengan alat pengaman berupa “katup” pada silinder. Isi silinder oksigen dapat dihitung dengan mengalikan volume silinder dengan tekanan di dalamnya. Misalnya

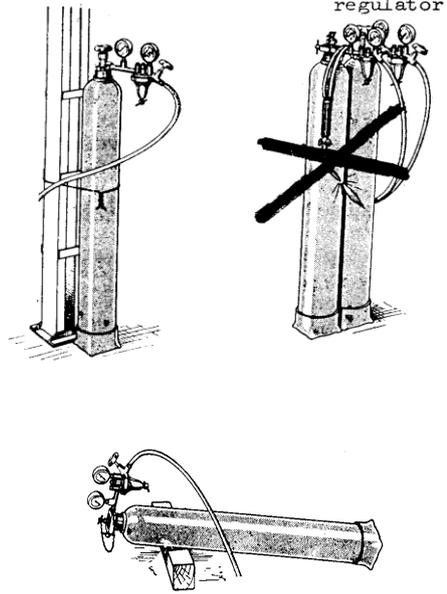
volume silinder 40 liter dan tekanan isi silinder 150 kg/cm² , maka isi oksigen adalah : 40 x 150 = 6000 liter.

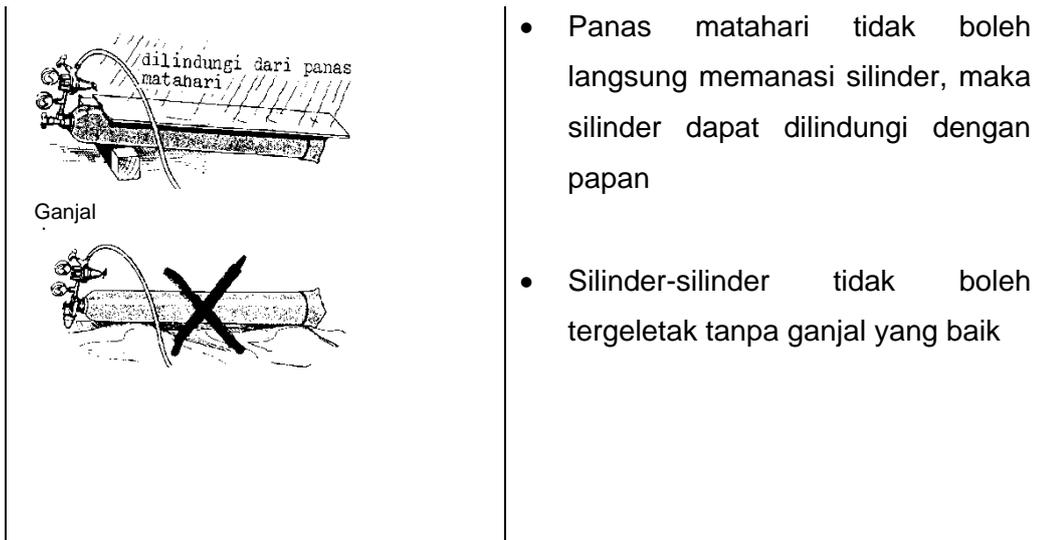
Secara umum hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menangani silinder oksigen adalah:

- Jangan mengoperasikan alat pneumatik dengan oksigen.
- Jangan menggunakan oksigen untuk pengecatan dengan spray.
- Jangan menggunakan oksigen sebagai pengganti udara yang dimanfaatkan.
- Jangan menghembus pipa, bejana atau tangki dengan oksigen
- Jangan menggunakan oksigen untuk penyegaran udara, membersihkan asap dalam ruang tertentu atau mendinginkan diri Anda pada cuaca yang panas

Untuk hal tersebut, maka silinder oksigen harus ditangani secara baik, agar tidak menimbulkan bahaya-bahaya yang tidak diinginkan.

Adapun teknik-teknik penanganan silinder oksigen adalah sebagai berikut :

 <p>The diagram illustrates three methods of handling oxygen cylinders. The top left shows a cylinder standing upright with a regulator attached. The top right shows a similar setup but with a large red 'X' over it, indicating it is incorrect. The bottom part shows a cylinder lying horizontally on its side, which is also an acceptable method.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Tangani silinder-silinder dengan hati-hati, tidak boleh terbentur, kena nyala api maupun benda panas.• Silinder-silinder harus selalu dalam keadaan tegak dan terikat dengan baik agar tidak jatuh.• Apabila silinder tidak memungkinkan berdiri tegak dapat juga direbahkan, tetapi manometer harus disebelah atas
---	---



- Panas matahari tidak boleh langsung memanasi silinder, maka silinder dapat dilindungi dengan papan
- Silinder-silinder tidak boleh tergeletak tanpa ganjal yang baik

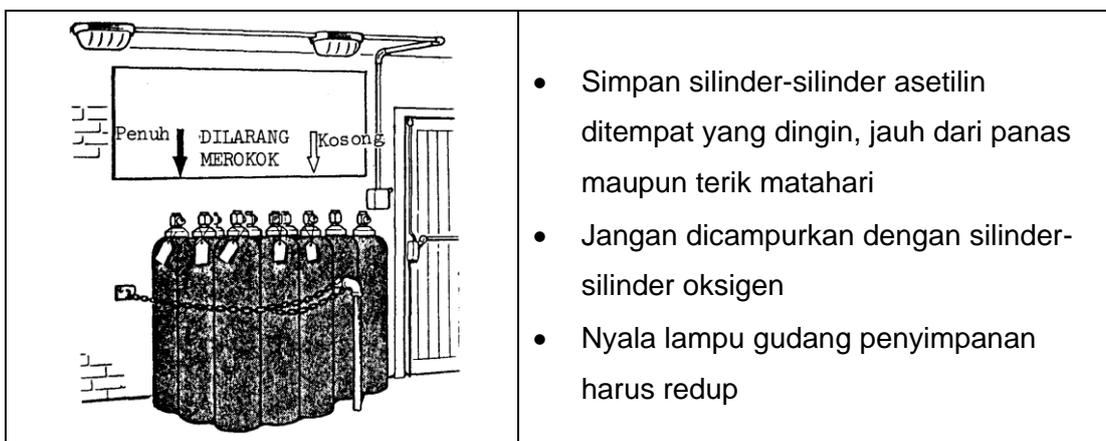
3. Keselamatan Kerja untuk Silinder Asetilin:

Secara umum hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menangani silinder asetilin adalah:

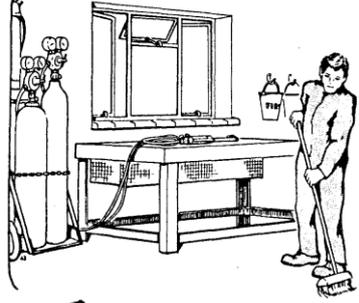
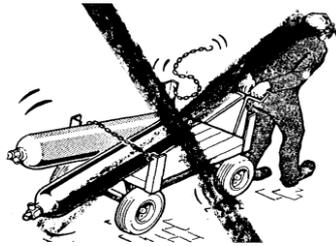
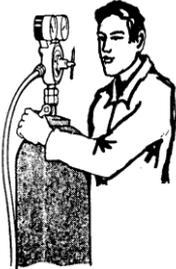
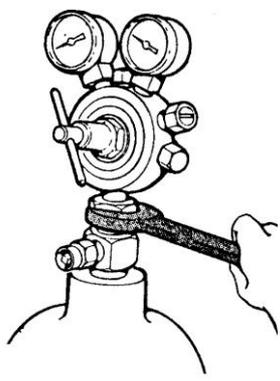
- Jangan mencoba memindahkan gas asetilin dari satu silinder ke silinder yang lain.
- Asetilin dilarutkan dalam cairan aseton di dalam silinder, sehingga dalam penanganan harus selalu diupayakan dalam keadaan tegak.
- Selalu tinggalkan kunci silinder pada silinder apabila sedang digunakan
- Sumbat pengaman silinder mencair pada 100° C, simpan silinder pada tempat dingin, ventilasi yang baik dan tempat yang terlindung

Pengelasan oksi asetilin adalah cukup aman bila Anda menggunakan peralatan yang wajar dan bekerja sesuai dengan prosedur.

Adapun teknik-teknik penanganan silinder asetilin adalah sebagai berikut:



- Simpan silinder-silinder asetilin ditempat yang dingin, jauh dari panas maupun terik matahari
- Jangan dicampurkan dengan silinder-silinder oksigen
- Nyala lampu gudang penyimpanan harus redup

	<ul style="list-style-type: none"> • Dilarang merokok / menyalakan api didekat silinder-silinder asetilin • Pisahkan silinder-silinder yang kosong dan yang penuh • Bersihkan tempat kerja dari segala kotoran, bebas dari bahan yang mudah terbakar, dan tidak licin
  	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam memindahkan silinder-silinder memerlukan penanganan yang teliti. • Hindari silinder-silinder dari terjatuh maupun terbentur secara keras. • Jangan berdiri di depan manometer ketika membuka katup silinder • Hindarkan pemakaian regulator yang rusak. • Tutup katup silinder bila tidak dipergunakan. Jika terjadi gas bocor ketika katup ditutup : <ol style="list-style-type: none"> 1. Pindahkan silinder ketempat yang jauh dari motor listrik atau sumber panas terbuka. 2. Jangan merokok dan hindari dari percikan api 3. Jika terjadi kebocoran disekeliling spindle, kencangkan baut mur hingga tidak terjadi kebocoran 4. Laporkan kepada penjual jika silinder tetap bocor.

PERHATIAN :

Gas asetilin dan bahan gas lainnya sangat mudah terbakar bila bercampur dengan oksigen atau udara. Kebocoran berarti mengundang bahaya kebakaran.

4. Keselamatan Kerja untuk Silinder LPG

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

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

Bahan Bacaan 2 : Regulator

Regulator atau alat pengatur tekanan yang berfungsi untuk:

- mengetahui tekanan isi silinder,
- mengatur tekanan isi menjadi tekanan kerja,
- mengetahui tekanan kerja,
- menjaga tekanan kerja agar tetap (konstan) meskipun tekanan isi berubah-ubah,
- mengamankan silinder, apabila terjadi nyala balik.

Pada regulator terdapat dua buah alat penunjuk tekanan atau biasa disebut manometer, yaitu manometer tekanan isi silinder dan manometer tekanan kerja.

Manometer tekanan isi mempunyai skala lebih besar bila dibandingkan dengan manometer tekanan kerja.

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

1. Regulator asetilin/ LPG berulir kiri

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

2. Regulator oksigen berulir kanan

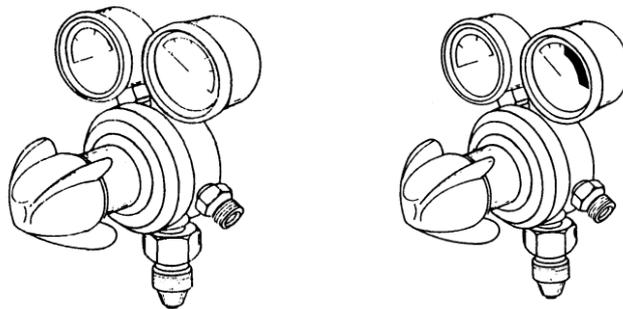
Pada waktu mengikat putaran ulirnya ke arah kanan atau searah dengan jarum jam, sedangkan untuk membuka diputar ke arah kiri atau berlawanan dengan arah jarum jam.

3. Warna bak manometer

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

Regulator asetilin : terdapat tulisan asetilin, warna bak merah.

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



Gambar 2.3.4 Regulator Oksigen dan Asetilin

Gambar 2.3.5 Regulator LPG

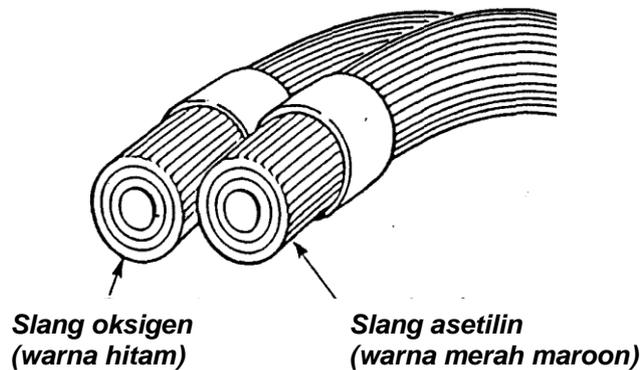


4. Keselamatan Kerja untuk Regulator:

- Jangan sekali-kali mencoba memperbaiki regulator jika tidak pernah dilatih untuk itu, *karena pengerjaan yang tidak benardapat menyebabkan resiko yang tidak diinginkan*
- Jangan mengoleskan oli atau *grease* pada regulator
- Jangan menangani regulator dengan menggunakan sarung tangan, kain atau tangan yang beroli.
- Jika pada manometer, tiba-tiba tekanannya naik saat katup pada pembakar (*blowpipe*) tertutup, maka segera tutuplah katup tabung dan segera perbaiki regulatormya. Walaupun tidak begitu berbahaya, tetapi dapat menyebabkan hasil pengelasan yang kurang baik.
- Sebelum membuka katup silinder kendorkan selalu tombol penyetel regulator sampai putaran penuh. Kenaikan tekanan secara mendadak di dalam regulator yang tombol penyetelnya diputar ke dalam akan menimbulkan tegangan pada mekanisme alat dan menyebabkan kerusakan.

Bahan Bacaan 3 : Slang Gas

Fungsi slang gas adalah untuk mengalirkan gas dari silinder ke pembakar; terbuat dari karet yang berlapis-lapis dan diperkuat oleh serat-serat bahan tahan panas.



Gambar 2.3.6 Slang Gas

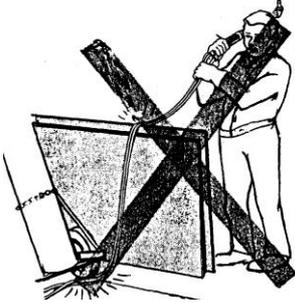
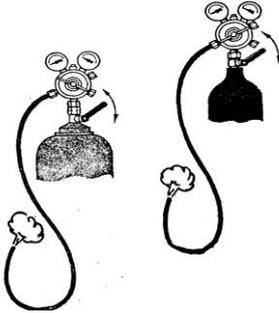
Slang gas harus mempunyai sifat :

- Kuat: Slang asetilin harus tahan tekanan 10 Kg / cm², slang oksigen harus tahan terhadap tekanan 20 Kg / cm²
- Tahan api / panas
- Lemas/ tidak kaku/ fleksibel

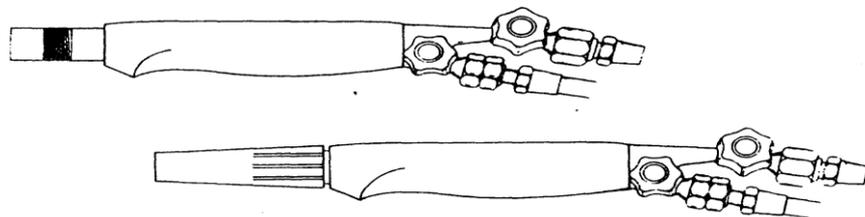
Slang oksigen berwarna hitam/biru/hijau, sedang slang asetilin berwarna merah (*maroon*).

Adapun teknik-teknik penanganan slang gas adalah sebagai berikut :

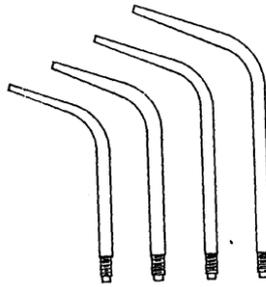
<p>The diagram shows a gas hose being crushed or bent sharply, illustrating a safety hazard. An arrow points to the point of crushing.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hindarkan pemakaian slang yang panjang (disarankan panjang slang yang dipakai antara 4 sampai 6 meter). Slang panjang cenderung tertekuk atau terpilin. • Jika harus menggunakan slang panjang, Pastikan bahwa semua sambungan kencang, dan pastikan bahwa slang terhindar dari kemungkinan terinjak, tertabrak, tertekuk atau terpilin. • Hindarkan slang agar tidak terjepit/
--	---

	<p>tergencet benda keras atau tajam, terpilin atau tertekuk.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jaga slang dari permukaan kasar, tepi-tepi tajam ataupun logam panas. • Hindarkan slang melintang di jalan dan gipengelasan gerobak.
	<ul style="list-style-type: none"> • Pada pemasangan slang baru, tiuplah slang sebentar dengan menggunakan gas dari silinder, maksudnya agar saluran slang betul-betul bersih • Jangan lupa sewaktu memasang slang, pastikan bahwa slang tidak diletakan pada tempat yang mungkin terinjak atau tertabrak/tergipengelasan oleh roda silinder.

Bahan Bacaan 4 : Pembakar (Brander / tip) dan Tip Las



Gambar 2.3.7 Pembakar gas



Gambar 2.3.8 Tip las

Fungsi Pembakar dan tip las :

- Mencampur gas oksigen dan gas asetilin
- Mengatur pengeluaran gas
- Mengadakan nyala api

1. Keselamatan Kerja untuk Pembakar dan Tip Las

- Mulut pembakar dibuat dari tembaga, oleh karena itu lunak sehingga harus dilakukan dengan hati-hati sewaktu membersihkannya.
- Gunakan jarum pembersih (tip cleaner) dengan ukuran yang tepat untuk menghindari terjadinya kerusakan pada lubang mulut pembakar.
- Jangan melepaskan atau memasang mulut pembakar dalam keadaan panas.
- Jangan menggunakan tang untuk memasang mulut pembakar.

Bahan Bacaan 5 : Pakaian Pelindung

Anda harus melindungi diri Anda sendiri dari cahaya dan panas radiasi bila mengelas dengan oksidasi asetilin.

Tindakan terbaik adalah bila Anda memakai baju dari bahan yang tidak mudah terbakar, celana yang kuat dan sepatu boot atau sepatu yang sesuai.

Pakaian tersebut sebaiknya dilindungi oleh sarung tangan yang panjang, penutup sepatu, apron yang menutup seluruh badan yang semuanya dibuat dari kulit.

Sebaiknya Anda tidak memakai pakaian dari nilon atau kain yang sejenis atau kaos kaki dari plastik. Pakaian yang dibuat dari bahan tersebut adalah berbahaya bila hal itu berhubungan/bersentuhan dengan panas atau api.

Rambut Anda harus ditutup dengan topi yang nyaman, Anda juga disarankan memakai kaca mata yang dibuat dari plastik ringan. Ukuran kaca penyaring sebaiknya sesuai dengan yang dianjurkan yaitu 4 sampai 6 untuk pengelasan secara umum. Kacamata melindungi Anda dari cahaya pembakaran, menyilaukan mata dan panas dari partikel yang mengaburkan selama Anda mengelas.



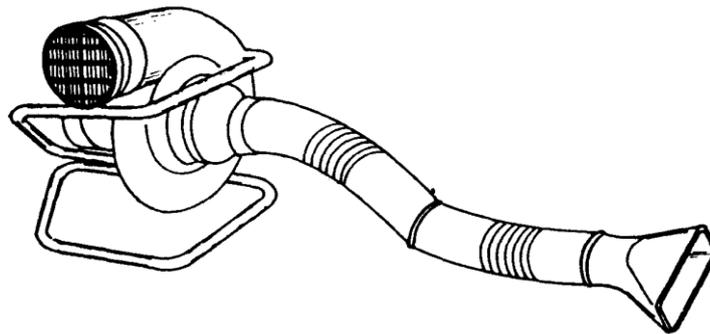
Gambar 2.3.9 Pakaian pelindung

Bahan Bacaan 6 : Ventilasi

Tempat bekerja sebaiknya luas dan terbuka, sehingga asap pengelasan dapat terbang/terhembus dengan cepat.

Beberapa asap dari pengelasan logam dapat membahayakan. Oleh karena itu perlu memperoleh perhatian yang wajar agar dapat menghilangkan asap dari daerah pernafasan.

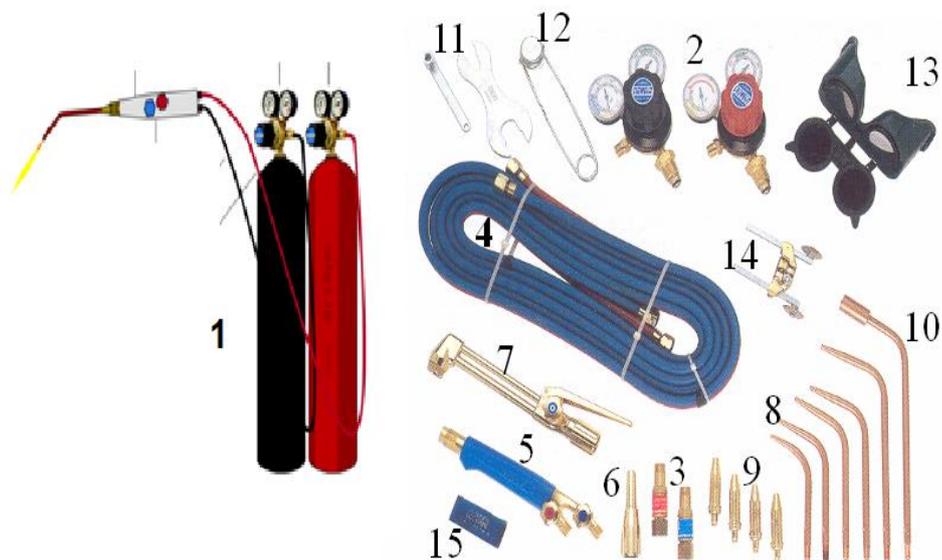
Jika sirkulasi udara kurang memadai, maka dapat digunakan alat pengisap. Alat ini dapat berupa sistem pengisap yang tetap atau alat pengisap yang dapat dipindah-pindah.



Gambar2.3.10 Alat penghisap

Bahan Bacaan 7 : Peralatan dan prosedur pemasangan Intalasi Las Oksi Asetilin

Peralatan Las Oksi Asetilin



Gambar2.3.11 Peralatan las oksi-asetilin

Keterangan Gambar :

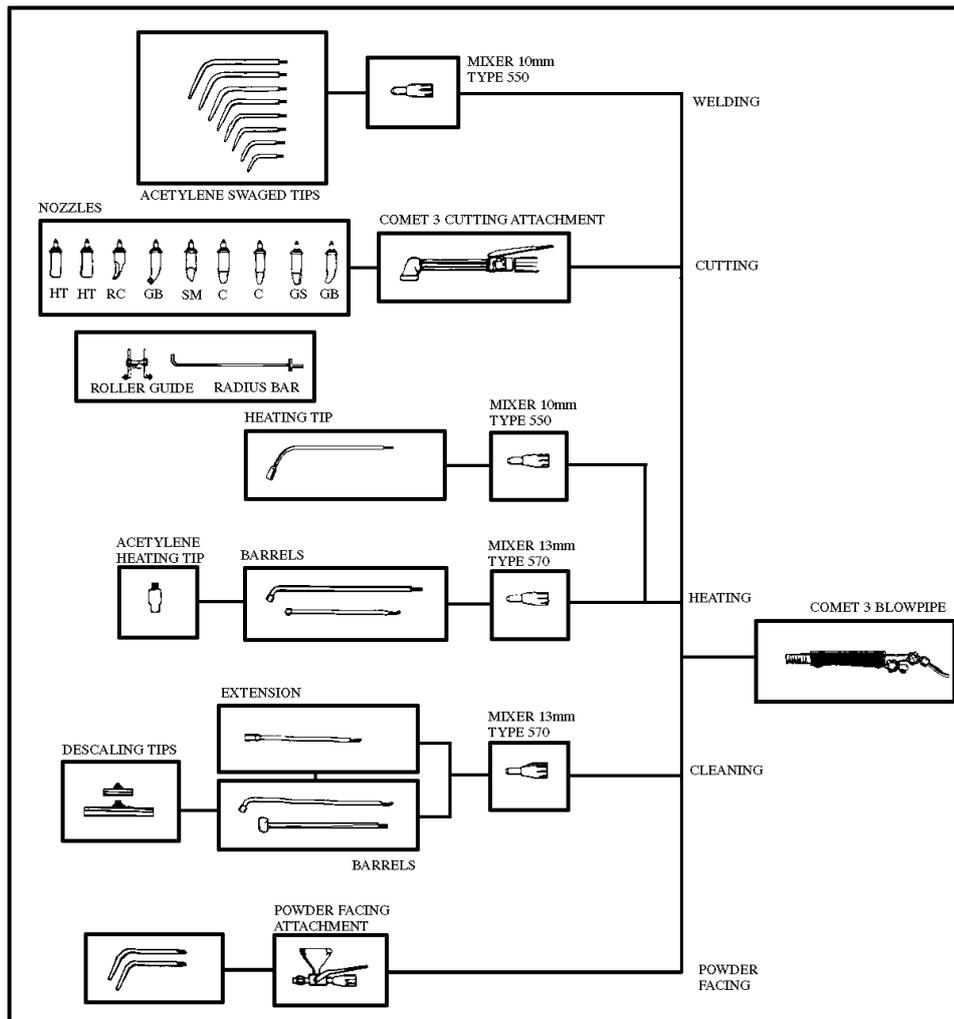
1. Oxyacetylene Silinder
2. Regulator
3. Flashback Arrestor

4. Hose/Selang
5. Blow pipe
6. Mixer
7. Cutting attachment/Brander / tip Blender
8. Welding Tip
9. Cutting Brander / Tip
10. Heating Tip/Pemanas
11. Silinder Key/Kunci silinder
12. Flint Lighter/Pematik
13. Goggle/Kacamata Las
14. Roller Guide/Pemandu
15. Tip Cleaner

Oxyacetylene Attachments (sambungan-sambungan oxyacetylene)

Ada sejumlah sambungan untuk pengelasan dan pengelasan yang cukup dikenal, disamping itu sambungan-sambungan juga tersedia untuk pemanasan, pembersihan dan pelapisan serbuk (*powder facing*).

Chart di bawah ini memperlihatkan sejumlah sambungan yang tersedia.



Gambar 3.12 Oxyacetylene attachments chart

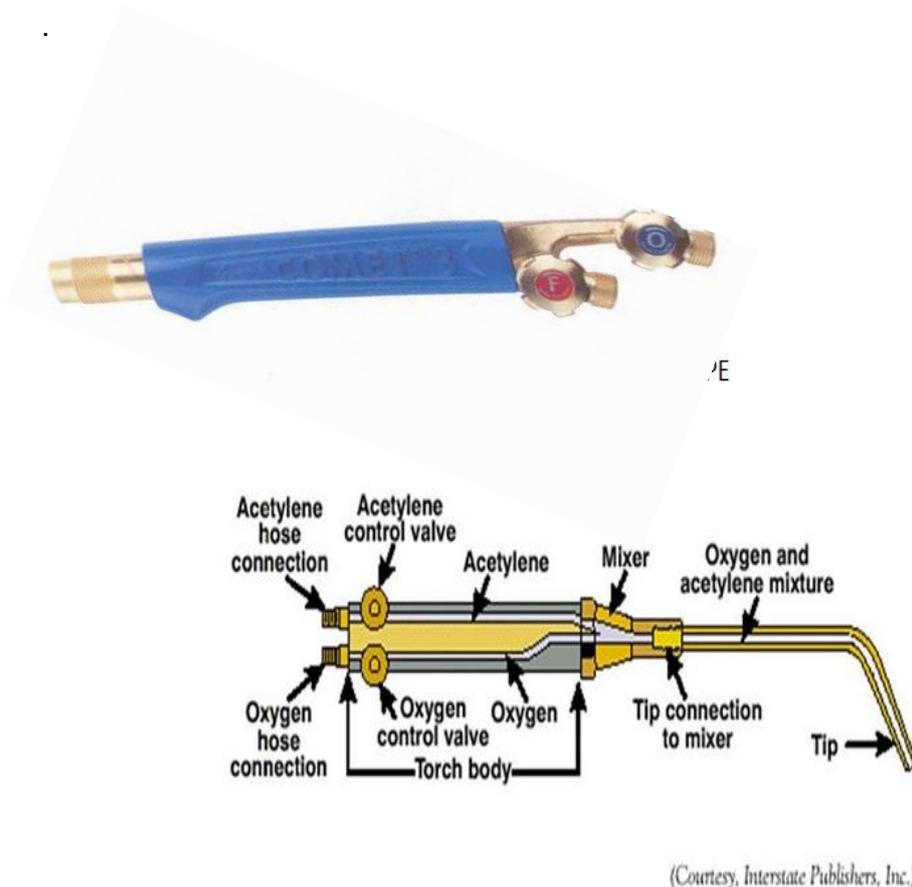
Blow pipe (pipa hembus)

Berfungsi sebagai kontrol keluarnya gas.

Dimana kedua buah *valve oxyacetylene* dapat kita atur/stel berapa besar presser/tekanan yang diperlukan untuk suatu pekerjaan (pengelasan, *welding*, dsb). *Blowpipe* juga memungkinkan operator untuk mengontrol ukuran dan jenis nyala api yang dihasilkan.

Valve Oksigen berwarna biru

Valve Asitilin berwarna merah



Gambar2.3.13 Welding blow pipe dan mixer

Mixer

Mixer adalah tempat dimana *oxyacetylene* bercampur secara homogeny. *Mixer* digunakan apabila kita akan mengelas menggunakan *oxyacetylene*. Di dalam mixer terdapat O ring yang berfungsi unruk mencegah kebocoran. Plate berbentuk pancing berfungsi sebagai gantungan dan sekaligus sebagai lock untuk mencegah bagian bawah mixer lepas/berputar.



Gambar2.3.14 Mixer

Welding Tips

Welding Tip merupakan tempat dimana gas *oxyacetylene* yang bercampur didalam *mixer* kemudian dirubah menjadi nyala api pengelasan.

Masing-masing blowpipe memiliki sejumlah welding tips untuk berbagai keperluan. Tip-tip ini memiliki sejumlah gas *orifices* (lubang) sehingga tersedia sejumlah ukuran nyala api.

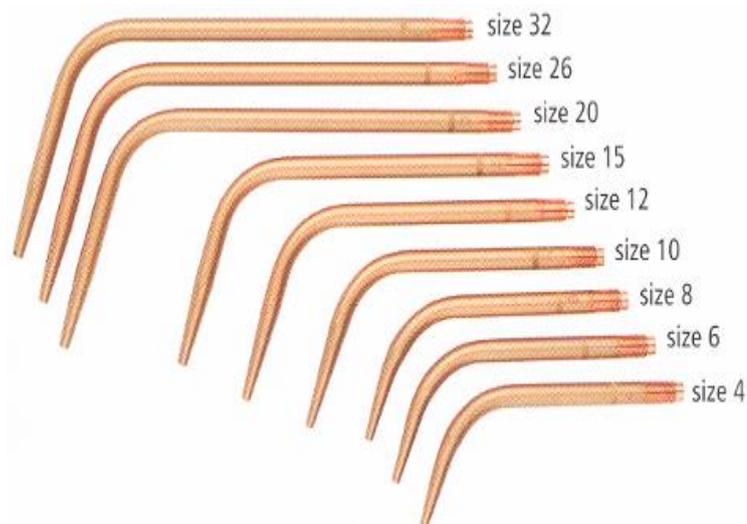
Tipe dan ukuran tip bermacam – macam seperti pada gambar.

Terdapat 2 jenis Tip :

1. *Tip type injector/tekanan rendah*
2. *Tip type mixer/tekanan rata*

Untuk memilih ukuran Tip yang perlu dipertimbangkan adalah sbb:

- Tebal bahan yang akan dilas
- Jenis bahan yang akan dilas
- Proses pengelasan.



Gambar2.3.15 Tipe welding tip

Tip mixer.

Tekanan *oxy-acetylene* sama yaitu antara 0.5s/d 0.7kg/cm² atau 50-70kpa

- Digunakan untuk gas asetilin silinder
- Hanya tertera nomor mulut

Tip injector

Oksigen lebih besar daripada asetilin

- Tekanan kerja oksigen 1.5 kg/cm² s.d 2.5 kg/cm²
- Tekanan kerja asetilin 0.8 kg/cm² s.d 1.5 kg/cm²
- Digunakan untuk gas acetylene dari generator/karbit
- Tertera nomor mulut, kapasitas dan tekanan kerja oksigen

Memilih dan menentukan Brander / Tip , pada tabel 2.3.1.

Tabel 2.3.1 Tebal bahan dan ukuran tip

Type Injector/Tekanan rendah		Type Mixer/Tekanan rata	
Ukuran tip	Thickhness(mm)	Ukuran tip	Thickhness(mm)
1	0.5-1	8	0.5-20
2	1-2	10	2-4
3	2-4	12	4-6
4	4-6	15	6-9
5	6-9	20	9-15
6	14-20		
7	20-30		

Cutting Brander / Tip

Ada dua jenis Brander / Tip cutting yang lazim digunakan yaitu :

1. LPG Brander / Tip dengan No : 44
2. *Oxyacetylene Brander / Tip* dengan No : 40



Gambar2.3.16 Cutting nozel

Memilih dan menentukan Brander / Tip , pada tabel 3.2.

Tabel 2.3.2 Tebal bahan dan ukuran cutting tip

Plate Thickness (mm)	Cutting tipe (Size)	Cleaning drill size	Regulator Presser	
			Oxy	Acetylene
6	8	8	180	100
12	12	12	200	100
20	12	12	235	100
25	15	15	280	100
40	15	15	300	100
50	20	20	300	100

Heating Tip

Heating Tip berfungsi untuk melakukan Preheat (pemanasan awal) dan Post heat (pemanasan setelah pengelasan)

Panas yang diberikan harus sesuai dengan temperatur yang diijinkan kepada metal yang dipreheat.

Alat untuk mengukur panas yang diberikan kepada metal telah sesuai atau belum adalah thermo gun dan temple stick.



Gambar2.3.17 Heating tip

Silinder key berfungsi untuk membuka dan menutup silinder asetilin.

Safety :

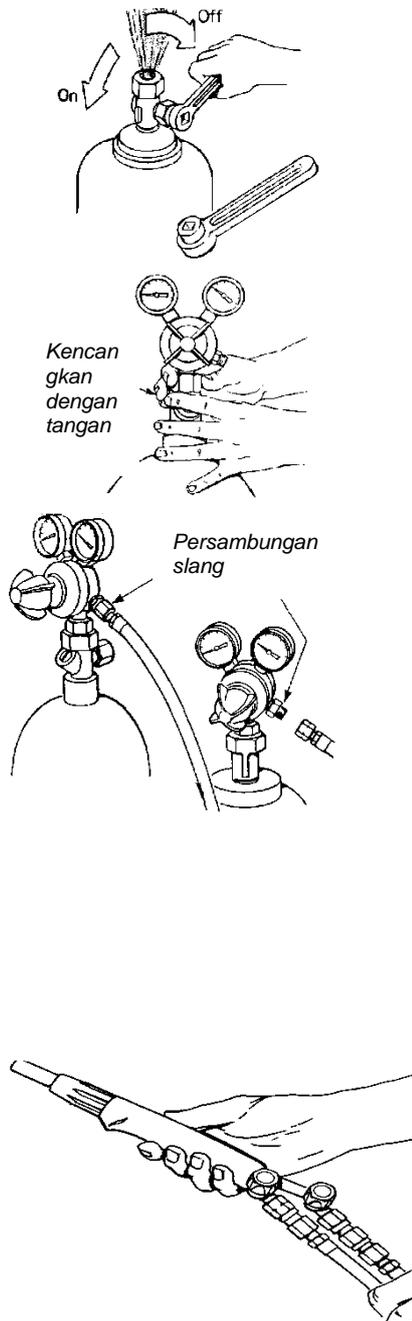
Letakan silinder key selalu didekat silinder ini bertujuan apabila terjadi emergency maka silinder dapat segera ditutup.



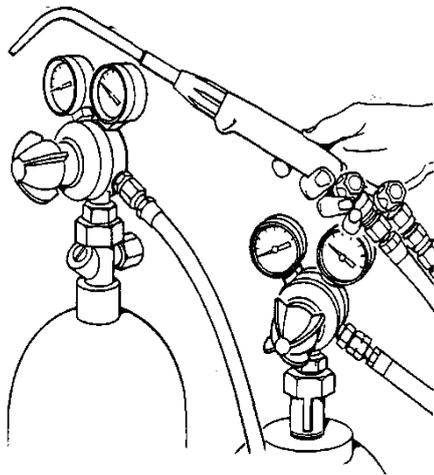
Gambar2.3.18 Silinder key

Prosedur Pemasangan Instalasi Las Oksi Asetilin

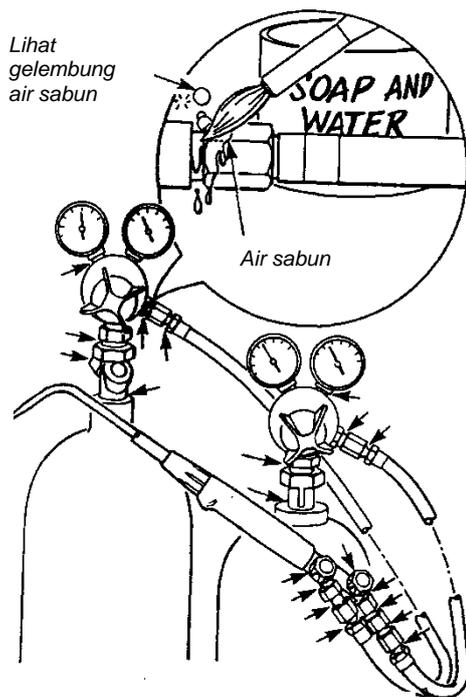
Agar peralatan las dipasang secara benar dan sesuai dengan standar operasional, maka perlu diikuti langkah-langkah sebagai berikut :



1. Letakkan silinder oksigen dan asetilin pada troli dalam keadaan berdiri tegak dan ikat dengan rantai pengaman. Buka segelnya pada masing-masing silinder.
2. Buka katup silinder oksigen dan asetilin.
 - Buka katup silinder oksigen dan segera tutup kembali, hal ini dilakukan dengan cepat (kira-kira dalam waktu $\frac{1}{2}$ detik), dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran pada dudukan regulator (*katup socket*).
 - Lakukan hal yang sama untuk silinder asetilin.
3. Pasanglah regulator oksigen dan asetilin secara bergantian pada masing-masing silinder.
 - Silinder oksigen mempunyai ulir kanan.
 - Silinder asetilin mempunyai ulir kiri.
 - Kencangkan dengan jari tangan untuk memastikan bahwa regulator sudah terpasang pada ulir dengan benar.
 - Kencangkan dengan menggunakan kunci pas (*spanner*) yang benar.
 - Periksa kran penyetel tekanan (*pressure adjusting screw*) pada kedua regulator, kran ini harus dalam keadaan kendur.



- Buka katup silinder, gunakan kunci silinder yang benar dan perlahan-lahan putar kira-kira satu setengah putaran.
4. Pasanglah masing-masing slang las ke regulator.
 - Gunakan kunci silinder (*cylinder key*) serba guna untuk mengencangkan sambungan tersebut hingga kencang.
 5. Pasanglah slang pada pembakar
 6. Pasanglah tip las pada pembakar
 - Pilih tip las yang sesuai dengan pekerjaan dan kencangkan dengan tangan.
 - Untuk mengencangkan tip las hanya diperkenankan dengan kekuatan tangan, tidak boleh menggunakan alat yang lain.
 - Periksa dan kencangkan kembali semua sambungan yang sudah selesai dipasang, dan periksa semua sambungan dari kebocoran



7. Pemeriksaan semua sambungan.

- Buka silinder oksigen katup kira-kira 1 sd 1,5 putaran hingga jarum manometer tekanan menunjuk angka tertentu, sesuai dengan tekanan isi silinder.
- Putar kran pengatur tekanan regulator oksigen sehingga menunjukkan tekanan 50 kPa atau yang setara., demikian juga untuk regulator asetilin.
- Oleskan air sabun **pada setiap sambungan** dengan menggunakan kuas. Kebocoran gas dapat diketahui dengan adanya gelembung-gelembung air sabun pada sambungan, bahkan kalau ada kebocoran yang cukup besar akan ada bunyi berdesis.
- Apabila terjadi kebocoran hendaknya mur penghubung atau klem slang dikencangkan lagi dengan menggunakan alat yang sesuai.

Catatan :

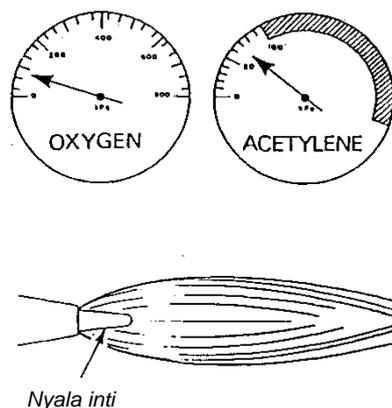
Sambungan-sambungan yang diperiksa adalah :

- *Silinder dengan regulator.*
- *Regulator dengan slang las.*
- *Slang las dengan pembakar.*
- *Pembakar dengan tip/mulut pembakar.*

Bahan Bacaan 8 : Penyalaan dan Pengaturan Nyala Api Las

- Nyala api netral (*Neutral flame*)
- Nyala api karburasi (*Carburising flame*)
- Nyala api oksidasi (*Oxidising flame*)

1. Nyala Api Netral (*Neutral Flame*)



Yang dimaksud dengan nyala netral ialah perbandingan campuran asetilin dengan oksigen seimbang.

Pada nyala netral terdapat dua bagian yaitu nyala inti dan nyala luar.

Tanda-tandanya :

- Bentuk kerucut nyala inti tumpul dan berwarna biru agak keputih-putihan.
- Disekitar kerucut nyala tidak ada kelebihan asetilin.

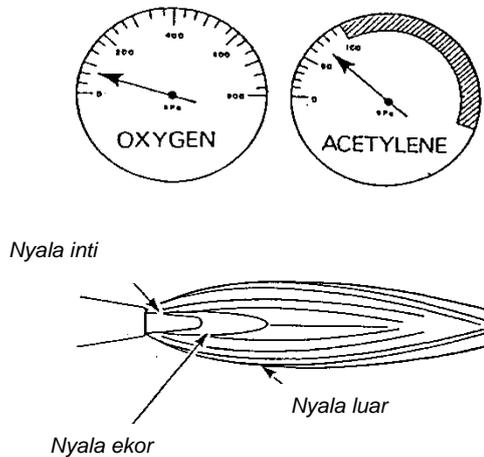
Pemakaiannya digunakan untuk las cair hampir semua jenis logam, kecuali tembaga dan paduannya.

Prosedur Menyalakan Nyala Netral :

- Stel tekanan pada regulator oksigen dan regulator asetilin pada tekanan kerja 70 kPa
- Buka katup asetilin (*acetylene valve*) pada hand piece perlahan-lahan kira-kira seperempat putaran dan nyalakan dengan korek api las.
- Terus buka katup asetilin sampai tidak berasap, tetapi tidak berbunyi /berdesis (berasap berarti kekurangan asetilin berbunyi/berdesis berarti kelebihan asetilin).
- Buka katup oksigen (*oxygen valve*) perlahan-lahan sehingga nyala berubah warnanya dari kuning menjadi biru.

- Teruskan membuka katup oksigen hingga bentuk kerucut berubah menjadi terang.

2. Nyala Api Karburasi (*Carburising Flame*)



Yang dimaksud dengan nyala karburasi adalah nyala kelebihan asetilin. Kalau diperhatikan ada tiga bagian didalam nyala tersebut, yaitu : nyala inti (*inner cone*), nyala ekor (*acetylene feather*), dan nyala luar (*outer cone*).

Tanda-tandanya :

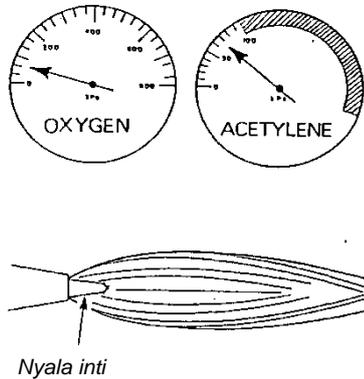
- Bentuk kerucut nyala inti tumpul dan berwarna biru.
- Disekitar kerucut nyala terlihat kabut putih.

Pemakaiannya untuk mengeraskan permukaan dan dapat juga digunakan untuk mematri keras.

Prosedur Menyalakan Nyala Karburasi

- Setel nyala netral.
- Buka katup asetilin sehingga terjadi *nyala inti, nyala ekor, dan nyala luar*

3. Nyala Api Oksidasi (Oxidising flame)



Yang dimaksud dengan nyala oksidasi ialah nyala kelebihan oksigen. Nyala ini terdiri dari dua bagian yaitu : nyala inti dan nyala luar.

Tanda-tandanya :

- Kerucut nyala inti meruncing dan pendek.
- Warna kerucut nyala biru terang.

Pemakaiannya digunakan untuk mengelas tembaga dan paduannya.

Prosedur Menyalakan Nyala Oksidasi :

- Setel nyala netral
- Kurangi asetilin sehingga terjadi nyala inti pendek dan meruncing.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar : Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, ½JP)

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

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran **Peralatan Pengelasan pada Proses Las OAW** ini? Sebutkan!
2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan anda pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

Aktivitas Pembelajaran 1 : Menganalisis Peralatan dan perlengkapan Las OAW (2JP)

Anda diminta untuk melakukan pengamatan di bengkel las OAW mengenai peralatan dan perlengkapan Las OAW. Bagian peralatan rangkaian yang diamati diantaranya Gas, slang, regulator, Brander / tip, Tip, dan pemasangan. Hasil pengamatan dituangkan dalam laporan tertulis (**LK-01**) berupa bagian-bagian peralatan dan perlengkapan, spesifikasi bagian-bagian, kondisi yang ada dan gambar sederhana Instalasi las OAW yang ada. Untuk membantu anda mengisi LK-01, dapat dipandu oleh pertanyaan berikut ini:

1. Sebutkan nama-nama bagian Instalasi las OAW yang ada di bengkel las!
2. Jelaskan fungsi masing-masing bagian tersebut!
3. Jelaskan pula kondisinya!

Setelah LK-01 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan.

Kemudian berdasarkan (**LK-01.P**) dan gambar Instalasi las OAW anda melakukan latihan melepas dan merakit ulang satu unit instalasi Las OAW. Anda diminta melaporkan secara rinci kegiatan melepas dan memasang ulang Instalasi las OAW. Setelah LK-01.P selesai, Anda dapat membaca **Bahan Bacaan 2** tentang Brander / tip.

Aktivitas Pembelajaran 2 : Pemasangan/ Install Peralatan Las

OAW (2 JP)

Anda diminta untuk melakukan pemasangan/ install peralatan Las OAW. Prosedur pemasangan dituangkan dalam laporan tertulis (**LK-02**) dan didiskusikan beserta peserta diklat lainnya bagaimana cara menginstall peralatan, pengecekan kebocoran gas, menyalakan nyala api benar. Untuk membantu anda mengisi LK-02, dapat dipandu oleh pertanyaan berikut ini:

1. Tentukan prosedur install peralatan OAW!
2. Bagaimana prosedur menyalakan nyala api!

Setelah LK-02 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Anda diminta melakukan pemasangan macam-macam ukuran ,tip tungsten dengan benar berdasarkan **LK-02.P**. Setelah LK-02.P selesai,

Aktivitas Pembelajaran 3 : Penyalaan dan Mengatur nyala Api (1 JP)

Anda diminta untuk melakukan penyalaan dan pengaturan nyala api peralatan Las OAW. Prosedur penyalaan dan pengaturan nyala api dituangkan dalam laporan tertulis (**LK-03**) dan didiskusikan beserta peserta diklat lainnya bagaimana cara menginstall peralatan, pengecekan kebocoran gas, menyalakan nyala api benar. Untuk membantu anda mengisi LK-03, dapat dipandu oleh pertanyaan berikut ini:

1. Tentukan prosedur penyalaan!
2. Bagaimana prosedur pengaturan nyala api!

Setelah LK-03 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Anda diminta melakukan pemasangan macam-macam

ukuran ,tip tungsten dengan benar berdasarkan **LK-03.P**.Setelah LK-03.P selesai, Anda dapat melanjutkan ke **Kegiatan Pembelajaran KP-4** tentang Pengelasan Panas menggunakan perangkat las OAW

E. Rangkuman

Proses las oksasi-asetilin menggunakan panas dari nyala api gas untuk memadukan atau menempelkan bagian-bagian yang akan disambung menjadi satu. Pembakaran campuran oksigen dan asetilin menghasilkan nyala api gas atau disebut juga nyala api las. Las oksasi asetilin adalah suatu keterampilan manual yang diperlukan untuk praktik. las ini dapat dilakukan dengan atau tanpa bahan tambah/pengisi dan dapat digunakan untuk bahan mulai dari yang tipis sampai dengan ketebalan yang sedang. Peralatan las oksasi asetilin pada umumnya murah dan dapat dipindahkan dengan mudah di tempat pengelasan, brazing dan pemanasan yang diperlukan, akan tetapi proses ini lama/lambat dan kadang-kadang dapat menyebabkan distorsi yang lebih besar dalam bahan yang di las sebab memerlukan pemanasan lebih lama.

Dengan las oksasi asetilin tidak dapat mengelas bahan yang lebih tebal secara ekonomis.

Las oksasi asetilin banyak digunakan pada pekerjaan keteknikan dan fabrikasi ringan serta industri kendaraan.

F. Tes Formatif

1. Sebutkan bagian utama perlengkapan las OAW!
2. Jelaskan fungsi utama pembakar /*brander* / *tip*!
3. Jelaskan bagaimana cara memeriksa kebocoran gas .
4. Jelaskan fungsi regulator gas!
5. Sebutkan dua macam regulator gas OAW!

Lembar Kerja KP-03

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran **Peralatan Pengelasan pada Proses Las OAW**? Sebutkan!

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

2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

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

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

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

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

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

.....
.....

LK-01 Lembar Pengamatan pemasangan / instal peralatan Las OAW

No	Nama Bagian	Fungsi bagian	Kondisi
Peralatan dan perlengkapan Las OAW			
Skema Intalasi Las OAW			

**Form LK-02 Lembar Pengamatan Peralatan dan perlengkapan
Las OAW**

No	Nama Bagian	Fungsi
Catatan hasil diskusi		

Form LK-01.P Memasang / Instala Las OAW

1. Persiapan Alat dan Bahan

- 1.Oxyacetylene Silinder
- 2.Regulator
- 3.Flashback Arrestor
- 4.Hose/Selang
- 5.Blow pipe
- 6.Mixer
- 7.Cutting attachment/Brander / tip Blender
- 8.Welding Tip
- 9.Cutting Brander / Tip
- 10.Heating Tip/Pemanas
- 11.Silinder Key/Kunci silinder
- 12.Flint Lighter/Pematik
- 13.Goggle/Kacamata Las
- 14.Roller Guide/Pemandu
- 15.Tip Cleaner

2. Sikap dan Keselamatan Kerja

- a. SOP menggunakan perkakas tangan dilaksanakan
- b. Alat pelindung diri dipakai
- c. Bekerja dengan bersih dan rapi
- d. Alat dan tempat kerja dibersihkan setelah selesai praktik

3. Proses Kerja / Instalal peralatan

- a. Perhatikan gambar kerja, amati rangkaian instalasi las OAW
- b. Pasang regulator pada tabung gas Oksigen dan asetilin
- c. Pasang flasback arestor pada regulator
- d. Hubungkan slang pada regulator oksigen
- e. Hubungkan slang pada regulator asetilin
- f. Pasang torc/ pembakar pada slang.
- g. Pasang Tip pada torc/ pembakar

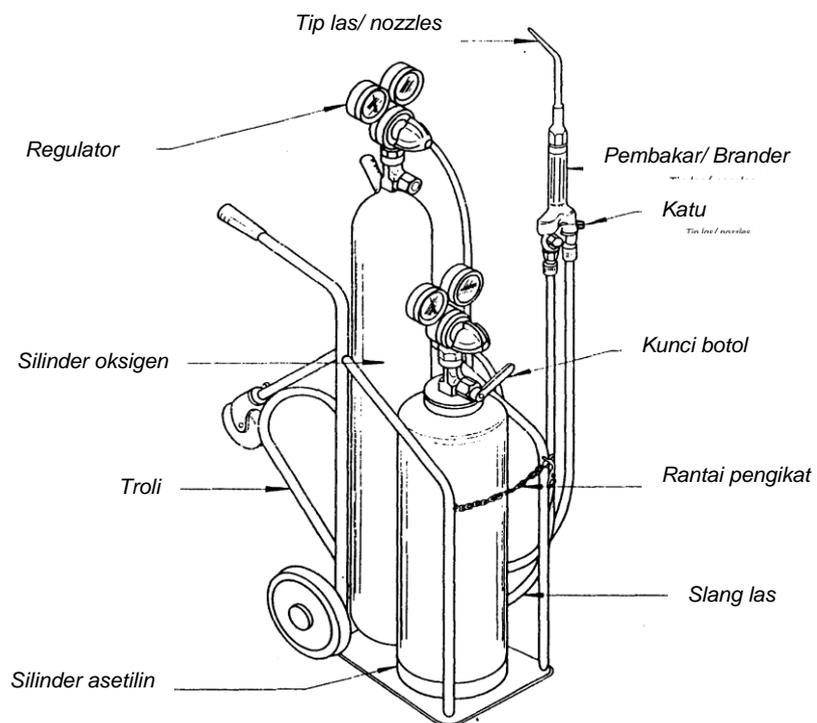
- h. Pemeriksaan kembali kesesuaian pemasangan
- i. Pemeriksaa kebocoran gas, dengan air sabun

4. Hasil Kerja

Hasil kerja sesuai dengan gambar kerja rangkaian instalasi las OAW

5. Gambar Kerja

Rangkaian Instalasi Las OAW



6. Form Laporan Praktikum

Judul : _____

Praktikum

Nama Peserta : _____

Kelas : _____

Waktu : _____

Praktikum

I Bahan

1. (Sebutkan bahan praktikum yang digunakan terutama bahan pengisi dan fluks)
2.
3. Dst.

II Peralatan

1. (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan)
2.
3. Dst.

III Keselamatan Kerja

1. (Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan)
2.
3. Dst.

IV Proses Kerja

1. (Uraikan tahapan kerja yang digunakan)
2.
3. Dst.

V Hasil Kerja

1. (Uraikan hasil kerja yang diinginkan)
2.

3. Dst.

VI Gambar Kerja

Form LK-02.P Menyalakan dan mengatur nyala api

1. Persiapan Alat dan Bahan

- a. Perangkat peralatan Las OAW telah di Install
- b. Pemantik api

2. Sikap dan Keselamatan Kerja

- a. SOP Prosedur menyalakan dan menagtur nayala api
- b. Alat pelindung diri dipakai
- c. Bekerja dengan bersih dan rapi
- d. Alat dan tempat kerja dibersihkan setelah selesai praktik

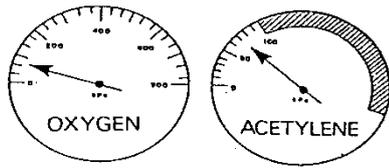
3. Proses Kerja

Prosedur Menyalakan Nyala Netral :

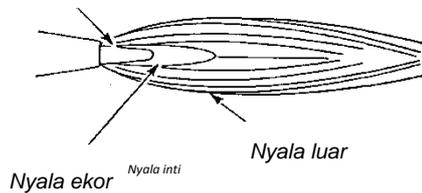
- Stel tekanan pada regulator oksigen dan regulator asetilin pada tekanan kerja 70 kPa
- Buka katup asetilin (*acetylene valve*) pada hand piece perlahan-lahan kira-kira seperempat putaran dan nyalakan dengan korek api las.
- Terus buka katup asetilin sampai tidak berasap, tetapi tidak berbunyi /berdesis (berasap berarti kekurangan asetilin berbunyi/berdesis berarti kelebihan asetilin).
- Buka katup oksigen (*oxygen valve*) perlahan-lahan sehingga nyala berubah warnanya dari kuning menjadi biru.
- Teruskan membuka katup oksigen hingga bentuk kerucut berubah menjadi terang.

Nyala Api Karburasi (Carburising Flame)

Yang dimaksud dengan nyala karburasi adalah nyala kelebihan asetilin. Kalau diperhatikan ada tiga bagian didalam



Nyala inti



nyala tersebut, yaitu : nyala inti (*inner cone*), nyala ekor (*acetylene feather*), dan nyala luar (*outer cone*).

Tanda-tandanya :

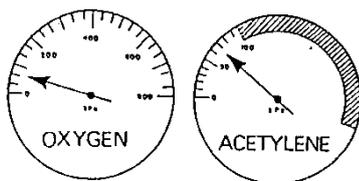
- Bentuk kerucut nyala inti tumpul dan berwarna biru.
- Disekitar kerucut nyala terlihat kabut putih.

Pemakaiannya untuk mengeraskan permukaan dan dapat juga digunakan untuk mematri keras.

Prosedur Menyalakan Nyala Karburasi

- Setel nyala netral.
- Buka katup asetilin sehingga terjadi nyala inti, *nyala ekor*, dan *nyala luar*

Nyala Api Oksidasi (*Oxidising flame*)



Nyala inti

Yang dimaksud dengan nyala oksidasi ialah nyala kelebihan oksigen. Nyala ini terdiri dari dua bagian yaitu : nyala inti dan nyala luar.

Tanda-tandanya :

- Kerucut nyala inti meruncing dan pendek.
- Warna kerucut nyala biru terang.

Pemakaiannya digunakan untuk mengelas tembaga dan paduannya.

Prosedur Menyalakan Nyala Oksidasi :

- Setel nyala netral
- Kurangi asetilin sehingga terjadi nyala inti pendek dan meruncing.

4. Hasil Kerja

Hasil kerja sesuai dengan SOP Las OAW

5. Form Laporan Praktikum

Judul Praktikum : _____

Nama Peserta : _____

Kelas : _____

Waktu Praktikum : _____

I Bahan

1. (Sebutkan Prosedur penyalaan dan pengaturan nyala api)
2.
.....
3. Dst.

II Peralatan

1. (Sebutkan peralatan kerja yang digunakan)
2.
.....
3. Dst.

III Keselamatan Kerja

1. (Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan)
2.
.....
3. Dst.

IV Proses Kerja

1. (Uraikan tahapan kerja yang digunakan)
2.
.....
3. Dst.

V Hasil Kerja

1. (Uraikan hasil kerja yang diinginkan)

2.
.....

3. Dst.

VI Gambar Kerja



KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

Bentuk Sambungan, Posisi Pengelasan dan Simbol Las

A. Tujuan

Setelah proses diklat, dengan melihat WPS peserta diklat dapat menentukan posisi dan sambungan las, memahami simbol las, memahami tindakan pencegahan dan perbaikan distorsi.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Menentukan posisi pengelasan pada sambungan pipa dan pipa sesuai dengan prosedur operasi Standar, meliputi

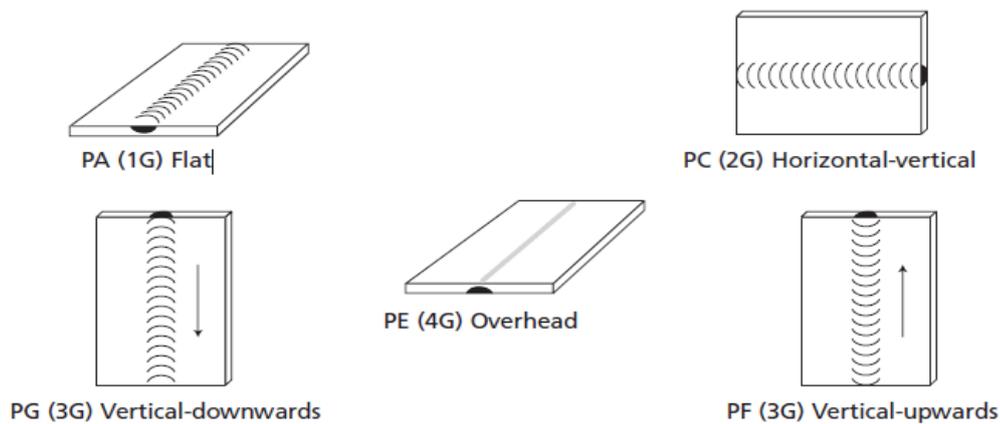
1. Posisi pengelasan dapat ditentukan dengan benar
2. Macam Sambungan las dapat ditentukan dengan benar
3. Simbol las dapat dipahami dengan benar
4. Persiapan las untuk mengurangi distorsi dipahami dengan benar
5. Tindakan perbaikan distorsi dipahami dengan benar

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1: Posisi Pengelasan, Sambungan dan Simbol Las

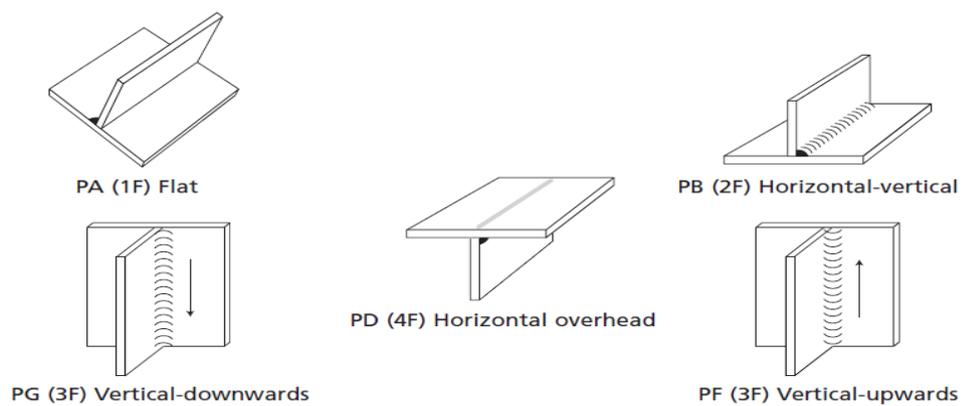
1. Posisi Pengelasan

Pada prinsipnya posisi pengelasan terbagi atas empat posisi, yaitu di bawah tangan (*flat*), di depan dada mendatar (*horizontal-vertical*), di depan dada vertikal (*vertical downwards – vertical upwards*) dan di atas kepala (*overhead*). Gambar 5.1 memperlihatkan posisi pengelasan tersebut untuk las tumpul (*butt welding*) kode yang di dalam tanda () merupakan koding dari AWS sedangkan yang di luar () merupakan koding dari EN 287-1. Sedangkan pada gambar 5.2 menunjukkan macam-macam posisi pengelasan untuk las sudut (*fillet joint welds*).



Gambar 2.4.1 Posisi pengelasan pada butt joint welds

(Sumber: Laren, 2004:23)

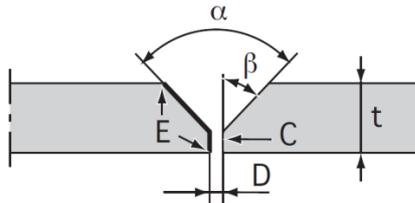


Gambar 2.4.2 Posisi pengelasan pada fillet joint welds

(Sumber: Laren, 2004:23)

2. Macam-macam Sambungan Las

Proses pengelasan, posisi pengelasan dan ketebalan logam induk harus diperhitungkan ketika kita memutuskan tipe sambungan yang akan kita buat. Sebuah sambungan memiliki parameter sudut (α), sudut (β), *root face* (C), *root gap* (D), *joint surface* (E), radius (R) hanya untuk sambungan U dan *plate thickness* (t). (gambar5.3)



Gambar 2.4.3 Parameter sambungan

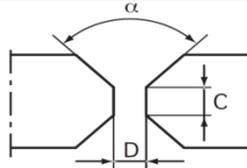
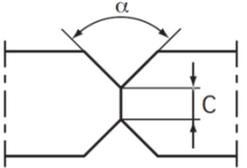
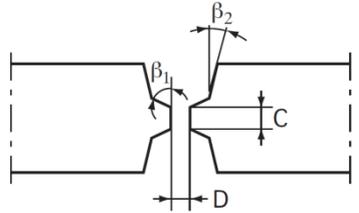
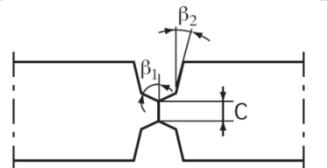
(Sumber: Laren, 2004:83)

Tabel 2.4.1 Macam-macam sambungan las

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

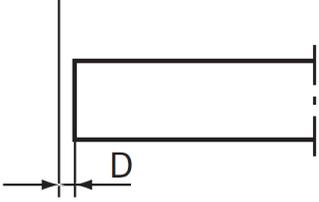
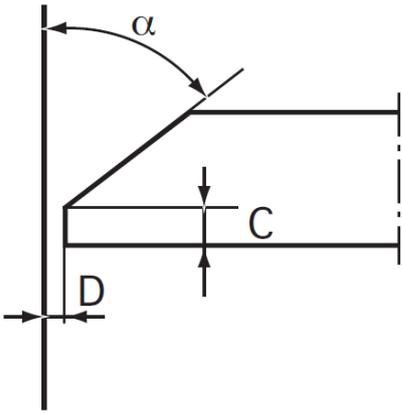
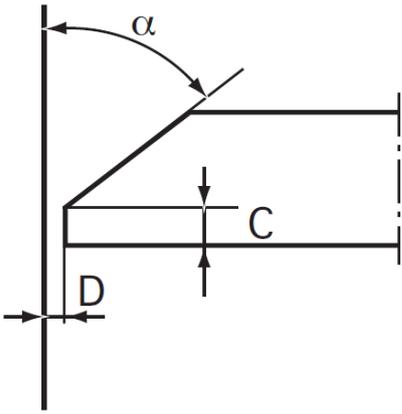
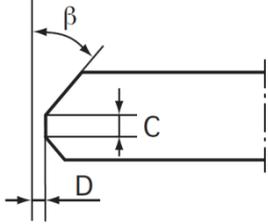
No	Jenis sambungan	Gambar sambungan	Metode	Ketebalan n
	$C = 0,5 - 1,5$ mm $D = 2,0 - 4,0$ mm Satu sisi		TIG, FCW	
7.	Sambungan V $\alpha = 60^{\circ(3)}$ $C = 2,0 - 2,5$ mm $D = 2,5 - 3,5$ mm Dua sisi		MMA, MIG, TIG, FCW	$t = 4 - 16$ mm
8.	Sambungan V $\alpha = 60^{\circ(3)}$ $C = 1,5 - 2,5$ mm $D =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

No	Jenis sambungan	Gambar sambungan	Metode	Ketebalan n
	mm ⁴⁾ Tanpa root gap Dua sisi			
11.	Sambungan V $\alpha = 80 - 90^\circ$ $C = 3,0 - 4,0$ mm Tanpa root gap Dua sisi		PAW+, SAW	$t = 6 - 16$ mm
12.	Sambungan V $\beta_1 = 45^\circ$ $\beta_2 = 15^\circ$ $C = 1,0 - 2,0$ mm $D = 2,0 - 3,0$ mm Satu sisi		MMA, FCW	$t = 4 - 16$ mm
13.	Sambungan V $\beta_1 = 45^\circ$ $\beta_2 = 15^\circ$ $C = 2,0 - 2,5$ mm $D = 2,0 - 2,5$ mm Dua sisi		MMA, FCW	$t = 4 - 16$ mm
14.	Sambungan V $\beta_1 = 45^\circ$ $\beta_2 = 15^\circ$ $C = 1,5 - 2,5$ mm		FCW	$t = 4 - 20$ mm

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

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

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

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

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

(sumber: Laren, 2004: 83)

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

3. Simbol Las

Tanda gambar atau simbol pada pengelasan mutlak harus dipahami oleh semua orang yang terlibat dalam pengelasan, baik itu *Welding Engineer*, *Welder* maupun *Welding Inspector*. Simbol las mengacu kepada standar AWS A2.4 spesifikasi “*Symbols of welding, brazing, and nondestructive examination*”. Simbol dasar las biasanya terdiri atas simbol las kampuh dan simbol las tambahan. Simbol las kampuh terdiri dari *square*, *scarf*, *V*, *bevel*, *U*, *J*, *flare-V*, *flare-bevel*. Simbol las kampuh bisa dilihat pada tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 2.4.2 Simbol las kampuh

GROOVE WELDS							
Square	Scarf*	V	Bevel	U	J	Flare-V	Flare-Bevel

(CWB, 2006:87)

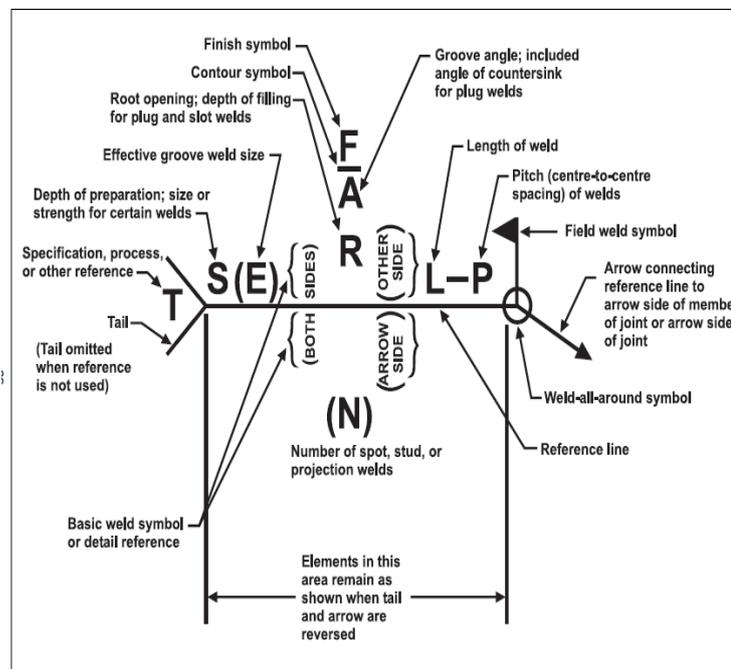
Selain dari simbol las kampuh, ada juga simbol tambahan seperti *weld all around*, *field weld*, *melt through*, *consumable insert (square)*, *backing or spacer (rectangle)*, *contour flat*, *convex*, dan *concave*.

Tabel 2.4.3 Simbol las tambahan

Weld all around	Field Weld	Melt Through	Consumable Insert (Square)	Backing or Spacer (Rectangle)	Contour		
					Flush or Flat	Convex	Concave

(CWB, 2006:90)

Selain simbol las kampuh dan tambahan, ada simbol pengelasan yang menunjukkan perintah las secara utuh.

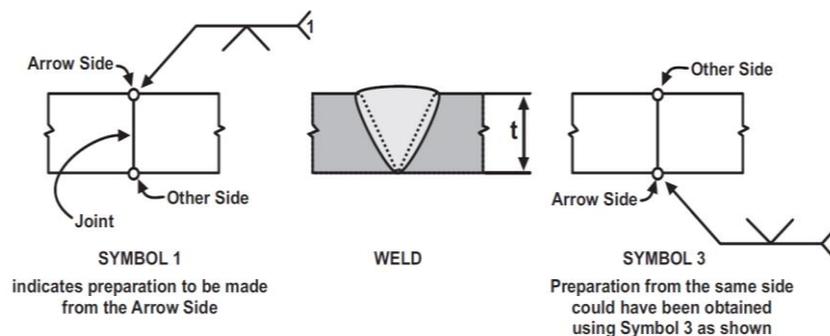


Gambar 2.4.4 Simbol pengelasan

(Sumber: CWB, 2006:89)

Berikut adalah beberapa contoh penempatan simbol las

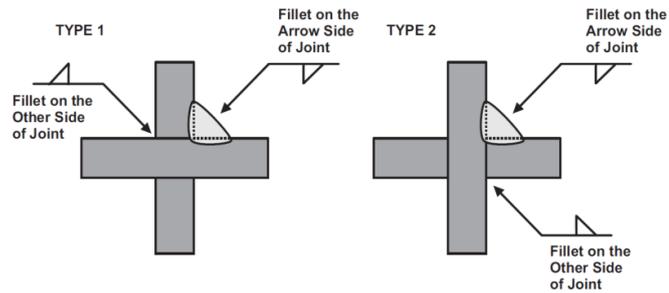
a. Las **butt joint**



Gambar 2.4.5 Simbol las butt joint

(Sumber: CWB, 2006:90)

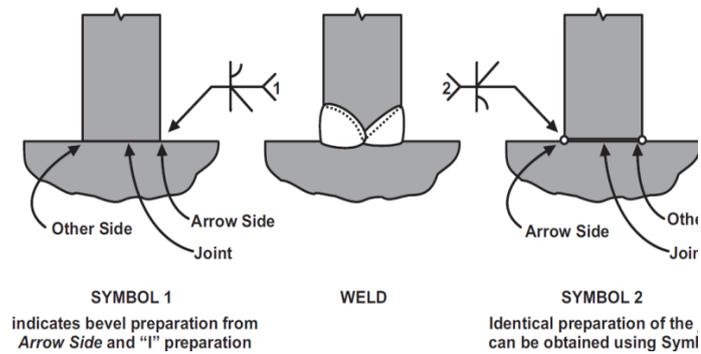
b. Las fillet joint



Gambar 2.4.6 Simbol las fillet joint

(Sumber: CWB, 2006:91)

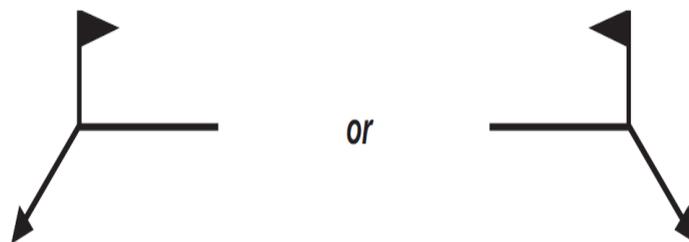
c. Las T-Joint



Gambar 2.4.7 Simbol las T joint

(CWB, 2006:94)

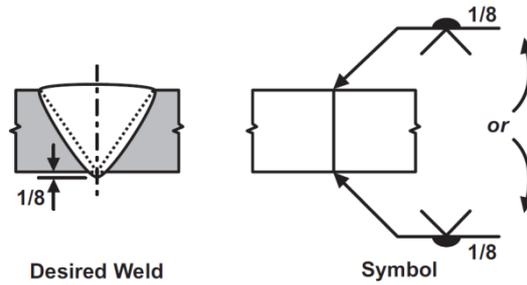
d. Las di lapangan (*field weld*)



Gambar 2.4.8 Simbol las field weld

(Sumber: CWB, 2006:95)

e. Las kontur



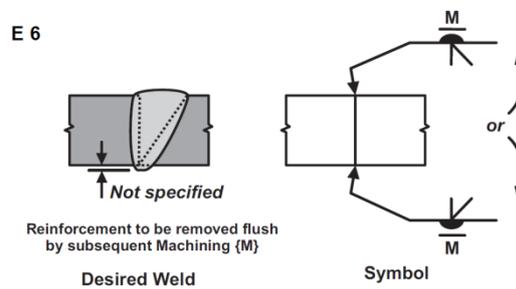
Desired Weld

Symbol

Gambar 2.4.9 Simbol las kontur

(Sumber: CWB, 2006:96)

f. Finishing las



E 6

Not specified

Reinforcement to be removed flush by subsequent Machining (M)

Desired Weld

Symbol

Gambar 2.4.10 Simbol finishing las

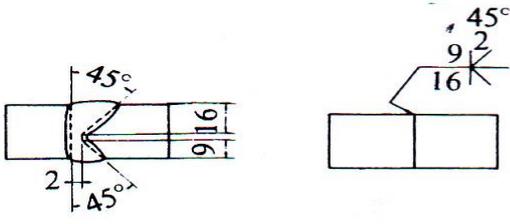
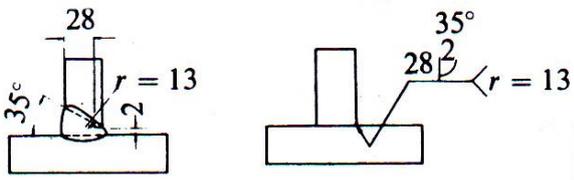
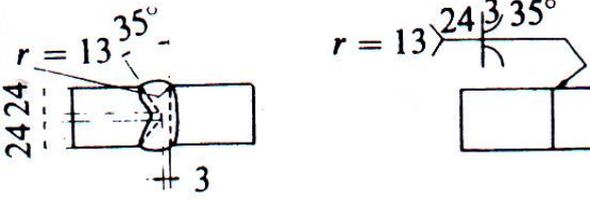
(Sumber: CWB, 2006:96)

Berikut ini adalah tabel contoh-contoh penerapan simbol las secara lengkap.

Tabel 2.4.4 Penerapan simbol las

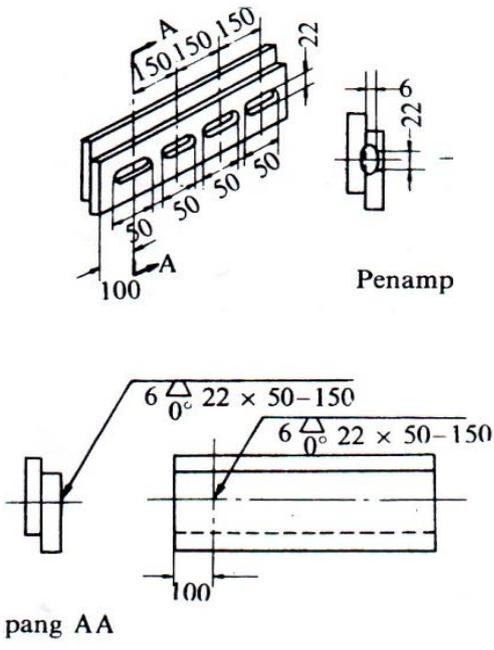
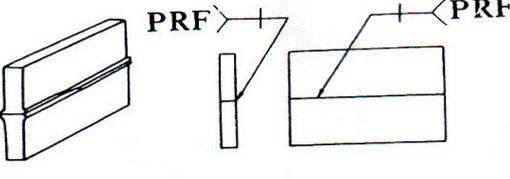
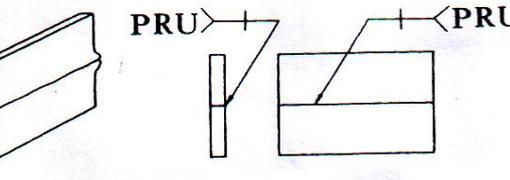
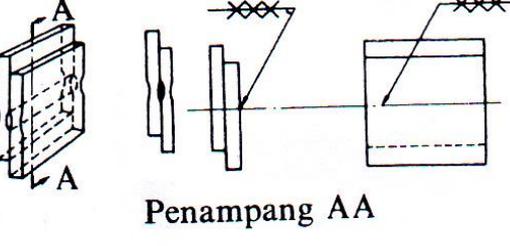
No	Jenis Las	Simbol Las
1	Las tumpul flens tunggal, simbolnya berupa garis tegak dan setengah lingkaran. Penempatan simbol dapat diberikan pada sisi	

No	Jenis Las	Simbol Las
	panah dan di balik panah	
2	Las tumpul alur tunggal , simbolnya dua garis tegak. Misalkan celah akar 2 mm	
3	Las tumpul alur persegi , simbolnya berupa dua garis tegak. Misalkan celah akar 2 mm	
4	Las tumpul alur V , simbolnya berupa tanda gambar bersudut 90°. Misalkan untuk las tumpul alur V dengan tebal 19 mm, dalam alur 16 mm, sudut alur 60°, dan celah akar 2 mm	
5	Las tumpul alur V ganda , simbolnya berupa tanda gambar bersudut 90°. Misalkan untuk las tumpul alur V ganda dengan dalamnya alur sisi panah 16 mm, di balik panah 9 mm, sudut alur sisi panah 60°, di balik panah 90° dan celah akar 3 mm	

No	Jenis Las	Simbol Las
6	<p>Las tumpul alur tirus tunggal, simbolnya berupa tanda gambar bersudut 45°. Misalkan untuk las tumpul alur tirus tunggal dengan sisi panah dalam alur 16 mm, sudut alur 45°, dibalik panah dalam alur 16 mm, sudut alur 45° dengan celah akar 2 mm,</p>	
7	<p>Las tumpul alur J tunggal, simbolnya berupa garis tegak dan ¼ lingkaran. Misalkan las tumpul alur J tunggal dengan dalam alur 28 mm, sudut alur 35°, jari-jari akar 13 mm, celah akar 2 mm</p>	
8	<p>Las tumpul alur J ganda, simbolnya berupa garis tegak dan ¼ lingkaran pada dua sisi. Misalkan las tumpul alur J ganda dengan dalam alur 24 mm, sudut alur 35°, jari-jari akar 13 mm, celah akar 3 mm</p>	

No	Jenis Las	Simbol Las
9	<p>Las tumpul alur U tunggal, simbolnya berupa garis tegak dan setengah lingkaran. Misalkan las tumpul alur U tunggal dengan sudut alur 25°, jari-jari akar 6 mm, dengan celah akar 0 mm</p>	
10	<p>Las tumpul alur U ganda, simbolnya berupa garis tegak dan setengah lingkaran. Misalkan las tumpul alur U tunggal dengan dalam alur 25 mm, sudut alur 25°, jari-jari akar 6 mm, dengan celah akar 0 mm</p>	
11	<p>Las tumpul terbuka V, simbolnya berupa dua $\frac{1}{4}$ lingkaran untuk V tunggal dan dua $\frac{1}{2}$ lingkaran untuk V ganda.</p>	
12	<p>Las tumpul tertutup V, simbolnya berupa garis tegak dan $\frac{1}{4}$ lingkaran untuk V tunggal, garis tegak dan $\frac{1}{2}$ lingkaran untuk V ganda</p>	

No	Jenis Las	Simbol Las
13	<p>Las sudut berlanjut, simbolnya berupa segitiga siku-siku. Misalkan untuk panjang kaki 6 mm dan untuk panjang las 500 mm</p>	
14	<p>Las sudut terputus, simbolnya berupa segitiga siku-siku dengan ditambahkan harga panjang lasan (L) dan harga jarak lasan (P). Misalkan las sudut dua sisi dengan panjang lasan 50 mm dan jarak lasan 150 mm</p>	
15	<p>Manik, simbolnya berupa tinggi lengkungan sama dengan $\frac{1}{2}$ jari-jari. Misalkan las manik dengan tebal lapisan 6 mm, lebar 50 mm dan panjang 100 mm</p>	
16	<p>Las Isi, simbolnya berupa garis miring yang membuat sudut 60°</p>	

No	Jenis Las	Simbol Las
	<p>terhadap garis datar. Misalkan untuk las isi memanjang dengan lebar 22 mm, panjang 50 mm, jarak 150 mm, sudut alur 0° dan dalam lasan 6 mm</p>	
17	<p>Las pijar, simbolnya berupa pembubuhan tulisan PRF pada ujung akhir garis tanda.</p>	
18	<p>Las lantak, simbolnya berupa pembubuhan tulisan PRU pada ujung akhir garis tanda.</p>	
19	<p>Las tumpang, simbolnya berupa huruf XXX</p>	

No	Jenis Las	Simbol Las
20	Las sudut kontur , simbolnya berupa penambahan garis pada tanda pengelasan. Garis lurus untuk kontur datar, garis cekung untuk kontur cekung	
21	Penyelesaian akhir hasil las , simbolnya berupa pembubuhan huruf C untuk Chisel (pahat) huruf G untuk gerinda (Grinding) dan M untuk mesin (machining)	<p style="text-align: center;">Dipahat</p>
22	Pengelasan di lapangan , simbolnya ditunjukkan dengan penambahan simbol "dot" pada sudut tanda las	

(Sumber Sunaryo, 2009:58)

Bahan bacaan 2: Tindakan Pencegahan dan Perbaikan Distorsi

Distorsi adalah perubahan bentuk yang diakibatkan oleh panas, dalam hal ini adalah panas pengelasan. Pemuaian dan penyusutan benda kerja akan mengakibatkan logam induk melengkung (terdistorsi). Namun demikian distorsi adalah sifat alami logam dimana akan memuai jika dipanaskan dan menyusut jika didinginkan. Yang harus welder lakukan adalah mengendalikan distorsi agar sambungan las yang diinginkan sesuai dengan WPS. Pertambahan panjang logam berbeda-beda tergantung dari koefisien muai panjang masing-masing

logam walaupun dipanaskan pada suhu yang sama. Koefisien muai panjang /°C besi 0,000012; alumunium 0,000026; Baja 0,000011; kuningan 0,000018; tembaga 0,000017; dan seng 0,000029.

Dengan adanya nilai koefisien muai panjang maka kita akan dapat memprediksi panjangakhir logam setelah pemuaiian dengan rumus

$$L_t = L_o(1 + \alpha \times \Delta t)$$

Dimana:

L_t = Panjang akhir (mm)

L_o = Panjang awal (mm)

α = koefisien muai panjang (°C)

Δt = perbedaan suhu (°C)

Contoh misalkan sebuah besi dengan panjang 200 dipanaskan sampai suhu 1000°C, ditanyakan berapa panjang akhirnya:

$$L_t = L_o(1 + \alpha \times \Delta t)$$

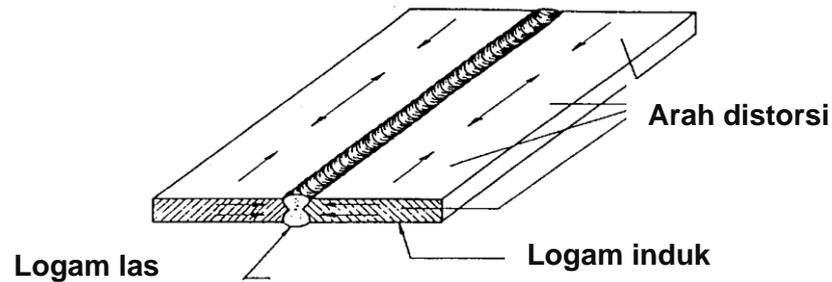
$$L_t = 200(1 + 0,000012 \times 1000) = 202,4mm$$

Penyebab distorsi dalam dunia industri pengelasan utamanya disebabkan oleh tegangan sisa, pengelasan dan pengelasan dengan api. Tegangan sisa ditinggalkan dari proses-proses pembuatan logam induk. Tegangan sisa yang ada dalam bahan logam induk akan menjadi masalah apabila menerima panas dari pengelasan atau pengelasan api. Tegangan sisa akan hilang secara tidak merata dan menimbulkan distorsi.

Distorsi pengelasan biasanya dapat digolongkan menjadi tiga bentuk distorsi diantaranya distorsi memanjang, melintang dan menyudut.

a. Distorsi memanjang (gambar 5.11)

Distorsi memanjang terjadi dikarenakan apabila hasil pengelasan berkontraksi dan memendek pada sepanjang garis pengelasan setelah dingin.

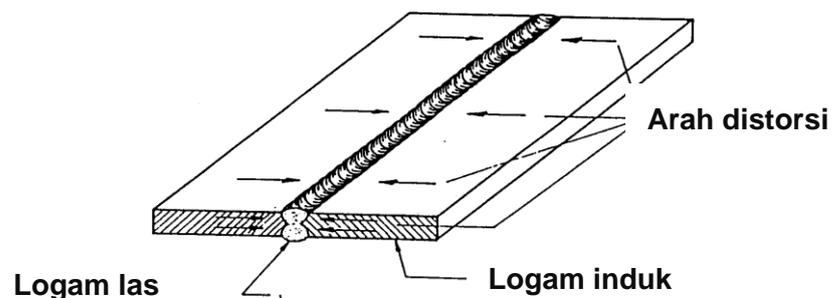


Gambar2.4.11 Distorsi memanjang

(Sumber: Sukaini, 2013:171)

b. Distorsi melintang (gambar 5.12)

Distorsi melintang terjadi dikarenakan ketika mulai pengelasan pada salah satu ujung, maka sisi ujung lainnya akan mulai memanjang karena pemuaian. Untuk selanjutnya sisi-sisi logam akan saling menarik satu sama lain dan mengakibatkan distorsi

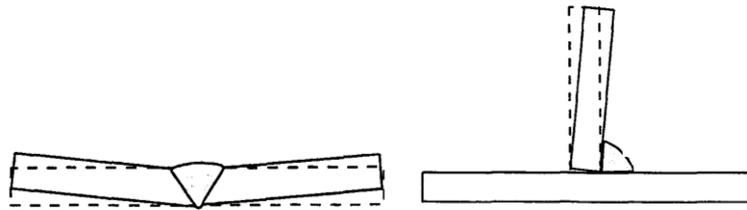


Gambar2.4.12 Distorsi melintang

(Sumber: Sukaini, 2013:170)

c. Distorsi menyudut (gambar 5.13)

Distorsi menyudut terjadi karena sudut yang dilas terjadi kontraksi. Akan lebih menyimpang apabila panas yang diberikan berlebih. Distorsi ini bisa terjadi pada sambungan *fillet* dan *butt joint*



Gambar2.4.13 Distorsi menyudut

(Sumber: Sukaini, 2013:171)

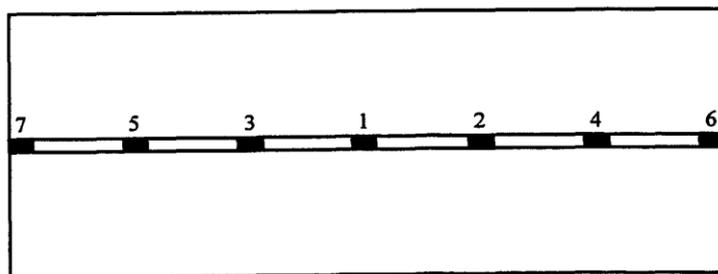
Pencegahan distorsi dapat dilakukan sebelum pengelasan dimulai diantaranya melalui beberapa teknik di bawah ini:

a. Perencanaan yang baik

Melalui perencanaan yang baik dapat meminimalisir panas yang akan diterima logam induk. Yaitu dengan membuat efisien jalur las dan layer las, yang dapat dicapai dengan perencanaan kampuh yang tepat.

b. Melakukan las catat (*Tack weld*)

Las catat atau tack weld adalah pengelasan yang ditujukan untuk mengklem dua logam yang akan dilas agar tidak terjadi distorsi. Biasanya las catat berupa las titik yang menyatukan kedua buah logam tersebut. Jenis logam mempengaruhi besar dan jumlah las catat. Jika las catat dilakukan dengan benar maka distorsi dapat dihindarkan gambar 4.14 menunjukkan cara memberikan las catat dengan melakukan selang-seling las catat.

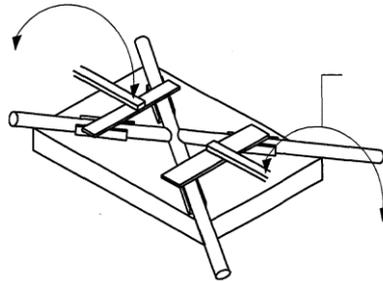


Gambar2.4.14 Las catat

(Sumber: Sukaini, 2013:175)

c. Menggunakan alat bantu (*jig and fixture*)

Alat bantu ini digunakan agar logam yang akan dilas tidak terdistorsi atau membuat posisi logam yang akan dilas memudahkan buat welder. Bentuk alat bantu tergantung dari bahan logam induk, jenis sambungan dan bentuk bahan yang akan dilas. Gambar di bawah ini adalah contoh penggunaan alat bantu las.

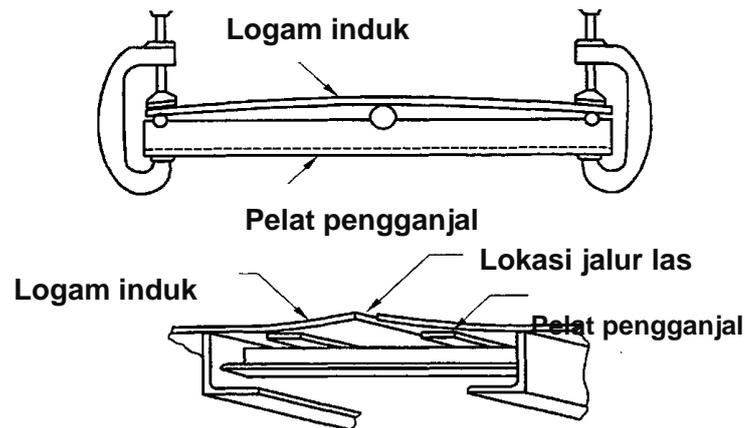


Gambar2.4.15 Alat bantu las

(Sumber: Sukaini, 2013:175)

d. Pengaturan letak bahan (*pre setting*)

Pengaturan letak bahan (gambar 5.16) dapat dilakukan dengan cara memberikan pipa penganjal pada logam yang akan di las, sehingga membentuk sudut berlawanan besarnya dengan distorsi yang akan terjadi. Dengan kata lain teknik ini mengatasi sudut distorsi dengan memberikan sudut negative. Sehingga begitu terjadi distorsi yang tidak bisa dihindarkan maka logam akan dalam keadaan rata.



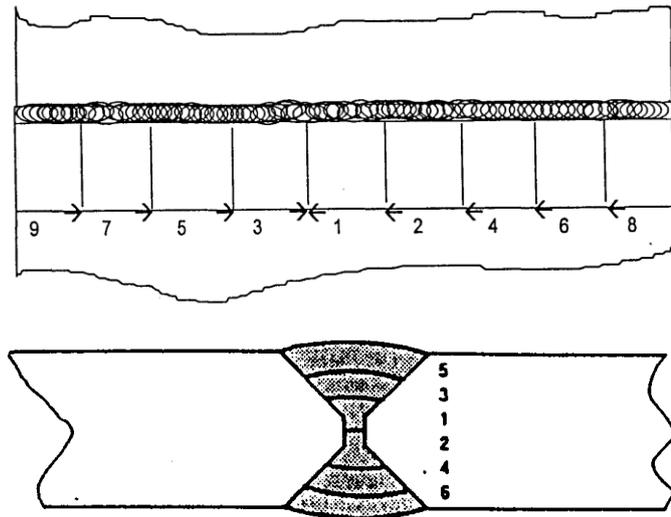
Gambar2.4.16 Pengaturan letak bahan

(Sumber: Sukaini, 2013:176)

Distorsi juga dapat diatasi sewaktu proses pengelasan berlangsung, yaitu dengan melakukan beberapa cara berikut ini:

a. Pengaturan titik las (keseimbangan jalur las)

Pengelasan terus menerus khususnya pada pengelasan pipa dari satu ujung ke ujung lainnya akan menyebabkan distorsi pada arah memanjang kedua ujungnya. Untuk mengatasi ini biasanya dilakukan pengelasan selang seling dengan arah pengelasan yang berlawanan. Sementara itu pada pengelasan kampuh v ganda juga dilakukan dengan sisi atau permukaan yang berlawanan, sehingga walaupun terjadi kontraksi maka akan terjadi secara seimbang pada kedua sisi.

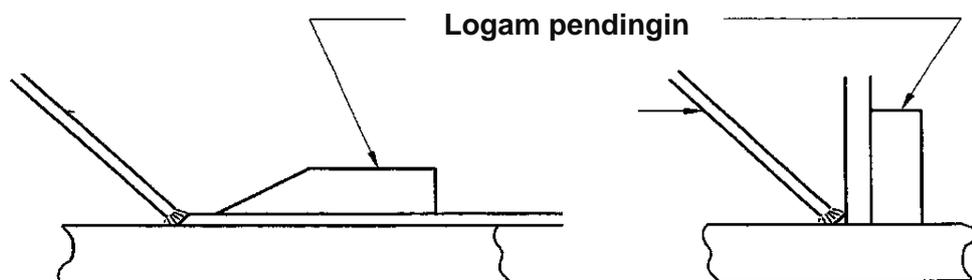


Gambar2.4.17 Pengaturan jalur las

(Sumber: Sukaini, 2013:177)

b. Pendingin buatan

Teknik mengurangi distorsi ini ialah dengan memindahkan panas pengelasan pada logam pendingin yang biasanya terbuat dari tembaga atau perunggu, selama pengelasan logam pendingin akan menyerap panas dari benda kerja. Metode ini cocok untuk pengelasan logam tipis yang lebih cepat panas dan kemungkinan distorsi yang besar sehingga membutuhkan bantuan logam pendingin. Gambar 5.18 menunjukkan penggunaan logam pendingin untuk mengurangi panas pengelasan.

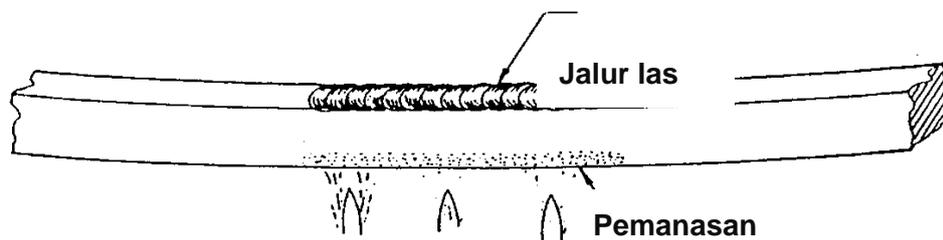


Gambar2.4.18 Penggunaan logam pendingin

(Sumber: Sukaini, 2013:178)

Distorsi setelah pengelasan berlangsung haruslah dihindari, tindakan pencegahan sebelum pengelasan dan teknik pengelasan sangat dianjurkan disbanding tindakan perbaikan. Karena tindakan perbaikan tidak akan semaksimal tindakan pencegahan dalam memperbaiki distorsi.

Jika distorsi sudah terjadi maka terpaksa dilakukan tindakan perbaikan. Tindakan perbaikan yang sering dilakukan ialah dengan menggunakan api dan penempaan logam sewaktu panas. Gambar 5.19 menunjukkan bagaimana sebuah logam yang mengalami distorsi dipanaskan pada sisi berlawanan. Setelah dipanaskan maka logam didinginkan sehingga akan terjadi penyusutan, penyusutan ini akan membuat logam yang terdistorsi kembali lurus.



Gambar2.4.19 Perbaikan distorsi dengan pemanasan

(Sumber: Sukaini, 2013:179)

Teknik yang kedua adalah dengan penempaan logam las setelah dipanaskan. Metode ini digunakan untuk menarik dan menegangkan hasil lasan dan bagian logam yang berdekatan dengan jalur las. Walaupun jalur lasan akan sedikit mengkerut namun dapat menghilangkan distorsi. Namun perlu diingat apabila benda yang dipanaskan dan kemudian dipukul berlebihan maka mengakibatkan retak dan patah.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar : Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, ½JP)

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

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran **Persiapan Pengelasan** ini? Sebutkan!
2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan anda pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

Aktivitas Pembelajaran 1 : Menganalisis Posisi Pengelasan (1 JP)

Anda diminta untuk mengamati gambar posisi-posisi pengelasan. Hasil pengamatan dituangkan dalam laporan tertulis (**LK-01**) Untuk membantu anda mengisi LK-01, dapat dipandu oleh pertanyaan berikut ini:

1. Sebutkan posisi-posisi pengelasan dan kodenya berdasarkan AWS!
2. Gambarkan ilustrasi posisi-posisi tersebut!
3. Jelaskan pula posisi badan dan gerakan tangan welder!

Setelah LK-01 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok

lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Setelah selesai, Anda dapat melanjutkan ke **Aktivitas Pembelajaran 2**.

Aktivitas Pembelajaran 2 : Menganalisis Sambungan dan Simbol Las (1 JP)

Anda diminta untuk mengamati macam-macam sambungan dan simbol las. Hasil pengamatan dituangkan dalam laporan tertulis (**LK-02**) Untuk membantu anda mengisi LK-02, dapat dipandu oleh pertanyaan berikut ini:

1. Sebutkan macam-macam sambungan las yang anda ketahui!
2. Gambarkan macam-macam sambungan tersebut lengkap dengan simbol lasnya!

Setelah LK-02 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Setelah selesai, Anda dapat melanjutkan ke **Aktivitas Pembelajaran 3**.

Aktivitas Pembelajaran 3 : Mengidentifikasi macam-macam Distorsi dan Penyebabnya (1JP)

Anda diminta untuk mengidentifikasi macam-macam bentuk distorsi yang sering ditemui di lapangan. Kemudian menganalisis penyebab terjadinya distorsi. Hasil analisis dituangkan dalam laporan tertulis (**LK-03**) Untuk membantu anda mengisi LK-03, dapat dipandu oleh pertanyaan berikut ini:

1. Sebutkan macam-macam distorsi pada pengelasan yang anda ketahui!
2. Jelaskan penyebab terjadinya distorsi tersebut!

Setelah LK-03 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau

memberikan penguatan. Setelah selesai, Anda dapat melanjutkan ke **Aktivitas Pembelajaran 4**.

Aktivitas Pembelajaran 4 : Mengidentifikasi Tindakan Pencegahan dan Perbaikan Distorsi (1JP)

Anda diminta untuk mengidentifikasi macam-macam bentuk distorsi yang sering ditemui di lapangan. Kemudian menganalisis penyebab terjadinya distorsi. Hasil analisis dituangkan dalam laporan tertulis (**LK-04**) Untuk membantu anda mengisi LK-04, dapat dipandu oleh pertanyaan berikut ini:

1. Jelaskan tindakan pencegahan distorsi sebelum pengelasan!
2. Jelaskan tindakan pencegahan distorsi selama pengelasan!
3. Jelaskan tindakan perbaikan distorsi setelah pengelasan!

Setelah LK-04 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Setelah selesai, Anda dapat melanjutkan ke **Kegiatan Pembelajaran KP-5** mengenai Praktek Pengelasan Pipa dengan proses OAW.

E. Rangkuman

Pada prinsipnya posisi pengelasan terbagi atas empat posisi, yaitu di bawah tangan (*flat*), di depan dada mendatar (*horizontal-vertical*), di depan dada vertikal (*vertical downwards – vertical upwards*) dan di atas kepala (*overhead*). Pemberian kode pengelasan berbeda antara standar Amerika dan Eropa, misalnya untuk sambungan pipa di bawah tangan untuk AWS diberi kode (1G) sedangkan untuk EN diberi kode (PA)

Proses pengelasan, posisi pengelasan dan ketebalan logam induk harus diperhitungkan ketika kita memutuskan tipe sambungan yang akan kita buat. Sebuah sambungan memiliki parameter sudut (α), sudut (β), *root face* (C), *root*

gap (D), *joint surface* (E), radius (R) hanya untuk sambungan U dan *plate thickness* (t).

Tanda gambar atau simbol pada pengelasan mutlak harus dipahami oleh semua orang yang terlibat dalam pengelasan, baik itu *Welding Engineer*, *Welder* maupun *Welding Inspector*. Simbol las mengacu kepada standar AWS A2.4 spesifikasi "*Symbols of welding, brazing, and nondestructive examination*". Simbol dasar las biasanya terdiri atas simbol las kampuh dan simbol las tambahan.

Distorsi adalah perubahan bentuk yang diakibatkan oleh panas, dalam hal ini adalah panas pengelasan. Pemuaian dan penyusutan benda kerja akan mengakibatkan logam induk melengkung (terdistorsi). Distorsi-distorsi las digolongkan dalam distorsi memanjang, melintang dan menyudut. Distorsi las dapat dihindari dengan proses persiapan las yang baik, teknik pengelasan yang merata dan perbaikan yang tepat setelah pengelasan.

F. Tes Formatif

1. Jelaskan macam-macam posisi pengelasan untuk pengelasan butt joint dan fillet pada pipa.
2. Analisis dan gambar simbol las untuk:
 - a. Las tumpul alur V dengan tebal 20 mm, dalam alur 16 mm, sudut alur 60°, dan celah akar 2 mm
 - b. Las sudut terputus, las sudut dua sisi dengan panjang lasan 40 mm dan jarak lasan 120 mm
 - c. Penyelesaian akhir hasil las, dengan gerinda (Grinding)
 - d. Pengelasan di lapangan
3. Jelaskan bagaimana teknik pencegahan sebelum pengelasan!
4. Analisis jika sebuah besi dengan panjang 300 dipanaskan sampai suhu 1000°C, ditanyakan berapa panjang akhirnya?
5. Jelaskan teknik pencegahan distorsi pada saat pengelasan.
6. Jelaskan dan beri contoh tindakan perbaikan logam las yang terdistorsi!

Lembar Kerja KP-04

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran **posisi pengelasan, sambungan las, simbol las, tindakan pencegahan dan perbaikan distorsi?** Sebutkan!

.....
.....

2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

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

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

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

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

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

.....
.....

.....
.....

Form LK-01 Lembar Pengamatan Posisi Pengelasan

No	Kode Posisi Pengelasan	Ilustrasi gambar	Posisi badan dan gerakan tangan welder

--	--	--	--

Form LK-02 Lembar Pengamatan Sambungan dan Simbol Las

No	Sambungan Las	Simbol Las

Form LK-03 Lembar Identifikasi Bentuk Distorsi Logam Las

No	Bentuk Distorsi	Penyebab Distorsi

Form LK-04 Lembar Identifikasi Tindakan Pencegahan dan Perbaikan Distorsi

No	Kelompok Tindakan Pencegahan dan Perbaikan	Rincian Tindakan
1.	Pencegahan sebelum pengelasan	
2.	Pencegahan selama pengelasan	
3.	Perbaikan setelah pengelasan	



KEGIATAN PEMBELAJARAN 4

Proses Pengelasan Pipa

A. Tujuan

Setelah proses diklat, dengan memperhatikan parameter pengelasan, peserta diklat dapat:

1. Mengelas sambungan sudut (fillet) pada pipa dan pipa posisi 1F dan 2F
2. Mengelas sambungan tumpul (butt) pada pipabajalunak posisi 1G dan 2G

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Mengelas sambungan sudut (fillet) pada pipa dan pipa posisi 1F dan 2F

Mengelas sambungan tumpul (butt) pada pipabajalunak posisi 1G dan 2G

1. Sambungan tumpul (butt) pada pipa baja lunak posisi 1G proses OAW, . dapat dilas dengan baik
2. Sambungan tumpul (butt) pada pipa baja lunak posisi 2G proses OAW, . dapat dilas dengan baik
3. Sambungan sudut (fillet) pada pipa dan pipa baja lunak posisi 1F proses pengelasan OAW dilas dengan baik
4. Sambungan sudut (fillet) pada pipa dan pipa baja lunak posisi 2F proses pengelasan dilas dengan baik

C. Uraian Materi

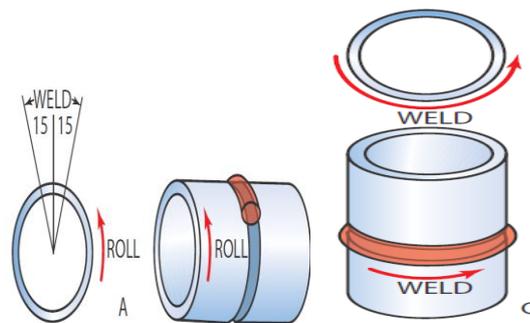
Bahan Bacaan 1: Proses Pengelasan OAW

Prinsip dasar las oksasi-asetilen adalah ketika gas asetilen dibakar dalam proporsi yang sesuai dengan oksigen akan timbul nyala api yang cukup panas untuk melumerkan logam, proporsi campurannya adalah 1 bagian asetilen dan 2,5 bagian oksigen. Berikut adalah peralatan yang digunakan:

1. Silinder oksigen, biasanya berwarna hijau atau biru terbuat dari satu plat kualitas tinggi yang kuat dan ulet, mampu menampung 224 feet³ tekanan 2.200 psi dalam suhu 70^o F.
2. Tutup penahan katup untuk melindungi dari kerusakan saat silinder dipindahkan atau kejadian diluar kendali.
3. Katup silinder oksigen terletak diujung atas silinder berguna untuk membuka atau menutup keluarnya oksigen sesuai keperluan, dalam katup ini terdapat lubang pengaman dimana jika temperatur naik maka tekanan akan naik,tekanan akan dikurangi lewat pengaman ini
4. Silinder asetilen, tekanan dalam tabung ini tidak setinggi tabung oksigen, asetilen terbuat dari campuran air dan kalsium karbida, mampu bakarnya sangat tinggi jika dicampur dengan oksigen menimbulkan panas sekitar 58000 - 63000 F.
5. Katup silinder asetilen terletak diujung atas berguna membuka atau menutup keluarnya asetilen juga terdapat pengaman yang akan mencegah terjadinya ledakan karena tekanan panas dari dalam silinder.
6. Regulator oksigen, dimana tabung oksigen penuh tekanannya adalah 2200 psi, untuk mengelas tidak memungkinkan dengan tekanan sebesar itu maka perlu regulator. Regulator dibuat 2 buah, satu melihat tekanan silinder satu lagi tekanan yang digunakan pada brander/torch. Regulator oksigen mampu menahan tekanan sebesar 3000 psi.
7. Regulator asetilin, sama seperti regulator oksigen tetapi ada 2 perbedaan yaitu: regulator ini menggunakan jenis ulir kiri dan ini penting diperhatikan untuk menghindari kerusakan, kemudian kemampuan regulator ini lebih kecil dari regulator oksigen yaitu dibuat sampai 500 psi, tekanan kerja dibuat maksimum 15 psi.
8. Torch yaitu tempat bercampurnya oksigen dan asetilen dalam proporsi yang sesuai untuk pengelasan. Ada dua katup untuk mengatur pencampuran gas. Ada dua jenis ulir yaitu ulir kiri untuk asetilen dan kanan untuk oksigen
9. Weld tip, beda ukuran tips disesuaikan dengan torch, terdapat pencampur dan lubang untuk memberikan ukuran nyala api yang berbeda-beda.

10. Hoses / selang, dibuat spesial mampu manahan tekanan tinggi, dibuat dalam ukuran 3/16", 1/4", 3/8" and 1/2". Selang oksigen berwarna hijau/biru dan memiliki ulir kanan sedangkan selang asetelin berwarna merah dengan ulir kiri.

Di bawah ini adalah gambar sambungan tumpul (Butt Joint) 1G dan 2G



Gambar2.5.1 Sambungan tumpul 1G dan 2G

Tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam mengelas sambungan tumpul 1G dan 2G adalah meliputi :

1. Persiapan Bahan

Sebagai langkah persiapan, perhatikan hal-hal berikut ini :

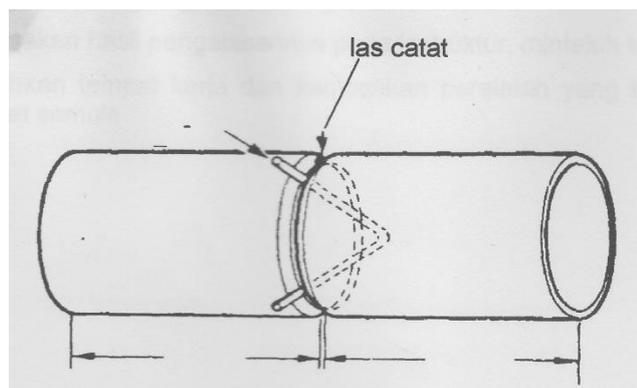
- Siapkan dua pipa dengan kampuhnya
- Siapkan satu potong logam penahan bagian belakang.
- Berikan bevel 3° pada salah satu sisi penahan belakang.
- Hilangkan kotoran bagian belakang logam dasar tersebut dengan kikir tangan.
- Kikir kampuh 30° untuk kampuh V.



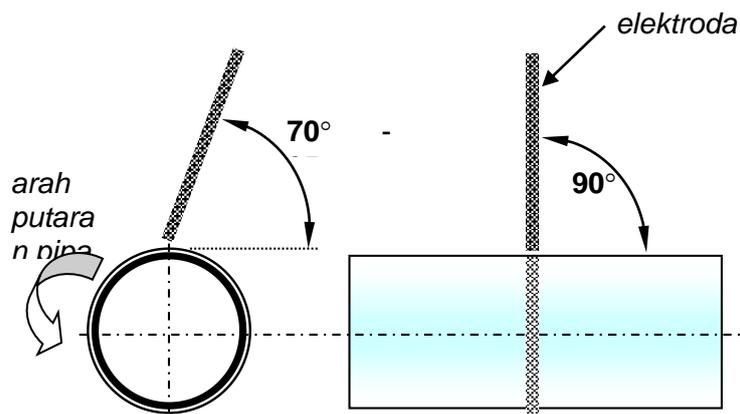
Gambar2.5.2 Persiapan permukaan logam pada pengelasan tumpul posisi datar

f. Pemberian las ikat

- Tempelkan kedua logam dasar diatas lempengan penahannya.
- Diantara dua logam itu, berikan celah 4 mm.
- Berikan las ikat pada bagian belakang logam dengan penahannya dengan hati-hati jangan sampai merusak pengelasan bagian depan.
- Pastikan jika ada perubahan posisi hanya $\pm 3^\circ$.



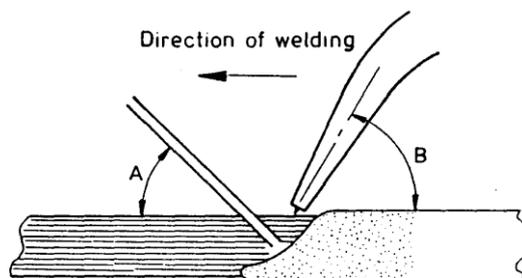
Gambar2.5.3 Pemberian las ikat



Gambar2.5.4 Posisi brander / tip

2. Penempatan Brander / tip ke posisi awal las

- Arahkan balik brander / tip ke ujung awal las.
- Pegang brander / tip pada posisi tegak 90o terhadap permukaan benda kerja dan dimiringkan sekitar 10o- 20o terhadap arah garis pengelasan.
- Jaga panjang busur sekitar 3-5 mm.
- Lelehkan ujung awal pengelasan.



Gambar 5.5 Permulaan pengelasan

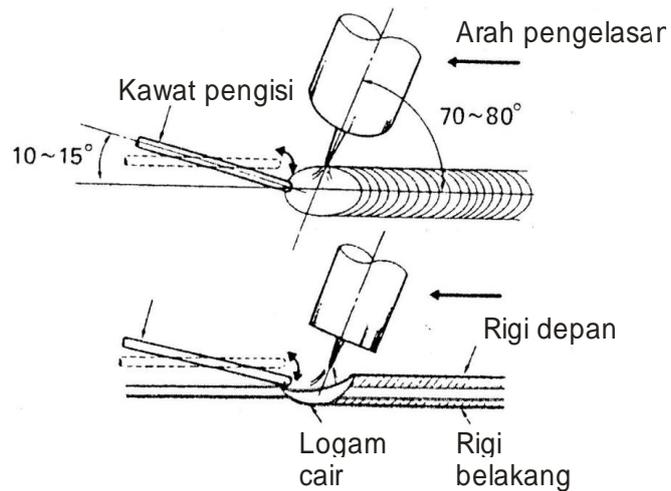
3. Pengelasan

Prosedur pengesetan :

- Siapkan tabung oksigen dan asetilen, pasang padaudukan ikat dan pastikan dalam posisi yang benar.
- Buka tutup tabung oksigen, simpan tutup tersebut.

- c. Pasang regulator oksigen, gunakan kunci pas. (tabung oksigen dan regulator menggunakan jenis ulir kanan, kencangkan baut secukupnya tetapi jangan dipaksa karena bisa merusak ulir)
- d. Buka tutup tabung asetilen, simpan tutup tersebut kemudian pasang regulator (jenis ulir kiri).
- e. Pasang selang hijau untuk oksigen dan merah untuk asetilen. (pasang dan kencangkan pengikat tapi jangan terlalu keras/ paksa karena bisa merusak ulir)
- f. Buka katup tabung oksigen pelan-pelan sampai ada sebagian kecil masuk dan memberi tanda pada gauge kemudian buka sepenuhnya, putar baut pengatur kekanan hingga ada terlihat tekanan kecil yang akan membersihkan kotoran pada selang. Putar baut pengatur ke kiri dan atur tekanan yang digunakan.(buka pelan-pelan untuk menghindari kerusakan akibat tekanan berlebihan)
- g. Buka katup tabung asetilen pelan-pelan sampai ada sebagian kecil masuk dan memberi tanda pada gauge kemudian buka 1,5 putaran, putar baut pengatur kekanan hingga ada terlihat tekanan kecil yang akan membersihkan kotoran pada selang. Putar baut pengatur ke kiri dan atur tekanan yang digunakan. (asetilen bahan mudah terbakar pastikan jauh dari api saat membuka jangan membuka lebih dari 1,5 putaran)
- h. Pasang torch diujung kedua selang. (asetilen menggunakan ulir kiri)
- i. Pastikan torch tertutup, atur tekanan kerja sebesar 10 pound terlihat pada penunjuk oksigen dan asetilen.

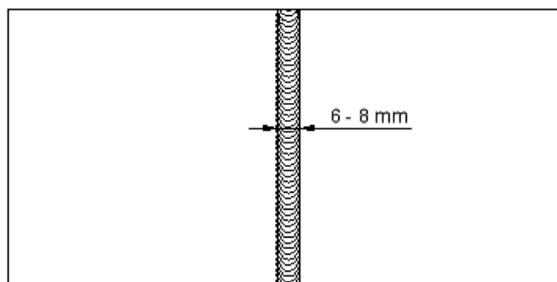
Periksa semua sambungan dengan cairan air sabun, bila ada gelembung gas terjadi kebocoran maka kencangkan.



Gambar 2.5.6 Pengisian kawah las

4. Pemeriksaan

- Periksa bentuk alur las dan keragamannya.
- Periksa dan pastikan apakah lebar dan tinggi las-lasan optimal atau sudah memenuhi persyaratan.
- Periksa apakah ada takik dan overlap pada hasil las.
- Periksa apakah kawah las terisi penuh atau kurang dari yang



dipersyaratkan.

Gambar 2.5.7 Hasil las

Table 38: Schedule 40 Pipe Dimensions											
Size Inches	Diameters		Nominal Thickness Inches	Transverse Areas			Length of Pipe per Sq. Foot of		Cubic Feet per Foot of Pipe	Weight per Foot Pounds	Number Threads per Inch of Screw
	External Inches	Internal Inches		External Sq. Ins.	Internal Sq. Ins.	Metal Sq. Ins.	External Surface Feet	Internal Surface Feet			
1/8	.405	.269	.068	.129	.057	.072	9.431	14.199	.00039	.244	27
1/4	.540	.364	.088	.229	.104	.125	7.073	10.493	.00072	.424	18
3/8	.675	.493	.091	.358	.191	.167	5.658	7.747	.00133	.567	18
1/2	.840	.622	.109	.554	.304	.250	4.547	6.141	.00211	.850	14
3/4	1.050	.824	.113	.866	.533	.333	3.637	4.635	.00370	1.130	14
1	1.315	1.049	.133	1.358	.864	.494	2.904	3.641	.00600	1.678	1 1/2
1 1/4	1.660	1.380	.140	2.164	1.495	.669	2.301	2.767	.01039	2.272	1 1/2
1 1/2	1.900	1.610	.145	2.835	2.036	.799	2.010	2.372	.01414	2.717	1 1/2
2	2.375	2.067	.154	4.430	3.355	1.075	1.608	1.847	.02330	3.652	1 1/2
2 1/2	2.875	2.469	.203	6.492	4.788	1.704	1.328	1.547	.03325	5.793	8
3	3.500	3.068	.216	9.621	7.393	2.228	1.091	1.245	.05134	7.575	8
3 1/2	4.000	3.548	.226	12.56	9.886	2.680	.954	1.076	.06866	9.109	8
4	4.500	4.026	.237	15.90	12.73	3.174	.848	.948	.08840	10.790	8
5	5.563	5.047	.258	24.30	20.00	4.300	.686	.756	.1389	14.61	8
6	6.625	6.065	.280	34.47	28.89	5.581	.576	.629	.2006	18.97	8
8	8.625	7.981	.322	58.42	50.02	8.399	.442	.478	.3552	28.55	8
10	10.750	10.020	.365	90.76	78.85	11.90	.355	.381	.5476	40.48	8
12	12.750	11.938	.406	127.64	111.9	15.74	.299	.318	.7763	53.6	
14	14.000	13.125	.437	153.94	135.3	18.64	.272	.280	.9354	63.0	
16	16.000	15.000	.500	201.05	176.7	24.35	.238	.254	1.223	78.0	
18	18.000	16.874	.563	254.85	224.0	30.85	.212	.226	1.555	105.0	
20	20.000	18.814	.593	314.15	278.0	36.15	.191	.203	1.926	123.0	
24	24.000	22.626	.687	452.40	402.1	50.30	.159	.169	2.793	171.0	

Size Inches	Diameters		Nominal Thickness Inches	Transverse Areas			Length of Pipe per Sq. Foot of		Cubic Feet per Foot of Pipe	Weight per Foot Pounds	Number Threads per Inch of Screw
	External Inches	Internal Inches		External Sq. Ins.	Internal Sq. Ins.	Metal Sq. Ins.	External Surface Feet	Internal Surface Feet			
1/8	.405	.215	.095	.129	.036	.093	9.431	17.750	.00025	.314	27
1/4	.540	.302	.119	.229	.072	.157	7.073	12.650	.00050	.535	18
3/8	.675	.423	.126	.358	.141	.217	5.658	9.030	.00098	.738	18
1/2	.840	.546	.147	.554	.234	.320	4.547	7.000	.00163	1.00	14
3/4	1.050	.742	1.54	.866	.433	.433	3.637	5.15	.00300	1.47	14
1	1.315	.957	.179	1.358	.719	.639	2.904	3.995	.00500	2.17	11 1/2
1 1/4	1.660	1.278	.191	2.164	1.283	.881	2.301	2.990	.00891	3.00	11 1/2
1 1/2	1.900	1.500	200	2.835	1.767	1.068	2.010	2.542	.01227	3.65	11 1/2
2	2.375	1.939	218	4.430	2.953	1.477	1.608	1.970	.02051	5.02	11 1/2
2 1/2	2.875	2.323	276	6.492	4.238	2.254	1.328	1.645	.02943	7.66	8
3	3.500	2.900	300	9.621	6.605	3.016	1.091	1.317	.04587	10.3	8
3 1/2	4.000	3.364	318	12.56	8.888	3.678	.954	1.135	.06172	12.5	8
4	4.500	3.826	337	15.90	11.497	4.407	.848	.995	.0798	14.9	8
5	5.563	4.813	375	24.30	18.194	6.112	.686	.792	.1263	20.8	8
6	6.625	5.761	432	34.47	26.067	8.300	.576	.673	.1810	28.6	8
8	8.625	7.625	500	58.42	45.663	12.76	.442	.501	.3171	43.4	8
10	10.750	9.564	593	90.76	71.84	18.92	.355	.400	.4989	64.4	8
12	12.750	11.376	687	127.64	101.64	26.00	.299	.336	.7058	88.6	8
14	14.000	12.500	750	153.94	122.72	31.22	.272	.306	.8522	107.0	8
16	16.000	14.314	843	201.05	160.92	40.13	.238	.263	1.117	137.0	8
18	18.000	16.126	937	254.85	204.24	50.61	.212	.237	1.418	171.0	8
20	20.000	17.938	1.031	314.15	252.72	61.43	.191	.208	1.755	209.0	8
24	24.000	21.564	1.218	452.40	365.22	87.18	.159	.177	2.536	297.0	8

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar : Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, ½ JP)

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

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran **Proses Pengelasan Pipa** ini? Sebutkan!
2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan anda pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

Aktivitas Pembelajaran 1 : Mengelas sambungan tumpul (butt) pada pipa baja lunak posisi 1G (16 JP)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-01.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian melakukan praktik pengelasan sambungan tumpul (butt joint) 1G OAW pada pipa baja lunak. Setelah selesai anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum. Setelah melaksanakan LK-01.P anda dapat melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 2** mengenai pengelasan sambungan tumpul (butt joint) 2G OAW pada pipa stainless steel.

Aktivitas Pembelajaran 2 : Mengelas sambungan tumpul (butt) pada pipa baja lunak ,posisi 2G (16 JP)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-02.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian melakukan praktik pengelasan sambungan tumpul (butt joint) 2G OAW pada pipa Stainless steel. Setelah selesai anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum. Setelah melaksanakan LK-02.P anda dapat melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 2** mengenai pengelasan sambungan tumpul (butt joint) pada pipa baja lunak posisi 1G dengan proses OAW dan OAW.

Aktivitas Pembelajaran 3 : Mengelas sambungan tumpul (butt) pada pipa baja lunak posisi 1G dengan proses OAW, . (20 JP)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-03.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian melakukan praktik pengelasan sambungan tumpul (butt joint) 1G OAW dan OAW pada pipa baja lunak. Setelah selesai anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum. Setelah melaksanakan LK-03.P anda dapat melanjutkan ke **aktivitas pembelajaran 2** mengenai pengelasan sambungan tumpul (butt joint) pada pipa baja lunak posisi 2G dengan proses OAW dan OAW.

Aktivitas Pembelajaran 4 : Mengelas sambungan tumpul (butt) pada pipa baja lunak posisi 2G dengan proses OAW, . (20 JP)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (**LK-04.P**), Kemudian didiskusikan dengan instruktur bagaimana proses kerja praktikum. Setelah itu kemudian melakukan praktik pengelasan sambungan tumpul (butt joint) 2G OAW dan OAW pada pipa baja lunak. Setelah selesai anda diminta melakukan penilaian sendiri terhadap proses praktikum dan melaporkan kegiatan praktikum. Setelah melaksanakan LK-04.P anda dapat melanjutkan ke **Kegiatan Pembelajaran KP-07** mengenai Pemeriksaan Hasil las OAW

E. Rangkuman

Pengelasan sambungan tumpul 1G dan 2G OAW pada pipa baja lunak merupakan keterampilan lanjutan pengelasan sambungan pada proses las OAW. Agar mendapatkan hasil yang maksimal maka perlu diperhatikan tahapan persiapan material, persiapan pengesetan peralatan dan perlengkapan, proses las catat, pengisian kawah las dan proses mematikan brander / tip. Setelah pengelasan sambungan dilakukan maka diakhiri dengan pemeriksaan baik secara visual maupun test DT dan NDT

F. Test Formatif

1. Jelaskan persiapan proses pengelasan dan pemeriksaan hasil pengelasan sambungan tumpul 1G las OAW!
2. Gambarkan ilustrasi posisi pengelasan sambungan tumpul pipa 1G las OAW!
3. Gambarkan ilustrasi posisi pengelasan sambungan tumpul 2G las kombinasi OAW dan OAW!

Form LK-01.Praktek

Lembar Kerja Pengelasan sambungan tumpul (butt) pada pipa baja lunak posisi 1G

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan tumpul 1G pada pipa baja lunak, peserta diklat diharapkan mampu:

1. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
2. Mengatur tekanan kerja pengelasan pada regulator
3. Mengatur nyala api
4. Memasang dan mengatur jarak brander / tip
5. **Mengelas Sambungan Tumpul (*Butt Joint*) 1G OAW pada Pipa Baja Lunak**
6. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

- 1 Menyiapkan mesin las OAW/TIG dan perlengkapannya
- 2 Menyiapkan alat bantu las
- 3 Menyiapkan alat pelindung diri
- 4 Menyiapkan WPS/Jobsheet/Gambar kerja
- 5 Menyiapkan pipa baja lunak ukuran \varnothing 75 mm dengan tebal 3 mm (2 buah)
- 6 Menyiapkan bahan tambah baja lunak \varnothing 2,4 mm

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

- 1 Menggunakan ,tip sesuai dan fluks
- 2 Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan
- 3 Memperhatikan peletakan dan posisi brander / tip terhadap lingkungan kerja dan benda kerja
- 4 Bekerja dengan bersih dan rapi

- 5 Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
- 6 Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

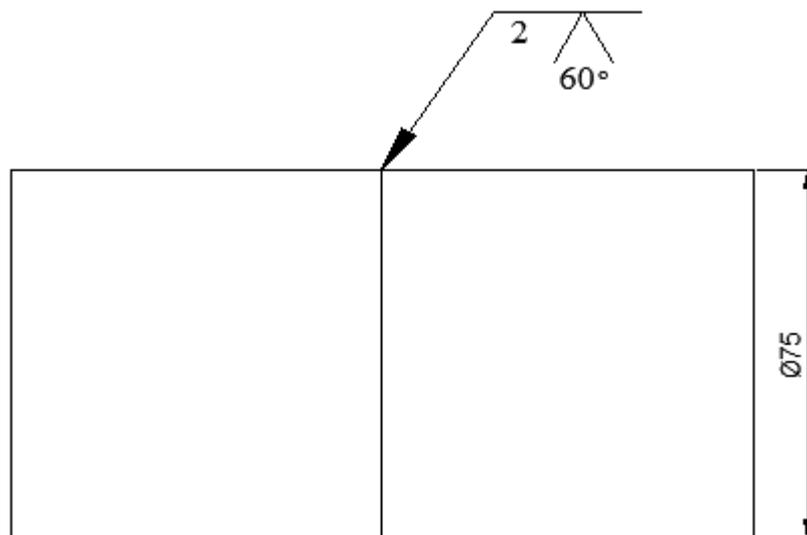
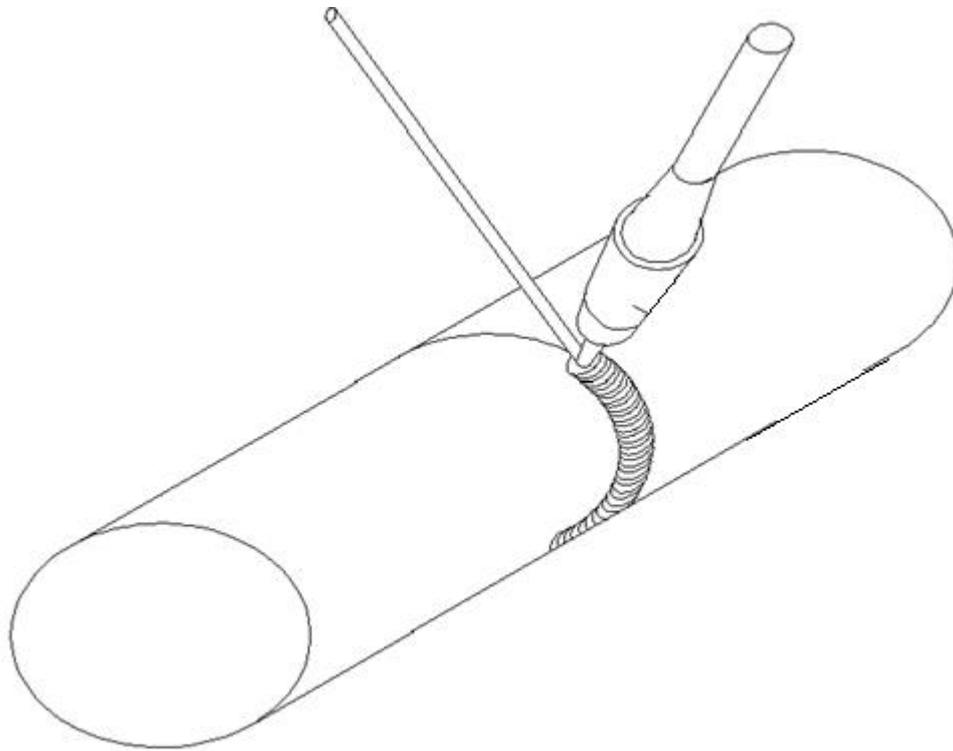
D. Proses Kerja

- 1 Menyiapkan peralatan las OAW/TIG, sambungan slang dan flasback arrestor
- 2 Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir diantara 8 – 10 Cfh disesuaikan dengan tebal pipa
- 3 Mengatur nyala api
- 4 Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas dan menempatkannya sesuai posisi pengelasan/gambar kerja
- 5 Mengatur sudut pembakar diantara 75°-85° terhadap jalur las
- 6 Mengatur sudut bahan tambah 15°
- 7 Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
- 8 Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan
- 9 Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan kembali pada tempatnya, memposisikan saklar ON/OFF pada posisi OFF, menutup katup gas sampai tekanan menunjukkan "0"

E. Hasil Kerja

- | | |
|-----------------------|---|
| 1 Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 Tinggi jalur lasan | 2 mm, tol +1, -0 |
| 5 Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 6 Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

F. Gambar Kerja



G. Form Laporan Praktikum

Judul Praktikum : _____

Nama Peserta : _____

Kelas : _____

Waktu Praktikum : _____

I	Bahan	
	1	(Sebutkan bahan praktikum yang digunakan .
	2	......
	3	Dst. .
II	Peralatan	
	1	(Sebutkan peralatan kerja yang digunakan) .
	2	......
	3	Dst. .
III	Keselamatan Kerja	
	1	(Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan) .
	2	......
	3	Dst.

	.	
I V	Proses Kerja	
	1	(Uraikan tahapan kerja yang digunakan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
V	Hasil Kerja	
	1	(Uraikan hasil kerja yang diinginkan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
V I	Gambar Kerja	

Form LK-02.Praktek

Lembar Kerja Pengelasan sambungan tumpul (butt) pada pipa baja lunak posisi 1G dengan proses OAW, .

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan tumpul 1G pada pipa baja lunak, peserta diklat diharapkan mampu:

1. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
2. Mengatur tekanan kerja pengelasan dengan gas argon pada regulator
3. Mengatur aliran gas argon

4. Menajamkan ,tip
5. Memasang dan mengatur jarak ,tip pada brander / tip
6. Menyalakan busur las
7. **Mengelas Sambungan Tumpul (*Butt Joint*) 1G OAW pada Pipa Baja Lunak dengan Proses OAW dan OAW**
8. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

- 1 Menyiapkan mesin las OAW/TIG dan mesin Las OAW
- 2 Menyiapkan alat bantu las
- 3 Menyiapkan alat pelindung diri
- 4 Menyiapkan WPS/Jobsheet/Gambar kerja
- 5 Menyiapkan pipa baja lunak ukuran \varnothing 75mm dengan tebal 6 mm (2 buah)
- 6 Menyiapkan bahan tambah baja lunak \varnothing 2,4 mm

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

- 1 Menggunakan ,tip sesuai dengan tebal bahan
- 2 Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan
- 3 Memperhatikan peletakan dan posisi brander / tip terhadap lingkungan kerja dan benda kerja
- 4 Bekerja dengan bersih dan rapi
- 5 Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
- 6 Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

D. Proses Kerja

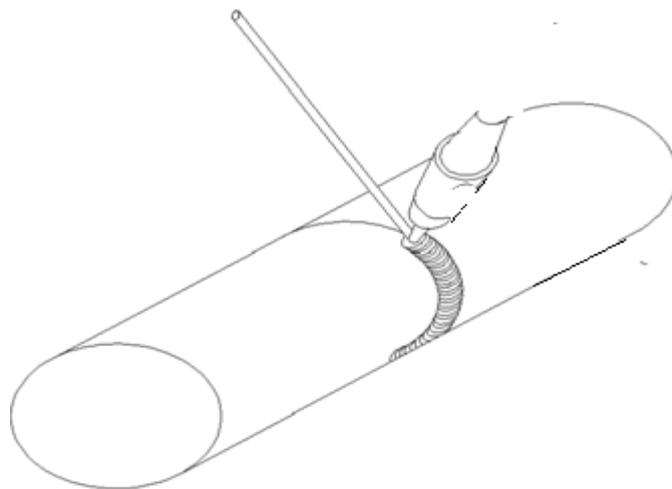
- 1 Menyiapkan peralatan las OAW
- 2 Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir diantara 10 – 15 Cfh disesuaikan dengan tebal pipa
- 3 Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas dan menempatkannya sesuai posisi pengelasan/gambar kerja

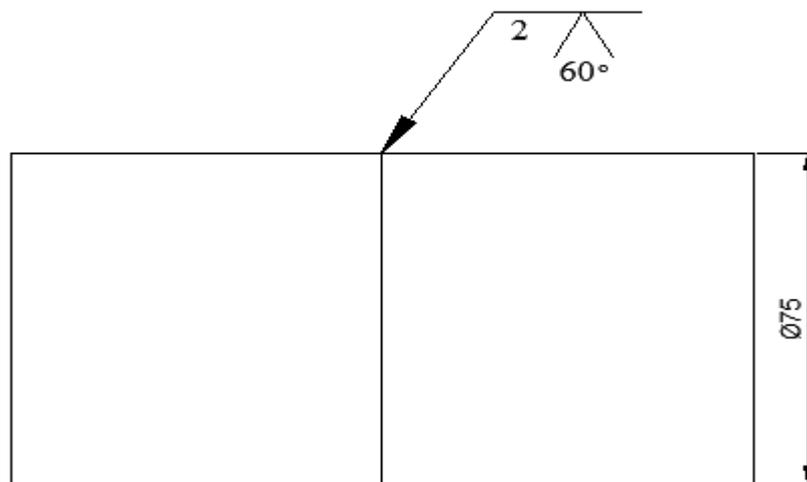
- 5 mMengatur nyala api pengelasan
- 6 Mengatur sudut pembakar diantara 75° - 85° terhadap jalur las
- 7 Mengatur sudut bahan tambah 15°
- 8 Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
- 9 Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan
- 1 Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan
- 0 kembali pada tempatnya, menutup katup gas sampai tekanan menunjukkan "0"

E. Hasil Kerja

- | | |
|-----------------------|---|
| 1 Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 Tinggi jalur lasan | 2 mm, tol +1, -0 |
| 5 Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 6 Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

F. Gambar Kerja





G. Form Laporan Praktikum

Judul Praktikum : _____

Nama Peserta : _____

Kelas : _____

Waktu Praktikum : _____

I	Bahan	
	1	(Sebutkan bahan praktikum yang digunakan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
II	Peralatan	
	1	(Sebutkan peralatan kerja yang digunakan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
III	Keselamatan Kerja	
	1	(Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	

I	Proses Kerja	
V		
	1	(Uraikan tahapan kerja yang digunakan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
V	Hasil Kerja	
	1	(Uraikan hasil kerja yang diinginkan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
V	Gambar Kerja	
I		

Form LK-03.Praktek

Lembar Kerja Pengelasan sambungan tumpul (butt) pada pipa baja lunak posisi 2G

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan tumpul 2G pada pipa baja lunak, peserta diklat mampu:

1. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
2. Mengatur tekanan kerja pengelasan pada regulator
3. Mengatur nyala api pengelasan
4. Memasang dan mengatur jarak brander / tip
5. Memnuat keyhole padaproses pengelasan

6. **Mengelas Sambungan Tumpul (*Butt Joint*) 2G OAW pada Pipa baja lunak**

7. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

- 1 Menyiapkan perangkat las OAW dan perlengkapannya
- 2 Menyiapkan alat bantu las
- 3 Menyiapkan alat pelindung diri
- 4 Menyiapkan WPS/Jobsheet/Gambar kerja
- 5 Menyiapkan pipa baja lunak ukuran \varnothing 75 mm dengan tebal 3 mm(2 buah)
- 6 Menyiapkan bahan tambah baja lunak \varnothing 2,4 mm dan fluks

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

- 1 Menggunakan tip sesuai dengan tebal bahan
- 2 Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan
- 3 Memperhatikan peletakan dan posisi brander / tip terhadap lingkungan kerja dan benda kerja
- 4 Bekerja dengan bersih dan rapi
- 5 Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
- 6 Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

D. Proses Kerja

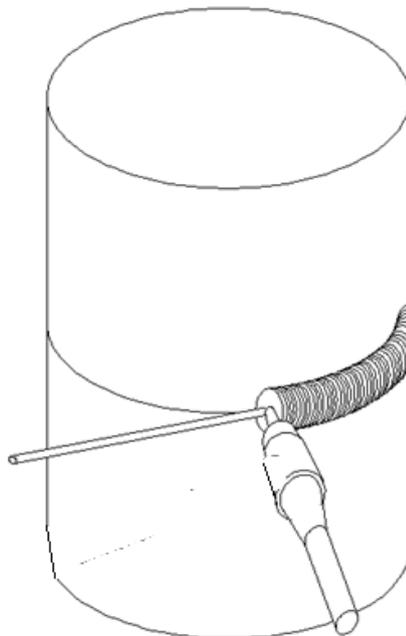
- 1 Menyiapkan peralatan las OAW
- 2 Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir diantara 10 – 15 Cfh disesuaikan dengan tebal pipa
- 3 Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas dan menempatkannya sesuai posisi pengelasan/gambar kerja
- 5 mMengatur nyala api pengelasan
- 6 Mengatur sudut pembakar diantara 75° - 85° terhadap jalur las
- 7 Mengatur sudut bahan tambah 15°

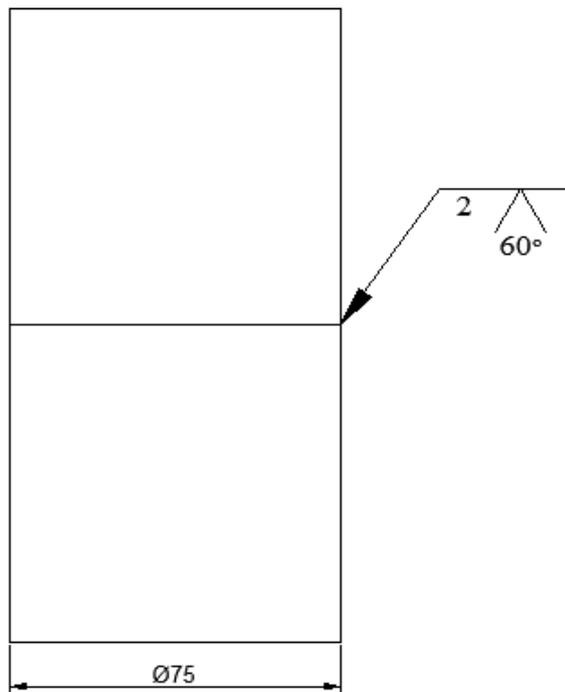
- 8 Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
- 9 Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan
- 1 Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan
- 0 kembali pada tempatnya, menutup katup gas sampai tekanan menunjukkan "0"

E. Hasil Kerja

- | | |
|-----------------------|---|
| 1 Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 Tinggi jalur lasan | 2 mm, tol +1, -0 |
| 5 Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 6 Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

F. Gambar Kerja





G. Form Laporan Praktikum

Judul Praktikum : _____

Nama Peserta : _____

Kelas : _____

Waktu Praktikum : _____

I	Bahan
1	(Sebutkan bahan praktikum yang digunakan)
.	
2	.....
.

	3 .	Dst.
II	Peralatan	
	1 .	(Sebutkan peralatan kerja yang digunakan)
	2.	..........
	3 .	Dst.
III	Keselamatan Kerja	
	1 .	(Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan)
	2.	..........
	3 .	Dst.
I V	Proses Kerja	
	1 .	(Uraikan tahapan kerja yang digunakan)
	2.	..........
	3 .	Dst.
V	Hasil Kerja	
	1 .	(Uraikan hasil kerja yang diinginkan)
	2.	..........
	3 .	Dst.

V	Gambar Kerja
I	

Form LK-04.P Lembar Kerja Pengelasan sambungan sudut (fillet) pada pipa baja lunak posisi 1F dengan proses OAW, .

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan tumpul 2G pada pipa baja lunak, peserta diklat mampu:

1. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
2. Mengatur tekanan kerja pengelasan pada regulator
3. Mengatur nyala api pengelasan
4. Memasang dan mengatur jarak brander / tip
5. Memnuat keyhole pada proses pengelasan
6. **Mengelas Sambungan Sudut (*Fillet Joint*) 1F OAW pada Pipa baja lunak dengan proses OAW**
7. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

- 1 Menyiapkan perangkat las OAW dan perlengkapannya
- 2 Menyiapkan alat bantu las
- 3 Menyiapkan alat pelindung diri
- 4 Menyiapkan WPS/Jobsheet/Gambar kerja
- 5 Menyiapkan pipa baja lunak ukuran \varnothing 75 mm dengan tebal 3 mm (2 buah)
- 6 Menyiapkan bahan tambah baja lunak \varnothing 2,4 mm dan fluks

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

- 1 Menggunakan tip sesuai dengan tebal bahan
- 2 Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan

- 3 Memperhatikan peletakan dan posisi brander / tip terhadap lingkungan kerja dan benda kerja
- 4 Bekerja dengan bersih dan rapi
- 5 Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
- 6 Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

D. Proses Kerja

- 1 Menyiapkan peralatan las OAW
- 2 Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir diantara 10 – 15 Cfh disesuaikan dengan tebal pipa
- 3 Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas dan menempatkannya sesuai posisi pengelasan/gambar kerja
- 5 mMengatur nyala api pengelasan
- 6 Mengatur sudut pembakar diantara 75°-85° terhadap jalur las
- 7 Mengatur sudut bahan tambah 15°
- 8 Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
- 9 Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan
- 1 Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan
- 0 kembali pada tempatnya, menutup katup gas sampai tekanan menunjukkan "0"

E. Hasil Kerja

- | | |
|-----------------------|---|
| 1 Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 Tinggi jalur lasan | 2 mm, tol +1, -0 |
| 5 Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 6 Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

G. Form Laporan Praktikum

Judul Praktikum : _____

Nama Peserta : _____

Kelas : _____

Waktu Praktikum : _____

I		Bahan
	1	(Sebutkan bahan praktikum yang digunakan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
II		Peralatan
	1	(Sebutkan peralatan kerja yang digunakan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
III		Keselamatan Kerja
	1	(Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	

I V	Proses Kerja	
	1	(Uraikan tahapan kerja yang digunakan)
	2	..........
	3	Dst.
V	Hasil Kerja	
	1	(Uraikan hasil kerja yang diinginkan)
	2	..........
	3	Dst.
V I	Gambar Kerja	

Form LK-05.Praktek

Lembar Kerja Pengelasan sambungan sudut (fillet) pada pipa baja lunak posisi 2F dengan proses OAW, .

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan tumpul 2G pada pipa baja lunak, peserta diklat mampu:

1. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
2. Mengatur tekanan kerja pengelasan pada regulator
3. Mengatur nyala api pengelasan
4. Memasang dan mengatur jarak brander / tip
5. Memnuat keyhole padaproses pengelasan

6. **Mengelas Sambungan Sudut (*Fillet Joint*) 2F OAW pada Pipa baja lunak dengan proses OAW**

7. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

- 1 Menyiapkan perangkat las OAW dan perlengkapannya
- 2 Menyiapkan alat bantu las
- 3 Menyiapkan alat pelindung diri
- 4 Menyiapkan WPS/Jobsheet/Gambar kerja
- 5 Menyiapkan pipa baja lunak ukuran \varnothing 75 mm dengan tebal 3 mm(2 buah)
- 6 Menyiapkan bahan tambah baja lunak \varnothing 2,4 mm dan fluks

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

- 1 Menggunakan tip sesuai dengan tebal bahan
- 2 Memeriksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai pengelasan
- 3 Memperhatikan peletakan dan posisi brander / tip terhadap lingkungan kerja dan benda kerja
- 4 Bekerja dengan bersih dan rapi
- 5 Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja
- 6 Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

D. Proses Kerja

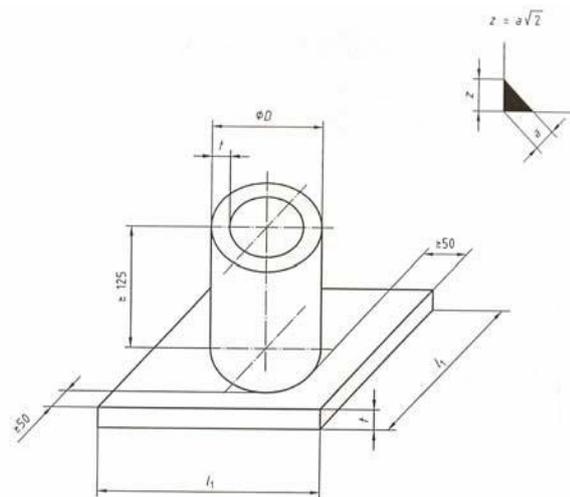
- 1 Menyiapkan peralatan las OAW
- 2 Memeriksa kembali pemasangan regulator, mengatur tekanan kerja/alir diantara 10 – 15 Cfh disesuaikan dengan tebal pipa
- 3 Membersihkan permukaan benda kerja yang akan dilas dan menempatkannya sesuai posisi pengelasan/gambar kerja
- 5 mMengatur nyala api pengelasan
- 6 Mengatur sudut pembakar diantara 75° - 85° terhadap jalur las
- 7 Mengatur sudut bahan tambah 15°

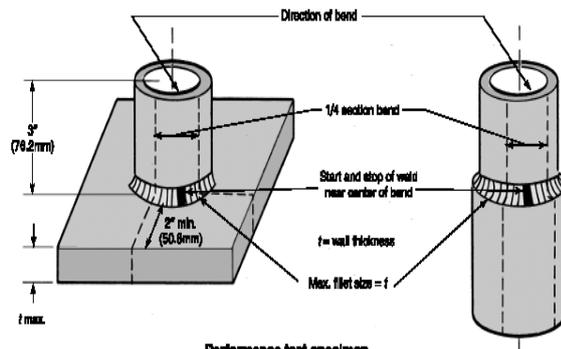
- 8 Melakukan pengelasan sesuai dengan wps/lembar kerja/gambar kerja
- 9 Memeriksa hasil las dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan
- 1 Membersihkan semua peralatan yang telah digunakan dan menyimpan
- 0 kembali pada tempatnya, menutup katup gas sampai tekanan menunjukkan "0"

E. Hasil Kerja

- | | |
|-----------------------|---|
| 1 Lebar jalur las | 5 mm, tol +1, -0 |
| 2 Kelurusan jalur las | Penyimpangan maks 5% |
| 3 Pencairan | Bagian yang tidak mencair maks. 5% |
| 4 Tinggi jalur lasan | 2 mm, tol +1, -0 |
| 5 Penetrasi | Maks. Rata dengan permukaan bawah |
| 6 Kebersihan | Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan |

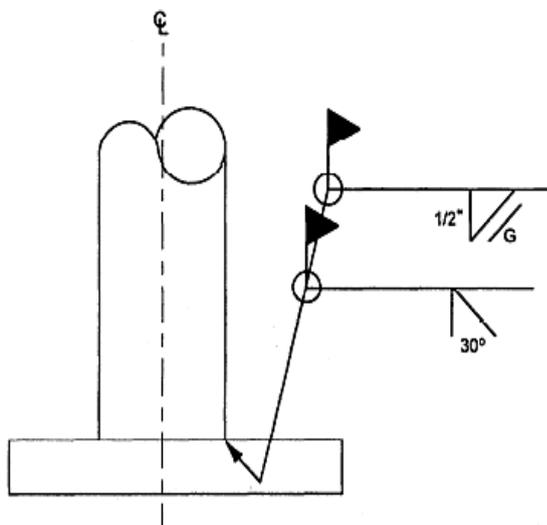
F. Gambar Kerja





Performance test specimen for a fillet weld in pipe

Note: Either pipe to plate or pipe to pipe may be used a shown.



G. Form Laporan Praktikum

Judul Praktikum : _____

Nama Peserta : _____

Kelas : _____

Waktu Praktikum : _____

I	Bahan
1	(Sebutkan bahan praktikum yang digunakan)

	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
II	Peralatan	
	1	(Sebutkan peralatan kerja yang digunakan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
III	Keselamatan Kerja	
	1	(Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
I V	Proses Kerja	
	1	(Uraikan tahapan kerja yang digunakan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
V	Hasil Kerja	
	1	(Uraikan hasil kerja yang diinginkan)
	.	
	2	.....

	3	Dst.
	.	
V I	Gambar Kerja	



KEGIATAN PEMBELAJARAN 5

Pemeriksaan Hasil Las OAW

A. Tujuan

Setelah proses diklat, dengan melihat WPS peserta diklat dapat menentukan inspeksi pengelasan dan pengujian hasil lasan dengan tepat

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Memeriksa hasil pengelasan secara visual dan mekanik

1. Inspeksi pengelasan dapat ditentukan dengan tepat.
2. Pengujian hasil lasan dapat ditentukan dengan tepat
3. Perlakuan panas akibat proses pengelasan.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1: Inspeksi Pengelasan

Hasil pengelasan pada umumnya sangat bergantung pada keterampilan *welder*. Kerusakan hasil las baik di permukaan maupun di bagian dalam sulit dideteksi dengan metode pengujian sederhana. Selain itu karena struktur yang dilas merupakan bagian integral dari seluruh badan material las maka retakan yang timbul akan menyebar luas dengan cepat bahkan mungkin bisa menyebabkan kecelakaan yang serius. Untuk mencegah kecelakaan tersebut pengujian dan pemeriksaan daerah-daerah las sangatlah penting.

Tujuan dilakukannya pengujian adalah untuk menentukan kualitas produk-produk atau spesimen-spesimen tertentu, sedangkan tujuan pemeriksaan adalah untuk menentukan apakah hasil pengujian itu relatif dapat diterima menurut standar-standar kualitas tertentu atau tidak dengan kata lain tujuan pengujian dan pemeriksaan adalah untuk menjamin kualitas dan memberikan kepercayaan terhadap konstruksi yang dilas. Untuk program pengendalian prosedur pengelasan, pengujian dan pemeriksaan dapat diklasifikasikan menjadi tiga

kelompok sesuai dengan pengujian dan pemeriksaan dilakukan yaitu sebelum, selama atau setelah pengelasan

1. Inspeksi Sebelum Pengelasan

Inspeksi dimulai dengan pemeriksaan bahan sebelum fabrikasi "*Seams*" dan "*Laps*" atau ketidaksempurnaan permukaan lainnya dapat dideteksi dengan pemeriksaan visual. Laminasi dapat dilihat pada sisi potongan. Dimensi pipa dan pipa dapat ditentukan dengan pengukuran. Setelah bagian - bagian yang akan dilas dirakit, inspektur harus memperhatikan celah akar las yang salah, persiapan sisi-sisi yang akan dilas yang tidak sesuai dan persiapan sambungan lainnya yang akan mempengaruhi mutu dari sambungan las. Inspektur harus mengecek kondisi-kondisi berikut ini untuk pemenuhan spesifikasi yang digunakan :

- a. Persiapan pinggiran yang akan dilas (sudut bevel, sudut galur, muka akar) dimensi dan penyelesaiannya
- b. Ukuran strip, cincin atau logam pengisi penahan balik
- c. Kesetangkupan (*alignment*) dan penyetelan (*fit-up*) dari bagian -bagian yang akan dilas.
- d. Pembersihan (harus tidak terdapat kotoran-kotoran seperti lemak, minyak, cat dan lain-lain pada sisi yang akan dilas dan sekitarnya)

Inspeksi yang teliti sebelum pengelasan dapat meniadakan atau mengurangi kondisi yang mengakibatkan lasan mengandung diskontinuitas

2. Inspeksi Pada Waktu Pengelasan

Inspeksi visual mengecek rincian pekerjaan pada waktu jalannya pengelasan, rincian pekerjaan pengelasan yang harus dicek adalah :

- a. Proses las
- b. Logam pengisi
- c. Fluks atau gas pelindung
- d. Suhu pemanasan awal (*preheat*) dan suhu antar jalur (*interpass*)
- e. Pembersihan
- f. Pemahatan pengerindaan atau penakukan (*gouging*)
- g. Persiapan sambungan untuk pengelasan sisi kebalikannya

- h. Pengendalian distorsi
- i. Suhu dan waktu perlakuan panas pasca las.

Lapisan pertama atau jalur akar (*rootpass*) adalah yang paling penting untuk mencapai kemulusan final jalur akar akan cepat membeku oleh karena konfigurasi dari sambungan volume logam dasar yang relatif besar dibandingkan dengan logam lasan jalur akar, pipa yang dingin dan kemungkinan busur tidak dapat mencapai akar. Jalur akar cenderung akan menjebak terak atau gas yang pada waktu pengelasan jalur-jalur selanjutnya tidak akan hilang. Pula logam yang mencair pada waktu pengelasan jalur akar ini peka terhadap keretakan. Retakan ini dapat menjalar ke lapisan - lapisan selanjutnya. Oleh karena itu inspeksi dari jalur akar ini harus betul - betul teliti. Pada lasan jalur berganda (*double groove welds*), terak dari jalur akar pada satu sisi pipa akan menetes melalui celah akar dan membentuk deposit terak pada sisi kebalikannya. Oleh karena itu, sebelum pengelasan sisi kebalikannya harus dilakukan pemahatan, penggerindaan atau penakukan balik (*back gouging*).

3. Inspeksi Setelah Pengelasan

Inspeksi visual setelah pengelasan adalah berguna untuk verifikasi produk yang selesai :

- a. Pemenuhan persyaratan gambar
- b. Tampak rakitan las
- c. Adanya diskontinuitas struktural
- d. Tanda – tanda oleh karena kesalahan penanganan (markah Inspeksi yang terlalu dalam atau pengerindaan yang berlebihan dan sebagainya

Bahan Bacaan 2: Pengujian Hasil Pengelasan

Evaluasi hasil pengelasan dapat dilakukan dengan cara :

- 1. Pemeriksaan hasil las
 - a. *Visual test (VT)*
 - *Radiography Test (RT)*

- *Penetrant Test (PT)*
 - *Ultrasonic Test (UT)*
 - *Particle Magnetic (MT)*
 - *Eddy Current*
- b. *Non Destructive test (NDT)*

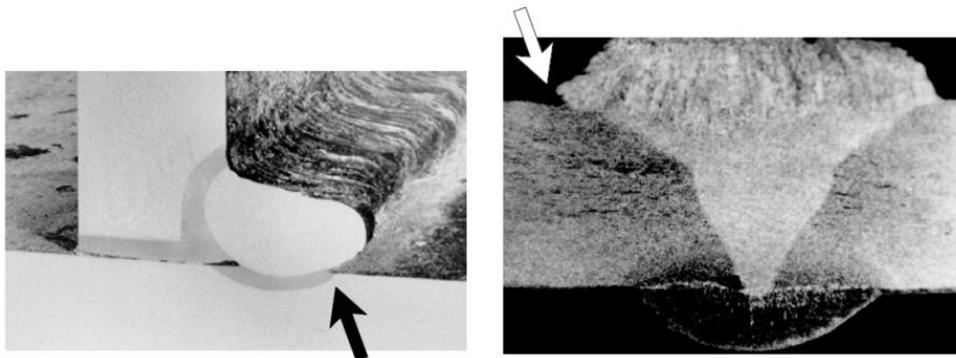
2. Pengujian hasil lasan

- a. Uji tarik / *Tensile test*
- b. Uji lengkung / *Bending test*
- c. *Macro etsa*
- d. Uji kekerasan / *Hardness test*
- e. Uji Patah / *Fracture test*
- f. Uji Pukul Charphy / *Impact test*

Cacat lasan merupakan salah satu yang diperiksa secara visual dan NDT. Beberapa cacat las yang sering muncul ialah:

a. *Overlap*

Overlap ialah suatu kondisi hasil las di mana logam las melebihi area las.

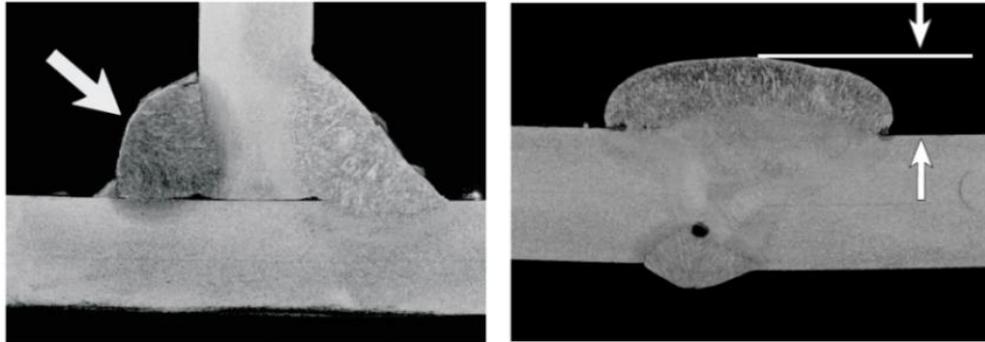


Gambar2.6.1 Cacat overlap

(Sumber CWB, 2006:424)

b. *Excessive*

Excessive ialah suatu kondisi hasil las di mana logam las membuat takikan pada las multipass

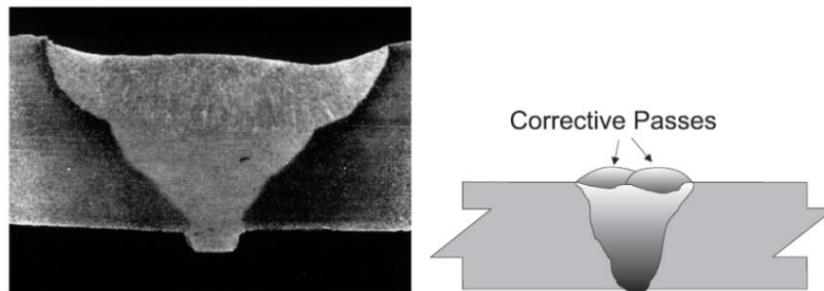


Gambar2.6.2 Cacat excessive

(Sumber CWB, 2006:425)

c. *Underfill*

Underfill ialah suatu kondisi hasil las di mana logam las kurang mengisi kampuh.

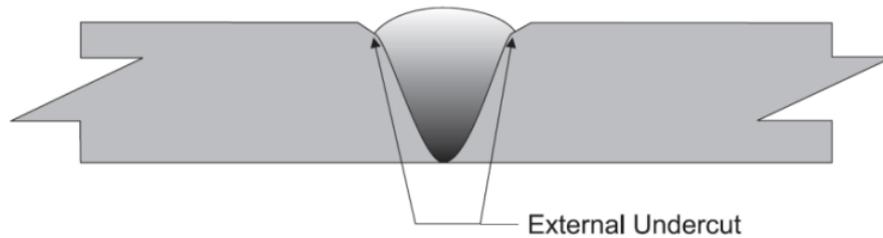


Gambar2.6.3 Cacat underfill

(Sumber CWB, 2006:427)

d. *Undercut*

Undercut ialah suatu kondisi hasil las di mana logam base/induk cacat pada sisi las (termakan logam las)

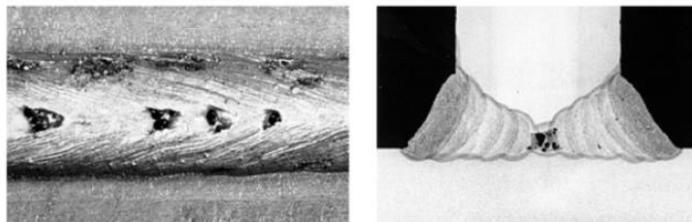


Gambar2.6.4 Cacat undercut

(Sumber CWB, 2006:427)

e. *Porosity*

Porosity ialah suatu kondisi hasil las di mana di dalam logam las terdapat rongga akibat udara terperangkap.

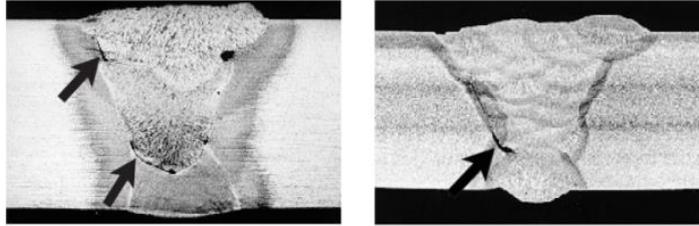


Gambar2.6.5 Cacat porosity

(Sumber CWB, 2006:434)

f. *Incomplete fusion*

Incomplete fusion ialah suatu kondisi hasil las di mana logam las dengan logam base tidak “fus” dengan baik.

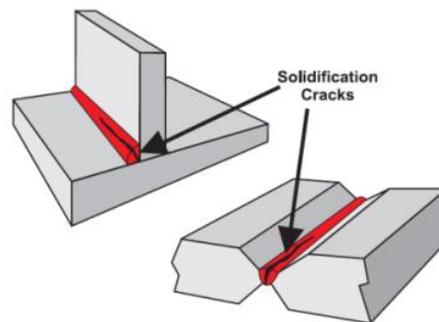


Gambar2.6.6 Cacat incomplete fusion

(Sumber CWB, 2006:441)

g. *Cracking*

Cracking ialah suatu kondisi hasil las dimana terdapat retakan pada logam las.



Gambar2.6.7 Cacat cracking

(Sumber CWB, 2006:445)

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar : Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, ½ JP)

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

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran **Pemeriksaan Hasil Las OAW** ini? Sebutkan!

2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan anda pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh anda sebagai guru kejuruan bahwa anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

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

Aktivitas Pembelajaran 1 : Menganalisis Cacat Las (1 JP)

Anda diminta untuk membaca bahan bacaan 1. Hasil pengamatan dituangkan dalam laporan tertulis (LK-01) Untuk membantu anda mengisi LK-01, dapat dipandu oleh pertanyaan berikut ini:

1. Sebutkan cacat lasan yang ada pada jalur lasan!
2. Gambarkan ilustrasi cacat lasan tersebut!
3. Jelaskan pula penyebab terjadinya cacat lasan!

Setelah LK-01 terisi, diskusikan dengan rekan satu kelompok. Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Setelah selesai, Anda dapat melanjutkan ke **Aktivitas Pembelajaran 2**.

Aktivitas Pembelajaran 2 : Pemeriksaan Hasil Las (4 JP)

Anda diminta untuk mengamati lembar kerja (LK-01.P), kemudian anda diminta melakukan praktikum pemeriksaan hasil las menggunakan cairan penetrant. Selesai praktikum anda melaporkan hasil praktikum secara lengkap.

E. Rangkuman

Tujuan dilakukannya pengujian adalah untuk menentukan kualitas produk-produk atau spesimen-spesimen tertentu, sedangkan tujuan pemeriksaan adalah untuk menentukan apakah hasil pengujian itu relatif dapat diterima menurut standar-standar kualitas tertentu atau tidak dengan kata lain tujuan pengujian dan pemeriksaan adalah untuk menjamin kualitas dan memberikan kepercayaan terhadap konstruksi yang dilas.

Pemeriksaan dilakukan sebelum, pada saat dan setelah proses pengelasan dilakukan. Sedangkan pengujian dilakukan *destructive test* dan *non destructive test*. Biasa pemeriksaan dilakukan dengan melihat ada atau tidaknya cacat las. Kemudian dilakukan fotomikro untuk melihat daerah las, HAZ dan logam base. Selanjutnya dilakukan uji tarik.

F. Tes Formatif

1. Jelaskan tiga macam inspeksi pengelasan!
2. Jelaskan perbedaan destruktif test dan non destruktif test?
3. Jelaskan macam-macam cacat lasan!
4. Jelaskan cara memeriksa hasil lasan menggunakan cairan penetrant!

Lembar Kerja KP-09

LK - 00

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh anda sebelum mempelajari materi pembelajaran **Pemeriksaan Hasil Las OAW**? Sebutkan!

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

2. Bagaimana anda mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam materi pembelajaran ini? Sebutkan!

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

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

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

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

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

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

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

Form LK-01.Praktek

Pemeriksaan Hasil Las Menggunakan Cairan Penetrant

A. Tujuan Praktikum

Setelah mempelajari dan berlatih membuat rigi las dengan bahan tambah pada pipa baja lunak, peserta diklat diharapkan mampu:

1. Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja
2. Mengatur tekanan kerja pengelasan dengan gas argon pada regulator
3. Mengatur aliran gas argon
4. Menajamkan ,tip
5. Memasang dan mengatur jarak ,tip pada brander / tip
6. Menyalakan busur las
7. Melakukan pengelasan pada pipa baja lunak dengan proses OAW
8. Memeriksa hasil las

B. Persiapan Alat dan Bahan

- 1 Menyiapkan penetrant satu set, terdiri dari *cleaner/remover, penetrant dan developer.*
- 2 Menyiapkan lap bersih
- 3 Menyiapkan sikat baja dan kertas ampelas
- 4 Menyiapkan benda uji
- 5 Menyiapkan WPS/Jobsheet/Gambar kerja

C. Sikap dan Keselamatan Kerja

- 1 Menggunakan penetrant sesuai SOP
- 2 Bekerja dengan bersih dan rapi
- 3 Menjauhkan benda-benda yang mudah terbakar dan berpotensi menimbulkan berbahaya dari lokasi kerja

- 4 Membersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja

D. Proses Kerja

- 1 Bersihkan jalur las benda uji dari kotoran berupa karat dengan sikat baja dan kertas ampelas
- 2 Aplikasikan *cleaner/remover* pada jalur las benda uji
- 3 Bersihkan jalur las dengan lap bersih
- 4 Aplikasikan *penetrant* pada jalur las benda uji, diamkan dengan lamanya (*dwell time*) sesuai bahan biasanya antara 7-10 menit.
- 5 Bersihkan cairan penetrant dari jalur las menggunakan lap, jika perlu semprotkan *cleaner/remover* pada kain lap kemudian bersihkan kembali jalur las sehingga cairan jalur las bersih dari cairan *penetrant*
- 6 Aplikasikan developer pada jalur las, biarkan sampai cairan *penetrant* yang berada dalam celah crack timbul ke permukaan
- 7 Amati jalur las, perhatikan spot-psot berwarna sesuai dengan warna penetrant. Foto untuk dianalisis.
- 8 Praktikum selesai, bersihkan benda uji menggunakan *remover* dan kain lap
- 9 Bersihkan dan letakan kembali peralatan praktikum pada tempatnya semula

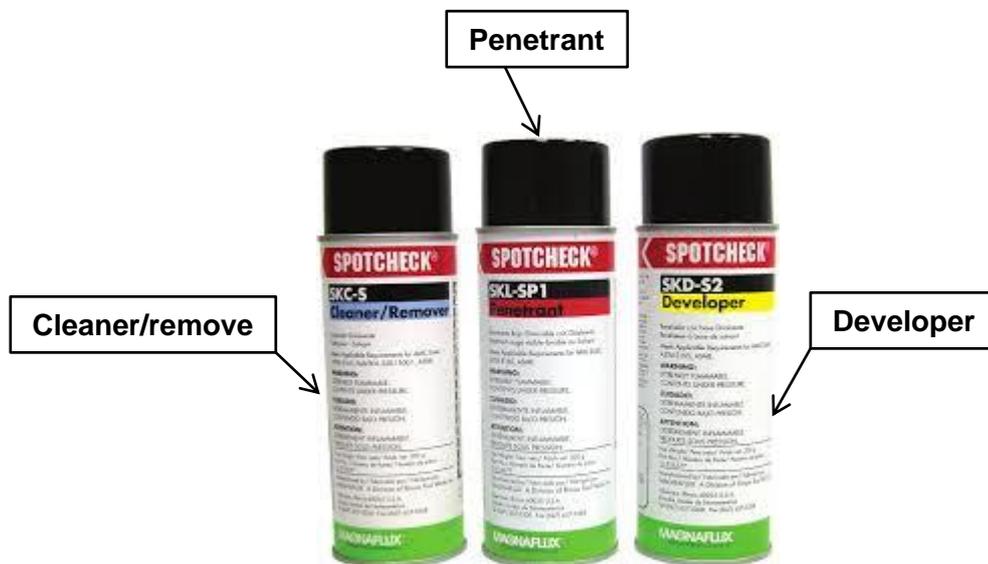
E. Hasil Kerja

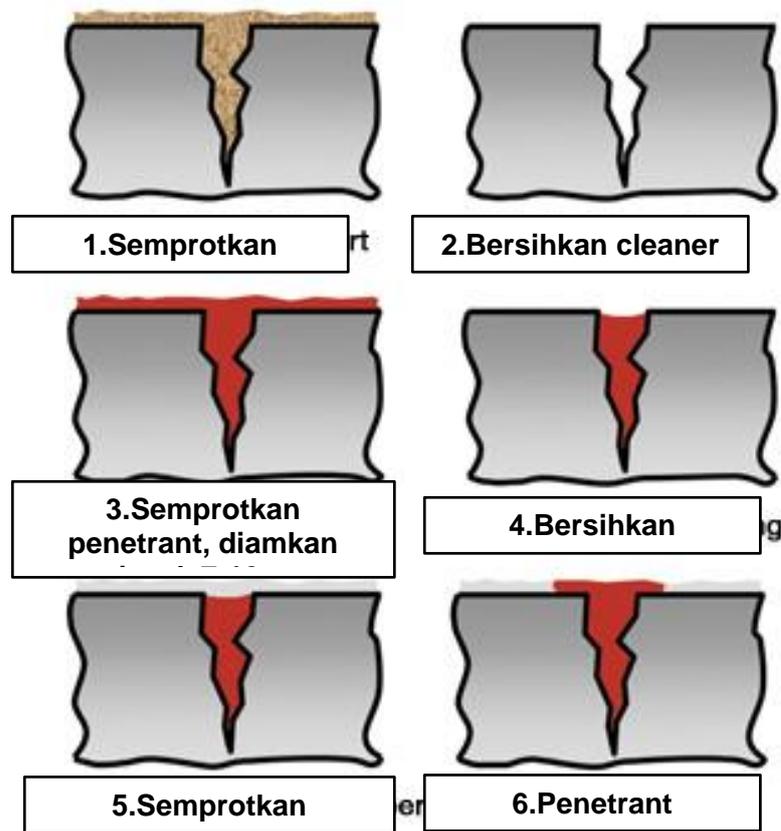
- 1 Benda uji yang sudah teridentifikasi lokasi dan jumlah cacat crack nya misalkan seperti gambar di bawah ini



(Sumber: www.premierndtservices.com)

F. Gambar Kerja





G. Form Laporan Praktikum

Judul : _____

Praktikum _____

Nama Peserta : _____

Kelas : _____

Waktu : _____

Praktikum _____

I	Bahan
1	(Sebutkan bahan praktikum yang digunakan)
2	.....

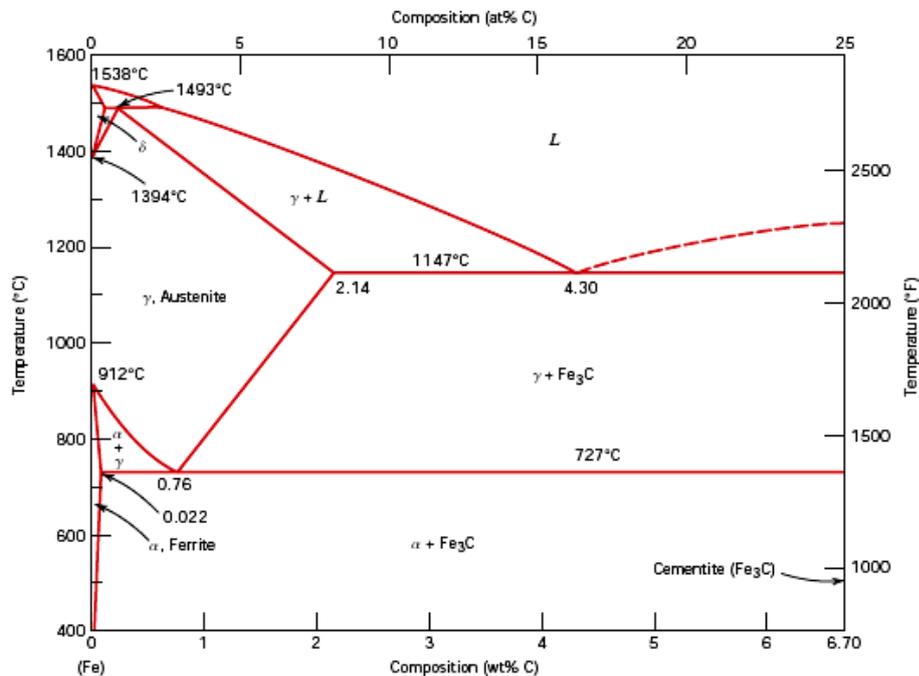
	3 .	Dst.
II	Peralatan	
	1 .	(Sebutkan peralatan kerja yang digunakan)
	2.	..........
	3 .	Dst.
II I	Keselamatan Kerja	
	1 .	(Sebutkan peralatan keselamatan kerja yang digunakan)
	2.	..........
	3 .	Dst.
I V	Proses Kerja	
	1 .	(Uraikan tahapan kerja yang digunakan)
	2.	..........
	3 .	Dst.
V	Hasil Kerja	
	1 .	(Uraikan hasil kerja yang diinginkan)
	2.	..........
	3 .	Dst.

	.	
V	Gambar Kerja	
I		

Bahan Bacaan 3 : Diagram Besi - Karbon

Kegunaan baja sangat bergantung dari pada sifat – sifat baja yang sangat bervariasi yang diperoleh dari pemaduan dan penerapan proses perlakuan panas. Sifat mekanik dari baja sangat bergantung pada struktur mikronya. Sedangkan struktur mikro sangat mudah dirubah melalui proses perlakuan panas. Baja adalah paduan besi dengan kandungan karbon sampai maksimum sekitar 1,5% . Paduan besi dengan karbon di atas 1,5% disebut dengan besi cor (cast iron)

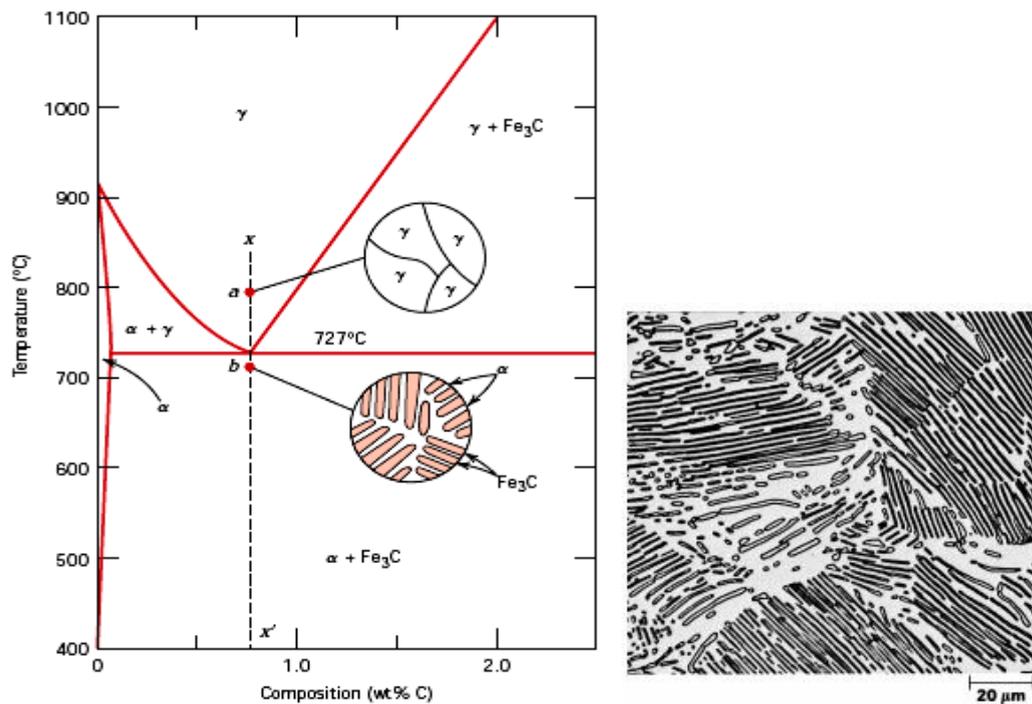
Beberapa jenis baja memiliki sifat – sifat yang tertentu sebagaimana akibat penambahan unsur paduan. Salah satu unsur paduan yang sangat penting yang dapat mengontrol sifat baja adalah karbon (C). jika besi dipadu dengan karbon, transformasi yang terjadi pada rentang temperatur tertentu erat kaitannya dengan kandungan karbon. Diagram yang menggambarkan hubungan antara temperatur dimana terjadinya perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon disebut dengan diagram fasa. Diagram ini merupakan dasar pemahaman untuk semua operasi – operasi Perlakuan Panas seperti diperlihatkan pada gambar 7.8.



Gambar 6.8 Diagram Fe – Fe₃C

Diagram ini merupakan dasar dari teknik paduan besi (baja & besi tuang). Simentit (Fe₃C) terdiri dari 6,65 % terbentuk dari laju pendinginan yang cepat, jika laju pendinginan lambat maka akan terbentuk karbon (grafit) yang terpisah. Struktur kristal sementit adalah orthorombic.

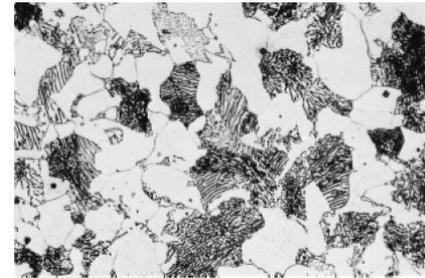
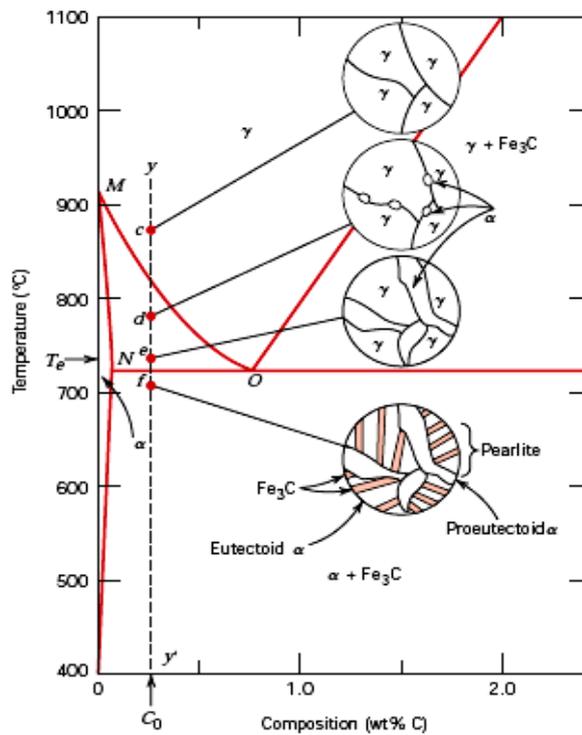
Diagram keseimbangan besi - zat arang ditunjukkan oleh garis putus-putus pada diagram phase Fe - Fe₃C. Grafit lebih stabil dari Fe₃C. Maka diagram Fe - Fe₃C dapat dianggap sebagai suatu diagram phase yang metastabil. Kebanyakan baja hanya mengandung besi karbid dan bukan grafit, sehingga dalam pemakaian diagram Fe - Fe₃C sangat penting.



Gambar 6.9 Fasa pada eutektoid pada diagram fasa

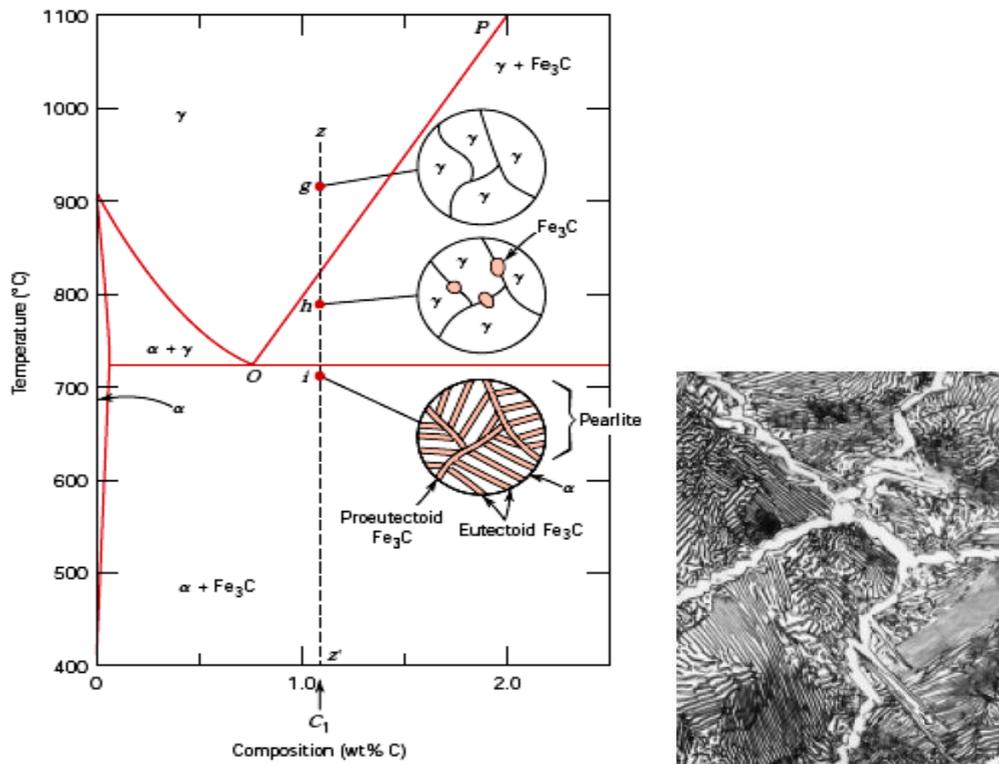
Karbon adalah unsur penstabil austenit. Kelarutan maksimum dari karbon pada austenit adalah sekitar 1,5% pada suhu 1140°C sedangkan kelarutan karbon pada ferit naik dari 0% pada 910°C menjadi 0,025% pada 523°C. Pada pendinginan lanjut, kelarutan karbon pada ferit menurun menjadi 0,008% pada temperatur kamar.

Pada gambar 2.3 garis MO tampak bahwa jika kadar karbon meningkat maka transformasi austenit jadi ferit akan menurun dan akan mencapai pada titik O yaitu pada saat prosentase karbon mencapai 0,8% pada temperatur 523°C. titik ini biasa disebut sebagai titik eutektoid. Komposisi eutektoid dari baja merupakan titik rujukan untuk mengklasifikasikan baja. Baja dengan karbon 0,8% disebut baja eutektoid sedangkan baja dengan karbon kurang dari 0,8% disebut baja hypoeutektoid. Hypereutektoid adalah baja dengan kandungan karbon lebih dari 0,8%.



Gambar 6.10 Fasa pada baja hypoeutektoid

Titik kritis sepanjang garis MO disebut sebagai garis A3 sedangkan titik kritis sepanjang garis NOP disebut sebagai garis A1. Dengan demikian setiap titik pada garis MO dan OP menyatakan temperatur dimana transformasi dari austenit dimulai baik pada saat dipanaskan atau didinginkan.



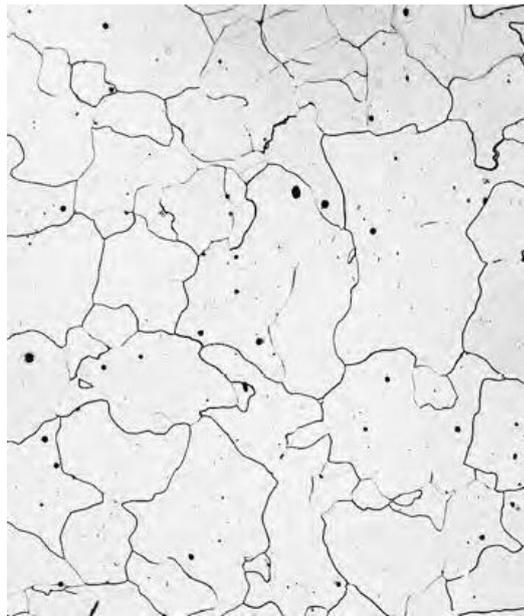
Gambar 6.11 Fasa pada baja hypereutektoid

Bahan Bacaan 4 : Struktur Mikro dan Kaitannya dengan Sifat Mekanik

Baja dapat dilakupanas agar diperoleh struktur mikro dan sifat yang diinginkan. Struktur mikro dan sifat yang diinginkan tersebut dapat diperoleh melalui proses pemanasan dan pendinginan pada temperatur tertentu. Jika permukaan dari suatu spesimen baja disiapkan dengan cermat dan struktur mikronya diamati dengan menggunakan mikroskop, maka akan tampak bahwa baja tersebut memiliki struktur yang berbeda beda. Jenis struktur yang ada sangat dipengaruhi oleh kamposisi kimia dari baja dan jenis perlakuan panas yang diterapkan pada baja tersebut. Struktur yang akan ada pada suatu baja adalah ferit, Perlit, bainit, martensit, sementit dan karbida lainnya.

FERIT :

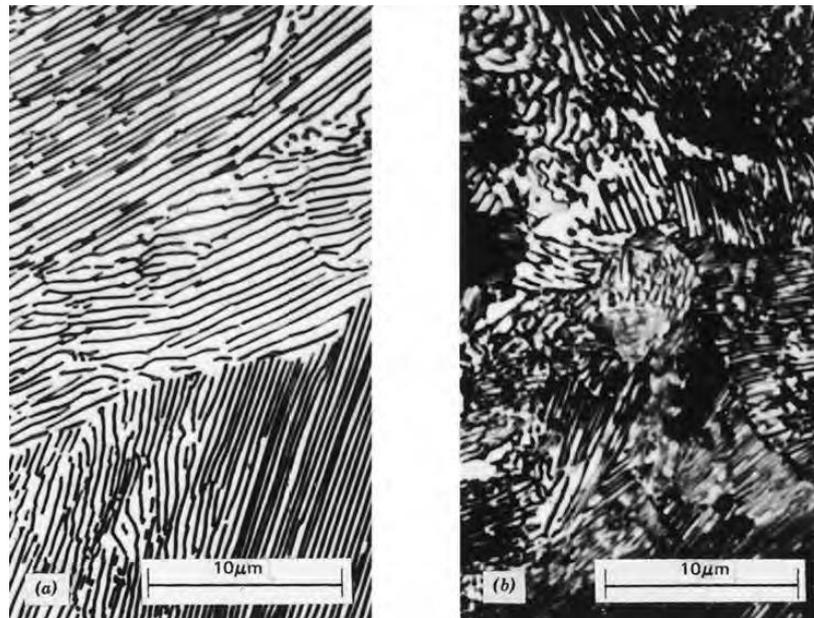
Larutan padat karbon dan unsur paduan lainnya pada besi kubus pusat badan (Fe_α) disebut ferit. Ferit terbentuk pada proses Pendinginan yang lambat dari austenit baja hipoeutektoid pada saat mencapai A₃. Ferit bersifat sangat lunak, ulet dan memiliki kekerasan sekitar 50 - 100 BHN dan memiliki konduktifitas yang tinggi. Jika austenit didinginkan di bawah A₃, austenit yang memiliki kadar C yang sangat rendah akan bertransformasi ke Ferit (yang memiliki kelarutan C maksimum sekitar 0,025 % pada temperatur 523°C).



Gambar 6.12 Fasa ferit

PERLIT :

Perlit adalah campuran sementit dan ferit yang memiliki kekerasan sekitar 10 - 30 HRC. Jika baja eutektoid (0,8%C) diaustenisasi dan didinginkan dengan cepat ke suatu temperatur dibawah A₁, misalnya ke temperatur 500°C dan dibiarkan pada temperatur tersebut sehingga terjadi transformasi isothermal, maka austenit akan mengurai dan membentuk perlit melalui proses pengintian (nukleasi) dan pertumbuhan. Perlit yang terbentuk berupa campur ferit dengan sementit yang tampak seperti pelat pelat yang tersusun bergantian.



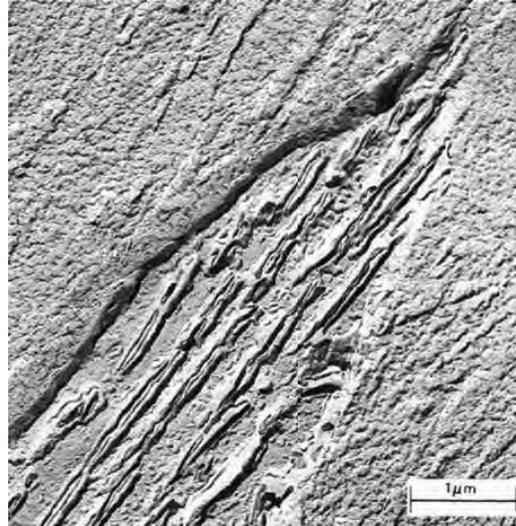
Gambar 6.13 Struktur perlit

Perlit yang terbentuk sedikit dibawah temperatur eutektoid memiliki kekerasan yang lebih rendah dan memerlukan waktu inkubasi yang lebih banyak. Penurunan temperatur lebih lanjut waktu inkubasi yang diperlukan untuk transformasi ke perlit makin pendek dan kekerasan yang dimiliki oleh Perlit lebih tinggi. Pada baja hipoeutektoid (kadar karbonnya kurang dari 0,8%) struktur mikro baja akan terdiri dari daerah-daerah perlit yang dikelilingi oleh ferit. Sedangkan pada baja hipereutektoid (kadar karbonnya lebih dari 0,8%), pada saat didinginkan dari austenitnya, sejumlah sementit proeutektoid akan terbentuk sebelum perlit dan tumbuh di bekas batas butir austenit.

BAINIT :

Bainit adalah suatu fasa yang diberi nama sesuai dengan nama penemunya yaitu E.C. Bain. Bainit merupakan fasa yang kurang stabil (metastabil) yang diperoleh dari austenit pada temperatur yang lebih rendah dari temperatur transformasi ke perlit dan lebih tinggi dari temperatur transformasi ke Martensit. Sebagai contoh jika baja eutektoid yang diaustenisasi didinginkan dengan cepat ke temperatur sekitar 250 - 500°C dan dibiarkan pada temperatur tersebut, hasil

transformasinya adalah berupa struktur yang terdiri dari ferit dan sementit tetapi bukan perlit.



Gambar 6.14 Struktur Bainit

Struktur tersebut dinamai Bainit. Kekerasannya bervariasi antara 45 - 55 HRC tergantung pada temperatur transformasinya. Ditinjau dari temperatur transformasinya, jika terbentuk pada temperatur yang relatif tinggi disebut **Upper Bainite** sedangkan jika terbentuk pada temperatur yang lebih rendah disebut sebagai **Lower Bainite**. Struktur upper bainite seperti perlit yang sangat halus sedangkan lower bainite menyerupai martensit temper.

MARTENSIT :

Martensit adalah fasa yang ditemukan oleh seorang metalografer yang bernama A. Martens. Fasa tersebut merupakan larutan padat dari karbon yang lewat jenuh pada besi alfa sehingga latis-latis sel satuannya terdistorsi. Sifatnya sangat keras dan diperoleh jika baja dari temperatur austenitnya didinginkan dengan laju pendinginan yang lebih besar dari laju pendinginan kritisnya.

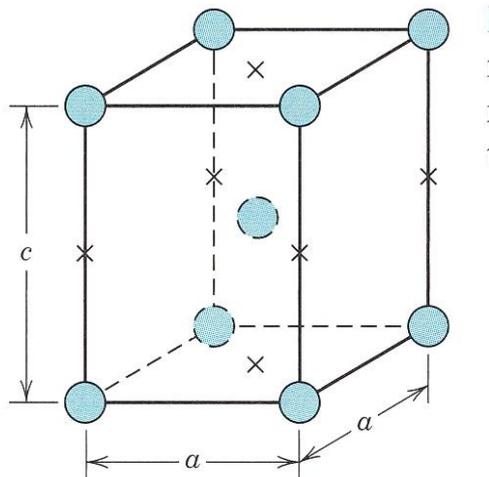


Gambar 6.15 Struktur Martensit

Dalam paduan besi karbon dan baja, austenit merupakan fasa induk dan bertransformasi menjadi martensit pada saat pendinginan. Transformasi ke martensit berlangsung tanpa difusi sehingga komposisi yang dimiliki oleh martensit sama dengan komposisi austenit, sesuai dengan komposisi paduannya sel satuan martensit adalah Tetragonal pusat badan (Body center tetragonal/BCT). Atom karbon dianggap menggeser latis kubus menjadi tetragonal. Kelarutan karbon dalam BCC menjadi lebih besar jika terbentuk martensit, dan hal inilah yang menyebabkan timbulnya tetragonalitas (BCT). Makin tinggi konsentrasi karbon, makin banyak posisi interstisi yang tersisih sehingga efek tetragonalitasnya makin besar.

Pembentukan martensit berbeda dengan pembentukan perlit dan bainit, dan secara umum tidak tergantung pada waktu. Dari diagram transformasi, terlihat martensit mulai terbentuk pada temperatur M_s . Jika pendinginan dilanjutkan, akan bertransformasi ke martensit. Makin rendah temperaturnya, makin banyak austenit yang bertransformasi ke martensit dan pada titik M_f pembentukan martensit berakhir. Pada contoh ini, martensit mulai terbentuk pada temperatur sekitar 200°C (M_s) berakhir pada temperatur sekitar 29°C yaitu pada saat martensit hampir mencapai 100%. Bahwa pembentukan martensit tidak

tergantung pada waktu dijelaskan dengan adanya garis horisontal pada diagram TTT/CCT. Pada 100°C sekitar 90% martensit telah terbentuk dan perbandingan ini tidak akan berubah terhadap waktu sepanjang temperaturnya konstan.



Gambar 6.16 Struktur atom BCT Martensit

Awal dan akhir dari pembentukan martensit sangat tergantung pada komposisi kimia dari baja dan cara mengaustenisasi. Pada baja karbon, temperatur awal dan akhir dari pembentukan martensit (M_s dan M_f) sangat tergantung pada kadar karbon. Makin tinggi kadar karbon suatu baja makin rendah temperatur awal dan akhir dari pembentukan martensit tersebut terlihat bahwa untuk baja dengan kadar karbon lebih dari 0,5%, transformasi ke martensit akan selesai pada temperatur dibawah temperatur kamar. Dengan demikian, jika kadar karbon melampaui 0,5%, maka pada temperatur kamar akan terdapat martensit dan austenit sisa. Makin tinggi kadar karbon, pada baja akan makin besar jumlah austenit sisanya. Austenit: yang belum sempat bertransformasi menjadi martensit disebut sebagai austenit sisa. Untuk mengkonversikan austenit sisa menjadi martensit, kepada baja tersebut harus diterapkan proses (subzero treatment). Disamping karbon, unsur unsur seperti Mn, Si, Ni, Cr Mo dan juga menggeserkan temperatur M_s . Penurunan titik M_s sebanding dengan jumlah unsur yang larut dalam austenit. Dari semua unsur tersebut diatas terlihat bahwa karbon yang

memberi pengaruh lebih besar terhadap penurunan temperatur Ms. Struktur martensit tampak seperti jarum atau pelat pelat halus. Halus kasarnya pelat atau jarum tergantung pada ukuran butir dari austenit. Jika butir austenitnya besar maka martensit yang akan diperoleh menjadi lebih kasar. Pembentukan martensit diiringi juga kenaikan volume spesifik sekitar 3%. Hal inilah yang menyebabkan mengapa timbul tegangan pada saat dikeraskan. Tegangan yang terjadi dapat menimbulkan distorsi dan bahkan dapat menyebabkan timbulnya retak.

Penyebab tingginya kekerasan martensit adalah karena latis besi mengalami regangan yang tinggi akibat adanya atom atom karbon. Berdasarkan hal ini, kekerasan martensit sangat dipengaruhi oleh kadar karbon. Kekerasan martensit berkisar antara 20 - 65 HRC. Makin tinggi kadar karbon dalam martensit, makin besar distorsi yang dialami oleh latis besi dalam ruang dan mengakibatkan makin tingginya kekerasan martensit.

SEMENTIT:

Sementit adalah senyawa besi dengan karbon yang umum dikenal sebagai karbida besi dengan rumus kimianya Fe_3C (prosentase karbon pada sementit adalah sekitar 6,65 %) Sel satuannya adalah ortorombik dan bersifat keras dengan harga kekerasannya sekitar 65 - 68 HRC. Pada struktur hasil anil karbida tersebut akan berbentuk bulat dan tertanam dalam matrik ferit yang lunak dan dapat berfungsi sebagai Pemotong geram sehingga dapat meningkatkan mampu mesin dari baja yang bersangkutan. Keberadaan karbida karbida pada baja-baja yang dikeraskan, terutama pada HSS dan baja cold worked dapat meningkatkan ketahanan aus.

KARBIDA:

Unsur - unsur paduan seperti Karbon, mangan, chrom, wolfram, Molibden dan Vanadium banyak digunakan pada baja - baja perkakas (seperti pada baja Cold worked, baja hot worked dan HSS) untuk meningkatkan ketahanan baja tersebut terhadap keausan dan memelihara stabilitas baja tersebut pada temperatur tinggi. Keberadaan unsur paduan tersebut pada baja akan menimbulkan terbentuknya karbida seperti: M_3C , M_23C_6 , M_6C , M_5C_3 dimana M menyatakan

atom atom logam sedangkan C menyatakan kadar karbon. Karbida karbida ini memiliki kekerasan yang sangat tinggi, sehingga dapat meningkatkan ketahanan aus dari baja perkakas ybs sebanding dengan volume karbida di dalam baja dan harga kekerasan dari karbida ybs.

Banyaknya karbida yang ada pada suatu baja perkakas tergantung pada prosentase karbon dan unsur paduan serta tergantung pada jenis karbida yang akan terbentuk. Pada baja hypereutektoid yang sudah dikeraskan, keberadaan karbida adalah sekitar 5 - 12%. Sedangkan pada struktur yang dianil, jumlah tersebut akan bertambah banyak. Pada saat diaustenisasi, karbida karbida ini akan memperkaya austenit dengan karbon dan unsur unsur paduan.

Unsur paduan yang memperkaya austenit seperti: Cr, W, Mo atau V akan menciptakan kondisi yang dapat mempermudah terbentuknya presipitasi karbida - karbida pada saat dikeraskan maupun pada saat ditemper. Kondisi seperti itu dapat meningkatkan stabilitas termal dari baja ybs dan juga meningkatkan kekerasan sekitar 3 5 HRC.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar. Mengidentifikasi isi materi pembelajaran

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

- 1) Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran diagram besi karbon? Sebutkan!
- 2) Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!
- 3) Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
- 4) Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
- 5) Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

Aktivitas 1. Mengamati Diagram Besi Karbon (2 JP)

Saudara diminta untuk mengamati diagram Besi Karbon pada gambar 2.1. Saudara mungkin mempunyai pandangan yang berbeda dari teman-teman lain tentang diagram Besi Karbon pada gambar tersebut. Apa yang Saudara temukan setelah mengamati gambar tersebut? Apakah ada hal-hal yang baru atau sebaliknya yang Saudara temukan? Diskusikan hasil pengamatan Saudara dengan anggota kelompok Saudara. Selanjutnya selesaikan **LK-01** dengan dipandu pertanyaan berikut.

- 1) Mengapa disebut diagram Besi Karbon? Tuliskan!
- 2) Menurut Saudara, informasi apa saja yang ditampilkan oleh diagram Besi Karbon?
- 3) Menurut Saudara, adakah kaitan diagram besi karbon dengan proses perlakuan panas?

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca Bahan Bacaan 1 tentang Diagram Besi Karbon.

Aktivitas 2. Mengamati transformasi fasa dan menghitung jumlah prosentasi fasa kandungan Karbon 0,3% (1 JP)

Setelah Saudara mencermati Diagram Besi Karbon pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 2 ini Saudara akan mengamati dan mendiskusikan bagaimana proses transformasi fasa serta cara menghitung jumlah prosentase fasa. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

- 1) Apa yang Saudara ketahui tentang baja *hypoeutektoid*?
- 2) Menurut pendapat Saudara, mikro struktur apa yang terbentuk pada Temperatur kamar, berapa prosen jumlah nya?
- 3) Menurut pendapat Saudara, apakah ada pengaruh jumlah fasa dan struktur mikro terhadap sifat mekanik, jelaskan?

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

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang fasa dan struktur mikro, Bacalah Bahan Bacaan 2 tentang *Struktur Mikro dan Kaitannya dengan Sifat Mekanik*.

Aktivitas 3. Mengamati transformasi fasa dan menghitung jumlah prosentasi fasa kandungan Karbon 0,8% (1 JP)

Setelah Saudara mencermati Diagram Besi Karbon pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 3 ini Saudara akan mengamati dan mendiskusikan bagaimana proses transformasi fasa serta cara menghitung jumlah prosentase fasa. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

- 1) Apa yang Saudara ketahui tentang baja *eutektoid*?
- 2) Menurut pendapat Saudara, mikro struktur apa yang terbentuk pada Temperatur kamar, berapa prosen jumlah nya?
- 3) Menurut pendapat Saudara, apakah ada pengaruh jumlah fasa dan struktur mikro terhadap sifat mekanik, jelaskan?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-03**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang fasa dan struktur mikro, Bacalah Bahan Bacaan 2 tentang *Struktur Mikro dan Kaitannya dengan Sifat Mekanik*.

Aktivitas 4. Mengamati transformasi fasa dan menghitung jumlah prosentasi fasa kandungan Karbon 1,2% (1 JP)

Setelah Saudara mencermati Diagram Besi Karbon pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 4 ini Saudara akan mengamati dan mendiskusikan bagaimana proses transformasi fasa serta cara menghitung jumlah prosentase fasa. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

- 1) Apa yang Saudara ketahui tentang baja *hypereutektoid*?
- 2) Menurut pendapat Saudara, mikro struktur apa yang terbentuk pada Temperatur kamar, berapa prosen jumlah nya?

- 3) Menurut pendapat Saudara, apakah ada pengaruh jumlah fasa dan struktur mikro terhadap sifat mekanik, jelaskan?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-04**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang fasa dan struktur mikro, Bacalah Bahan Bacaan 2 tentang *Struktur Mikro dan Kaitannya dengan Sifat Mekanik*.

Aktivitas 5. Mengamati transformasi fasa dan menghitung jumlah prosentasi fasa kandungan Karbon 2,5% (2 JP)

Setelah Saudara mencermati Diagram Besi Karbon pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 5 ini Saudara akan mengamati dan mendiskusikan bagaimana proses transformasi fasa serta cara menghitung jumlah prosentase fasa. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

- 1) Apa yang Saudara ketahui tentang besi cor?
- 2) Menurut pendapat Saudara, mikro struktur apa yang terbentuk pada Temperatur kamar, berapa prosen jumlah nya?
- 3) Menurut pendapat Saudara, apakah ada pengaruh jumlah fasa dan struktur mikro terhadap sifat mekanik, jelaskan?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-05**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang fasa dan struktur mikro, Bacalah Bahan Bacaan 2 tentang *Struktur Mikro dan Kaitannya dengan Sifat Mekanik*.

Aktivitas 6. Mengidentifikasi struktur mikro (2 JP)

Setelah Saudara memahami mengenai transformasi fasa dan menghitung jumlah prosentase fasa pada aktivitas 2 hingga aktivitas 5, maka pada aktivitas 6 ini Saudara akan mengamati dan mengidentifikasi struktur mikro. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

- 1) Untuk mengamati struktur mikro, peralatan apa yang harus Saudara pakai?
- 2) Bagaimana Saudara melakukan pengamatan struktur mikro?

- 3) Menurut pendapat Saudara, bagaimana urutan proses pengamatan struktur mikro?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-06**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang tata cara mengamati struktur mikro, Bacalah Bahan Bacaan 1 tentang Diagram Besi Karbon, dan Bacaan 2 Struktur Mikro serta pengaruhnya terhadap sifat mekanik, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-06.P**.

E. Rangkuman

Diagram fasa Besi Karbon adalah diagram yang menampilkan hubungan antara Temperatur dengan kadar Karbon, dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat, diagram ini akan merupakan dasar pemahaman untuk semua operasi – operasi perlakuan panas.

Kandungan karbon sampai maksimum sekitar 1,7%, disebut baja. Paduan besi dengan karbon di atas 1,7% disebut dengan besi cor (cast iron).

F. Tes Formatif

Tes Lisan

Pertanyaan 1. Apa yang anda ketahui tentang Diagram Besi Karbon?

Pertanyaan 2. Apa yang dimaksud dengan besi dan baja, jika ditinjau dari kadar Karbonnya?

Pertanyaan 3. Apa yang dimaksud dengan baja *hypoeutektoid*?

Pertanyaan 4. Apa yang dimaksud dengan baja *hypereutektoid*?

Pertanyaan 5. Struktur mikro apa saja yang mungkin terbentuk pada baja yang mengalami pendinginan?

G. Kunci Jawaban

Jawaban pertanyaan Lisan

Jawaban 1. Diagram fasa Besi Karbon adalah diagram yang menampilkan hubungan antara Temperatur dengan kadar Karbon, dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat

Jawaban 2, Baja adalah paduan besi dengan kandungan karbon sampai maksimum sekitar 1,7%. Paduan besi dengan karbon di atas 1,7% disebut dengan besi cor (cast iron).

Jawaban 3, Baja *hypoeutektoid* adalah baja dengan kandungan Karbon kurang dari 0,8%.

Jawaban 4, Baja *hypereutektoid* adalah baja dengan kandungan Karbon lebih dari 0,8%.

Jawaban 5, Struktur mikro yang mungkin terjadi pada baja yang mengalami pendinginan yaitu: *ferit*, *perlit*, *bainit*, *martensit*, *sementit*, dan *karbida*.

LEMBAR KERJA KB-1

LK - 00

1) Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran diagram besi Karbon? Sebutkan!

.....
.....

2). Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

.....
.....

3). Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....
.....

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

.....
.....

5). Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....

LK - 01

1) Mengapa disebut diagram Besi Karbon? Tuliskan!,

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

2) Menurut Saudara, informasi apa saja yang ditampilkan oleh diagram Besi Karbon?

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

3) Menurut Saudara, adakah kaitan diagram besi karbon dengan proses perlakuan panas?

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

LK - 02

1) Apa yang Saudara ketahui tentang baja *hypoeutektoid*?

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

2) Menurut pendapat Saudara, mikro struktur apa yang terbentuk pada Temperatur kamar, berapa prosen jumlah nya?

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

3) Menurut pendapat Saudara, apakah ada pengaruh jumlah fasa dan struktur mikro terhadap sifat mekanik, jelaskan?

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

LK - 03

1) Apa yang Saudara ketahui tentang baja *eutektoid*?

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

2) Menurut pendapat Saudara, mikro struktur apa yang terbentuk pada Temperatur kamar, berapa persen jumlah nya?

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

3) Menurut pendapat Saudara, apakah ada pengaruh jumlah fasa dan struktur mikro terhadap sifat mekanik, jelaskan?

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

LK - 04

1) Apa yang Saudara ketahui tentang baja *hypereutektoid*?

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

2) Menurut pendapat Saudara, mikro struktur apa yang terbentuk pada Temperatur kamar, berapa prosen jumlah nya?

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

3) Menurut pendapat Saudara, apakah ada pengaruh jumlah fasa dan struktur mikro terhadap sifat mekanik, jelaskan?

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

LK - 05

1) Apa yang Saudara ketahui tentang besi cor?

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

2) Menurut pendapat Saudara, mikro struktur apa yang terbentuk pada Temperatur kamar, berapa prosen jumlah nya?

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

3) Menurut pendapat Saudara, apakah ada pengaruh jumlah fasa dan struktur mikro terhadap sifat mekanik, jelaskan?

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

LK - 06

1). Untuk mengamati struktur mikro, peralatan apa yang harus Saudara pakai?

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

2). Bagaimana Saudara melakukan pengamatan struktur mikro?

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

3). Menurut pendapat Saudara, bagaimana urutan proses pengamatan struktur mikro?

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

TUGAS PRAKTIK:

Pengamatan Struktur Mikro

Dengan menyelesaikan LK-03 saudara telah memahami struktur mikro. Pengamatan struktur mikro harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

Untuk keperluan eksperimen pengamatan struktur mikro, saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

- 1) Siapkan peralatan yang dibutuhkan;
- 2) Lakukan persiapan spesimen;
- 3) Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
- 4) Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi sebelum melakukan tugas praktek ini;
- 5) Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
- 6) Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

POS (Prosedur Operasi Standar) Pengamatan Struktur Mikro

Peringatan Keamanan!

Bisa jadi bagian-bagian spesimen masih memiliki bagian tajam dan suhu yang cukup tinggi. Jadi berlaku hati-hati dan waspada menjadi suatu keharusan mutlak untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

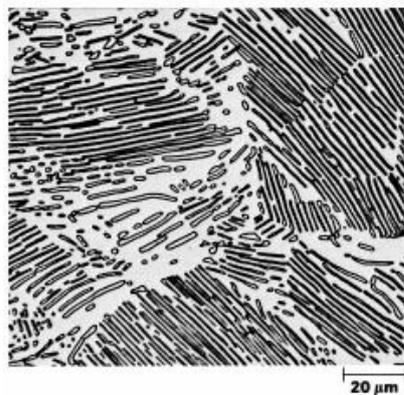
- 1) Pastikan saudara sudah memakai APD.

- 2) Pastikan peralatan siap untuk digunakan (seperti mikroskop, lensa dan pencahayaan)

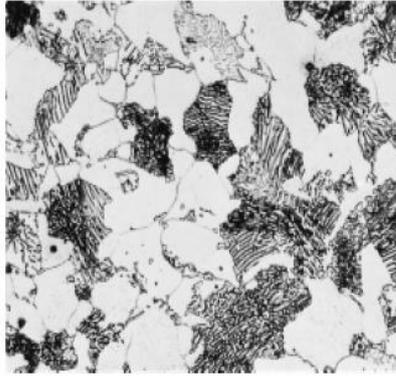


Gbr. 6.17 Mikroskop optik

- 3) Pastikan permukaan spesimen sudah rata
- 4) Gunakan bahan etsa yang sesuai.
- 5) Letakkan spesimen pada mikroskop.
- 6) Atur jarak fokus sehingga gambar struktur mikro tampak jelas.
- 7) Amati gambar dari struktur mikro dibawah ini, serta berikan jawaban!



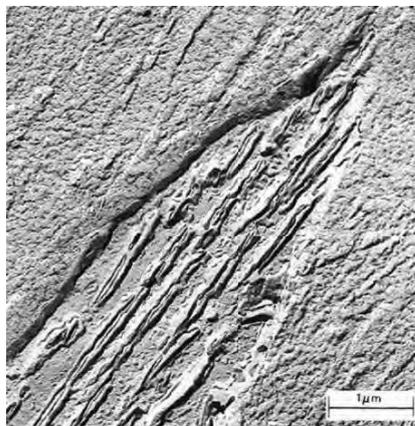
- a. Menunjukkan struktur mikro apa?
- b. Berapa prosentase masing-masing fasa?



- a. Menunjukkan struktur mikro apa?
- b. Berapa prosentase masing-masing fasa?



- a. Menunjukkan struktur mikro apa?
- b. Berapa prosentase masing-masing fasa?



- a. Menunjukkan struktur mikro apa?
- b. Berapa prosentase masing-masing fasa?



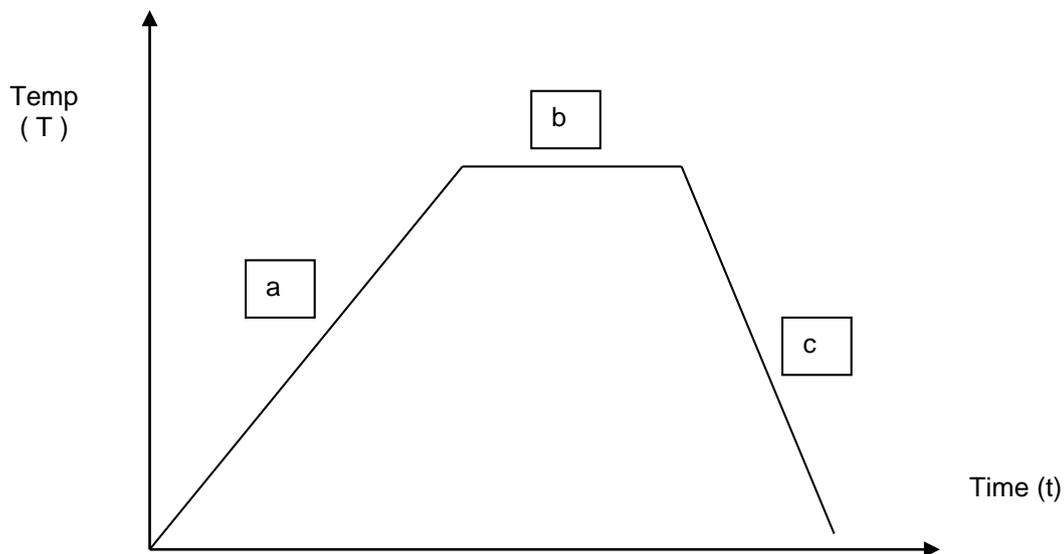
- a. Menunjukkan struktur mikro apa?
- b. Berapa prosentase masing-masing fasa?

8) Rapikan dan bersihkan kembali peralatan yang telah digunakan..

Bahan Bacaan 4 : Definisi Perlakuan Panas

Perlakuan panas adalah proses pemanasan dan pendinginan material yang terkontrol dengan maksud merubah sifat fisik untuk tujuan tertentu. Secara umum proses perlakuan panas adalah sebagai berikut:

- a) Pemanasan material sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu.
- b) Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga temperaturnya merata
- c) Pendinginan dengan media pendingin (air, oli atau udara)



Gambar 6.18 Kurva Siklus perlakuan panas

Ketiga hal diatas tergantung dari material yang akan di heat treatment dan sifat-sifat akhir yang diinginkan. Melalui perlakuan panas yang tepat tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras di sekeliling inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia logam harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon(C) dapat mengakibatkan perubahan sifat fisis.

Bahan Bacaan 5 : Perlakuan Panas Metode Pelunakan

Annealing

Proses annealing yaitu proses pemanasan material sampai temperatur austenit lalu ditahan beberapa waktu kemudian pendinginannya dilakukan perlahan-lahan di dalam tungku. Keuntungan yang didapat dari proses ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menurunkan kekerasan
- 2) Menghilangkan tegangan sisa
- 3) Memperbaiki sifat mekanik
- 4) Memperbaiki mampu mesin dan mampu bentuk
- 5) Menghilangkan terjadinya retak panas
- 6) Menurunkan atau menghilangkan ketidak homogenan struktur

- 7) Memperhalus ukuran butir
- 8) Menghilangkan tegangan dalam dan menyiapkan struktur baja untuk proses perlakuan panas.

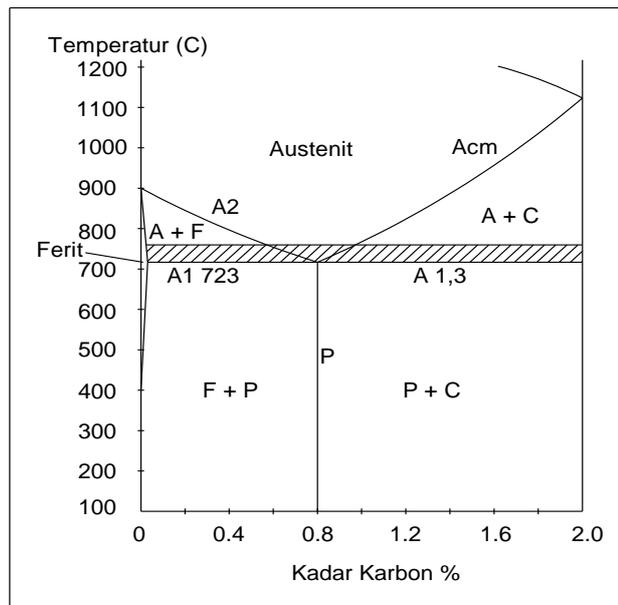
Proses Anil tidak dimaksudkan untuk memperbaiki sifat mekanik baja perlitik dan baja perkakas. Sifat mekanik baja struktural diperbaiki dengan cara dikeraskan dan kemudian diikuti dengan tempering. Proses Anil terdiri dari beberapa tipe yang diterapkan untuk mencapai sifat-sifat tertentu sebagai berikut :

Full Annealing

Full annealing terdiri dari austenisasi dari baja yang bersangkutan diikuti dengan pendinginan yang lambat di dalam dapur. Temperatur yang dipilih untuk austenisasi tergantung pada karbon dari baja yang bersangkutan. Full annealing untuk baja hipoeutektoid dilakukan pada temperatur austenisasi sekitar 50°C diatas garis A3 dan untuk baja hipereutektoid dilaksanakan dengan cara memanaskan baja tersebut diatas A1. Full Annealing akan memperbaiki mampu mesin dan juga menaikkan kekuatan akibat butir-butirnya menjadi halus.

Spheroidized Annealing

Spheroidized annealing dilakukan dengan memanaskan baja sedikit diatas atau dibawah temperatur kritik A1 (lihat Gambar 4.2) kemudian didiamkan pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu kemudian diikuti dengan pendinginan yang lambat.



Gambar 6.19: Diagram untuk temperatur Spheroidized annealing

Tujuan dari Spheroidized annealing adalah untuk memperbaiki mampu mesin dan memperbaiki mampu bentuk.

Isothermal Annealing

Isothermal annealing dikembangkan dari diagram TTT. Jenis proses ini dimanfaatkan untuk melunakkan baja-baja sebelum dilakukan proses permesinan. Proses ini terdiri dari austenisasi pada temperatur annealing (Full annealing) kemudian diikuti dengan pendinginan yang relatif cepat sampai ke temperatur 50 - 60°C dibawah garis A1 (menahan secara isothermal pada daerah perlit) .

Proses Homogenisasi

Proses ini dilakukan pada rentang temperatur 800 - 1200°C. Proses difusi yang terjadi pada temperatur ini akan menyeragamkan komposisi baja. Proses ini diterapkan pada ingot baja-baja paduan dimana pada saat membeku sesaat setelah proses penuangan, memiliki struktur yang tidak homogen. Seandainya ketidakhomogenan tidak dapat dihilangkan sepenuhnya, maka perlu diterapkan proses homogenisasi atau "diffusional annealing". Proses homogenisasi dilakukan selama beberapa jam pada temperatur sekitar 850 - 1200°C. Setelah

itu, benda kerja didinginkan ke 800 - 850°C, dan selanjutnya didinginkan diudara. Setelah proses ini, dapat juga dilakukan proses normal atau anil untuk memperhalus struktur over-heat. Perlakuan seperti ini hanya dilakukan untuk kasus-kasus yang khusus karena biaya prosesnya sangat tinggi.

Stress Relieving

Stress relieving adalah salah satu proses perlakuan panas yang ditujukan untuk menghilangkan tegangan-tegangan yang ada di dalam benda kerja, memperkecil distorsi yang terjadi selama proses perlakuan panas dan, pada kasus-kasus tertentu, mencegah timbulnya retak. Proses ini terdiri dari memanaskan benda kerja sampai ke temperatur sedikit dibawah garis A1 dan menahannya untuk jangka waktu tertentu dan kemudian di dinginkan di dalam tungku sampai temperatur kamar. Proses ini tidak menimbulkan perubahan fasa kecuali rekristalisasi. Banyak faktor yang dapat menimbulkan timbulnya tegangan di dalam logam sebagai akibat dari proses pembuatan logam yang bersangkutan menjadi sebuah komponen. Beberapa dari faktor-faktor tersebut antara lain adalah : Pemesinan, Pembentukan, Perlakuan panas, Pengecoran, Pengelasan, dan lain-lain. Penghilangan tegangan sisa dari baja dilakukan dengan memanaskan baja tersebut pada temperatur sekitar 500 - 700°C, tergantung pada jenis baja yang diproses. Pada temperatur diatas 500 - 600°C, baja hampir sepenuhnya elastik dan menjadi ulet. Berdasarkan hal ini, tegangan sisa yang terjadi di dalam baja pada temperatur seperti itu akan sedikit demi sedikit dihilangkan melalui deformasi plastik setempat akibat adanya tegangan sisa tersebut.

Timbulnya Tegangan di dalam Benda Kerja

Beberapa faktor penyebab timbulnya tegangan di dalam logam sebagai akibat dari proses pembuatan logam tersebut menjadi sebuah komponen adalah :

- Pemesinan

Jika suatu komponen mengalami proses pemesinan yang berat, maka akan timbul tegangan di dalam komponen tersebut. Tegangan yang berkembang di dalam benda kerja dapat menimbulkan retak pada saat

dilaku panas atau mengalami distorsi. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan pada pola kesetimbangan tegangan akibat penerapan proses pemesian yang berat.

- Pembentukan

Proses metal forming juga akan mengakibatkan tegangan dalam akan berkembang, seperti pada proses coining, bending, drawing, dan sebagainya.

- Perlakuan Panas

Perlakuan panas juga merupakan salah satu penyebab timbulnya tegangan dalam komponen. Hal ini terjadi sebagai akibat tidak homogennya pemanasan dan pendinginan atau sebagai akibat terlalu cepatnya laju pemanasan ke temperatur austenitisasi. Pada beberapa kasus, tegangan dalam terjadi akibat adanya transformasi fasa selama proses pendinginan berlangsung. Transformasi fasa senantiasa diiringi dengan perubahan volume spesifik.

- Pengecoran

Tegangan dalam selalu ada pada produk-produk cor sebagai akibat dari tidak meratanya pendinginan dari permukaan ke bagian dalam benda kerja dan juga akibat adanya perbedaan laju pendinginan pada berbagai bagian produk cor yang sama.

- Pengelasan

Tegangan dalam juga terjadi pada suatu komponen yang mengalami pengelasan, soldering, dan brazing. Tegangan tersebut terjadi karena adanya pemuaian dan pengkerutan di daerah yang dipengaruhi panas (HAZ) dan juga di daerah logam las.

Temperatur Stress Relieving

Tegangan sisa yang terjadi di dalam logam sebagai akibat dari faktor-faktor di atas harus dapat dihilangkan, agar sifat yang diinginkan dari komponen tersebut dapat diperoleh. Proses penghilangan tegangan sisa biasanya dilakukan dengan cara memanaskan benda kerja di bawah temperatur A1. Pemanasan menyebabkan turunnya kekuatan mulur logam.

Penghilangan tegangan sisa pada baja dilakukan dengan memanaskan baja tersebut ada temperatur sekitar 550 - 700°C, tergantung pada jenis baja yang diproses. Pada temperatur di atas 500 - 600°C, baja hampir sepenuhnya elastik dan menjadi ulet. Berdasarkan hal tersebut, tegangan sisa yang terjadi di dalam baja pada temperatur itu akan sedikit demi sedikit dihilangkan melalui deformasi plastik setempat akibat adanya tegangan sisa tersebut.

Setelah dipanaskan sampai temperatur stress relieving, benda kerja ditahan pada temperatur itu untuk jangka waktu tertentu agar diperoleh distribusi temperatur yang merata di seluruh benda kerja. Kemudian didinginkan dalam tungku sampai temperatur 300°C dan selanjutnya didinginkan di udara sampai ke temperatur kamar. Perlu diperhatikan bahwa selama pendinginan, laju pendinginan harus rendah dan homogen agar dapat dicegah timbulnya tegangan sisa yang baru.

Temperatur stress relieving yang spesifik dan lazim diterapkan pada beberapa jenis baja adalah :

Tabel 6.1 Temperatur stress relieving untuk masing masing jenis baja

Jenis Baja	Temperatur
HSS	650 – 700 ⁰ C
Hot-worked	650 – 670 ⁰ C
Cold – worked	650 – 700 ⁰ C
Nitriding	550 – 600 ⁰ C
High Temperature	600 – 650 ⁰ C
Bearing	600 – 650 ⁰ C
Free - cutting	600 – 650 ⁰ C

Untuk menghilangkan semua tegangan sisa yang ada, proses stress relieving harus dilakukan pada temperatur mendekati temperatur yang tertinggi pada rentang temperatur yang diijinkan, tetapi hal ini akan menimbulkan oksidasi dipermukaan benda kerja dan timbulnya pelunakan pada baja-baja hasil proses pengerasan atau temper. Oleh sebab itu disarankan agar melakukan stress relieving pada temperatur yang relatif lebih rendah dari rentang temperatur yang diijinkan. Semakin tinggi temperatur stress relieving akan menyebabkan makin rendah tegangan sisa yang ada pada benda kerja. Benda kerja yang dikeraskan dan ditemper harus di stress relieving pada temperatur sekitar 25⁰C dibawah temperatur tempernya.

Tegangan sisa yang terjadi akibat proses pengelasan dapat dihilangkan dengan memanaskan benda kerja sekitar 600 – 650⁰C dan ditahan pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu. Biasanya, waktu penahanan yang diperlukan sekitar 3 – 4 menit untuk setiap mm tebal benda kerja, kemudian didinginkan dengan laju pendinginan sekitar 50 - 100⁰ C per jam sampai ke temperatur 300⁰C. Pendinginan yang rendah dan homogen diperlukan untuk mencegah timbulnya tegangan sisa baru pada saat pendinginan dan untuk mencegah timbulnya retak.

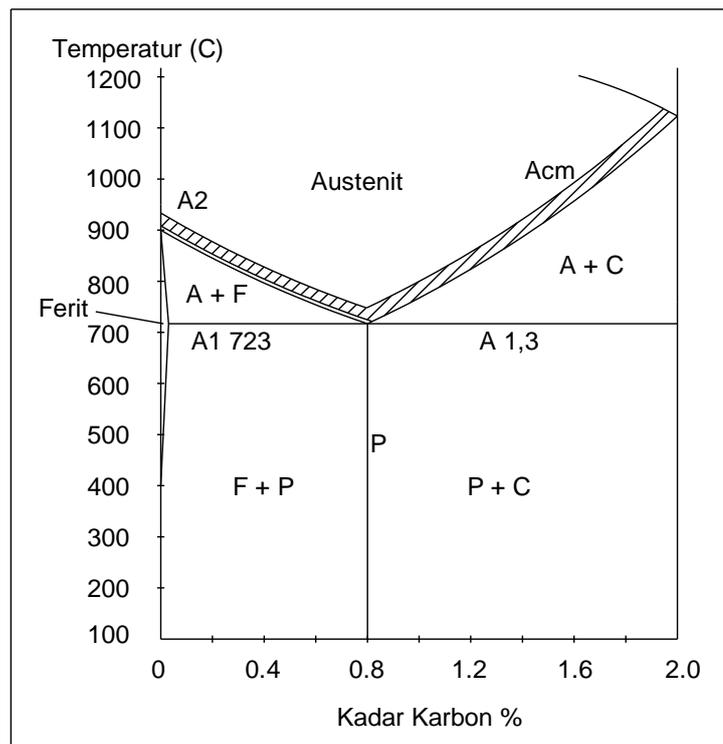
Tegangan sisa bisa juga terjadi pada benda kerja yang dikeraskan akibat kesalahan penggerindaan. Tegangan tersebut bahkan dapat menimbulkan retak pada saat atau sesudah penggerindaan. Benda kerja tersebut biasanya diselamatkan dengan cara memberikan stress relieving antara 150 - 400° C pada atau dibawah temperatur tempemnya sesaat setelah dilakukan proses penggerindaan. Pahat-pahat juga akan memiliki tegangan sisa yang sangat tinggi pada saat digunakan. Dengan demikian, sangatlah bermanfaat untuk menerapkan stress relieving pada pahat-pahat tersebut dengan cara memanaskan pahat tersebut dibawah temperatur tempemnya.

Tungku Pemanas untuk Stress Relieving

Siklus stress relieving sangat tergantung pada temperatur, oleh karena itu disarankan untuk menggunakan tungku yang baik, disarankan untuk menggunakan dapur listrik, dan pendinginan dalam dapur bertujuan untuk menghindari timbulnya tegangan sisa baru.

Normalizing

Proses normalizing atau menormalkan adalah jenis perlakuan panas yang umum diterapkan pada hampir semua produk cor, over-heated forgings dan produk-produk tempa yang besar. Normalizing ditujukan untuk memperhalus butir, memperbaiki mampu mesin, menghilangkan tegangan sisa dan juga memperbaiki sifat mekanik baja karbon struktural dan baja-baja paduan rendah. Normalizing terdiri dari proses pemanasan baja diatas temperatur kritik A3 atau Acm dan ditahan pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu tergantung pada jenis dan ukuran baja (lihat Gambar 4.3).



Gambar 6.20. Diagram untuk temperatur Normalizing

Agar diperoleh austenit yang homogen, baja-baja hypoeutektoid dipanaskan 30 - 40°C diatas garis A3 dan untuk baja hypereutektoid dilakukan dengan memanaskan 30 - 40°C diatas temperatur Acm . Kemudian menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu sehingga transformasi fasa dapat berlangsung diseluruh bagian benda kerja, dan selanjutnya didinginkan di udara.

Normalizing dilakukan karena tidak diketahui bagaimana proses dari pembuatan benda kerja ini apakah dikerjakan dingin (cold Working) atau pengerjaan Panas (Hot Working). Dimana normalizing ini bertujuan untuk mengembalikan atau memperhalus struktur butir dari benda kerja.

Normalizing terdiri dari proses pemanasan baja di atas temperatur kritis A3 atau Acm dan ditahan pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu tergantung pada jenis dan ukuran baja. Agar diperoleh austenit yang homogen, baja – baja hypoeutektoid dipanaskan pada temperatur 30 – 40°C di atas garis

A3. Pemanasan pada temperatur austenit yang terlalu tinggi akan menyebabkan tumbuhnya butir – butir austenit. Demikian juga untuk waktu penahan pada temperatur austenit yang terlalu lama akan mengakibatkan tumbuhnya butir – butir austenit.

Setelah waktu penahan selesai, benda kerja kemudian didinginkan di udara. Struktur baja hypoeutektoid yang akan dihasilkan terdiri dari ferit dan perlit. Perlu diketahui bahwa batas – batas butir yang baru tidak ada hubungannya dengan batas – batas butir sebelum baja dinormalkan. Setelah penormalan akan terjadi perbaikan terhadap strukturnya diiringi dengan timbulnya perbaikan sifat mekaniknya.

Sifat mekanik yang akan diperoleh setelah proses penormalan tergantung pada laju pendinginan di udara. Laju pendinginan yang agak cepat akan menghasilkan kekuatan dan kekerasan yang lebih tinggi.

Manfaat proses Normalizing adalah sebagai berikut:

- 1) Normalizing biasa digunakan untuk menghilangkan struktur butir yang kasar yang diperoleh dari proses pengerjaan sebelumnya yang dialami oleh baja.
- 2) Normalizing berguna untuk mengeliminasi struktur kasar yang diperoleh akibat pendinginan yang lambat pada proses anil.
- 3) Berguna untuk menghilangkan jaringan sementit yang kontinyu yang mengelilingi perlit pada baja perkakas.
- 4) Menghaluskan ukuran perlit dan ferit.
- 5) Memodifikasi dan menghaluskan struktur cor dendritik.
- 6) Mencegah distorsi dan memperbaiki kemampuan karburasi pada baja – baja paduan karena temperatur normalizing lebih tinggi dari temperatur karbonisasi.

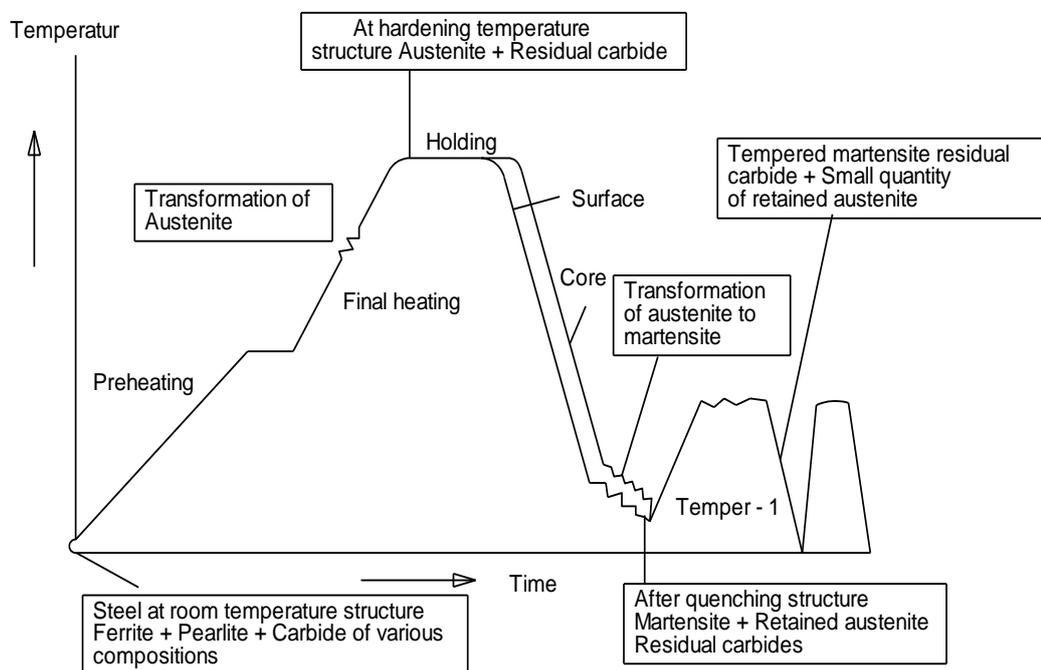
Bahan Bacaan 6 :

Perlakuan Panas Metode Pengerasan

Hardening

Hardening adalah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Perlakuan ini terdiri dari memanaskan baja sampai temperatur pengerasannya (Temperatur austenisasi) dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi atau di quench agar diperoleh kekerasan yang diinginkan. Alasan memanaskan dan menahannya pada temperatur austenisasi adalah untuk melarutkan sementit dalam austenit kemudian dilanjutkan dengan proses quench.

Quenching merupakan proses pencelupan baja yang telah berada pada temperatur pengerasannya (temperatur austenisasi), dengan laju pendinginan yang sangat tinggi (diquench), agar diperoleh kekerasan yang diinginkan (lihat Gambar 4.4).



Gambar 6.21 Grafik pemanasan, quenching dan tempering (Suratman,1994)

Pada tahap ini, karbon yang terperangkap akan menyebabkan tergesernya atom-atom sehingga terbentuk struktur body center tetragonal. Atom-atom yang tergeser dan karbon yang terperangkap akan menimbulkan struktur sel satuan yang tidak setimbang (memiliki tegangan tertentu). Struktur yang bertegangan ini

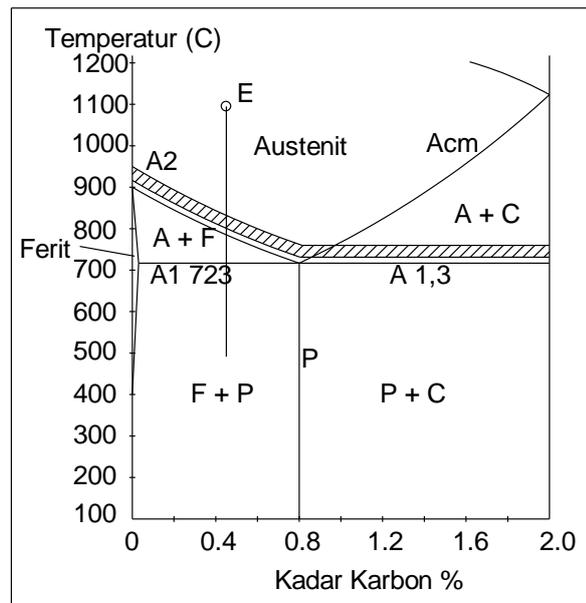
disebut martensit dan bersifat sangat keras dan getas. Biasanya baja yang dikeraskan diikuti dengan proses penemperan untuk menurunkan tegangan yang ditimbulkan akibat quenching karena adanya pembentukan martensit (Suratman,1994).

Tujuan utama proses pengerasan adalah untuk meningkatkan kekerasan benda kerja dan meningkatkan ketahanan aus. Makin tinggi kekerasan akan semakin tinggi pula ketahanan ausnya.

Temperatur Pemanasan

Temperatur pengerasan yang digunakan tergantung pada komposisi kimia (kadar karbon). Temperatur pengerasan untuk baja karbon hipoeutektoid adalah sekitar 20 - 50°C di atas garis A3, dan untuk baja karbon hipereutektoid adalah sekitar 30 - 50°C diatas garis A13 (lihat Gambar 4.5)

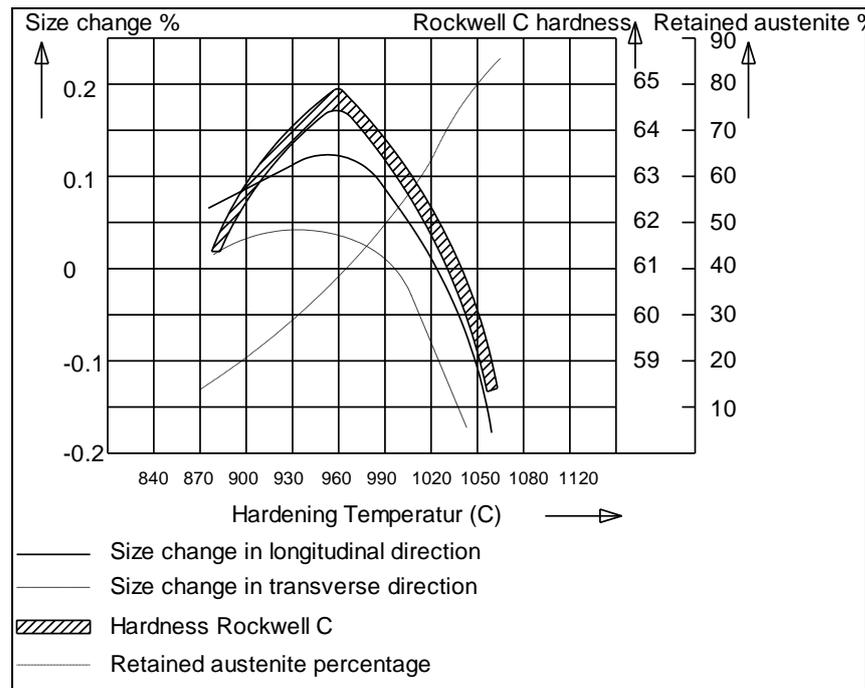
Jika suatu baja misalnya mengandung misalnya 0.5 % karbon (berstruktur ferit dan perlit) dipanaskan sampai temperatur di bawah A1, maka pemanasan tersebut tidak akan mengubah struktur awal dari baja tersebut. Pemanasan sampai temperatur diatas A1 tetapi masih dibawah temperatur A3 akan mengubah perlit menjadi austenit tanpa terjadi perubahan apa-apa terhadap feritnya.



Gambar 6.22: Temperatur pemanasan sebelum Quenching (Suratman,1994)

Quenching dari temperatur ini akan menghasilkan baja yang semi keras karena austenitnya bertransformasi ke martensit sedangkan feritnya tidak berubah. Keberadaan ferit dilingkungan martensit yang getas tidak berpengaruh pada kenaikan ketangguhan. Jika suatu baja dipanaskan sedikit diatas A3 dan ditahan pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu agar dijamin proses difusi yang homogen, maka struktur baja akan bertransformasi menjadi austenit dengan ukuran butir yang relatif kecil.

Quenching dari temperatur austenisasi akan menghasilkan martensit dengan harga kekerasan yang maksimum. Memanaskan sampai ke temperatur E (relatif lebih tinggi diatas A3) cenderung meningkatkan ukuran butir austenit. Quenching dari temperatur seperti itu akan menghasilkan struktur martensit, tetapi sifatnya, bahkan setelah ditemper sekalipun, akan memiliki harga impact yang rendah. Disamping itu mungkin juga timbul retak pada saat diquench.



Gambar 6.23 : Grafik hubungan antara Temperatur, kekerasan dan kandungan austenit (Suratman,1994)

Pada baja hipereutektoid dipanaskan pada daerah austenit dan sementit, kemudian didinginkan dengan cepat agar diperoleh martensit yang halus dan karbida-karbida yang tidak larut. Struktur hasil quench memiliki kekerasan yang sangat tinggi dibandingkan dengan martensit. Jika karbida yang larut dalam austenit terlalu sedikit, kekerasan hasil quench akan tinggi. Jumlah karbida yang dapat larut dalam austenit sebanding dengan temperatur austenisasinya. Jumlah karbida yang larut akan meningkat jika temperatur austenisasinya dinaikkan. Jika karbida yang terlarut terlalu besar, akan terjadi peningkatan ukuran butir disertai dengan turunnya kekerasan dan ketangguhan (lihat Gambar 4.6).

Tahapan Pekerjaan Sebelum Proses Quenching

Benda kerja yang akan dikeraskan terlebih dahulu dibersihkan dari terak, oli dan sebagainya, hal ini dilakukan agar kekerasan yang diinginkan dapat dicapai. Benda kerja yang memiliki lubang, jika perlu, terutama baja-baja perkakas, harus ditutup dengan tanah liat, asbes atau baja

insert sehingga tidak terjadi pengerasan pada lubang tersebut. Hal ini tidak perlu seandainya ukuran lubang cukup besar serta cara quench yang tertentu sehingga permukaan di dalam lubang dapat dikeraskan dengan baik.

Baja karbon dan baja paduan rendah dapat dipanaskan langsung sampai ke temperatur pemanasannya tanpa memerlukan adanya pemanasan awal (pre-heat). Sedangkan benda kerja yang besar dan bentuknya rumit dapat dilakukan pemanasan awal untuk mencegah distorsi dan retak akibat tidak homogenya temperatur di bagian tengah dengan dibagian permukaan. Pemanasan awal biasanya dilakukan terhadap baja-baja perkakas karena konduktifitas panas baja tersebut sangat rendah.

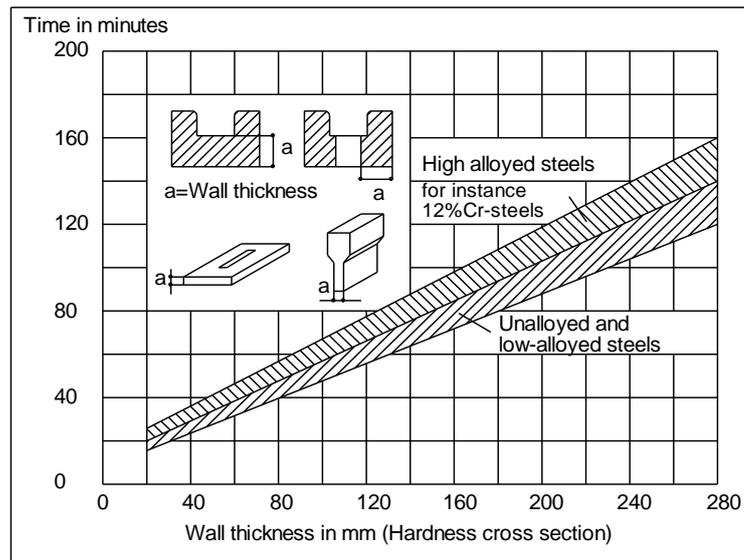
Pemanasan awal biasanya 500 - 600°C, pada temperatur ini tegangan dalam yang berkembang akibat tidak homogenya pemanasan dipermukaan dan di bagian tengah sedikit-demi sedikit dapat dihilangkan. Setelah itu, pemanasan di atas temperatur tersebut dapat dilakukan dengan laju pemanasan yang relatif cepat. Pemanasan awal juga diperlukan jika temperatur pengerasannya tinggi, karena pemanasan benda kerja pada temperatur tinggi dalam waktu singkat dapat memperkecil terbentuknya terak dan dekarburasi. Benda kerja yang rumit bentuknya atau baja-baja paduan tinggi harus diberi pemanasan awal dua kali sebelum mencapai temperatur austenisasinya.

Penting untuk diketahui bahwa benda kerja yang akan dikeraskan harus memiliki struktur yang homogen dan halus. Jika benda kerja yang akan dikeraskan memiliki struktur yang kasar setelah dikeraskan akan diperoleh kekerasan yang tidak homogen, distorsi dan retak pada saat dipanaskan maupun pada saat diquench. Agar dijamin hasil dengan kekerasan yang tinggi dan seragam dari baja-baja perkakas setelah pengerasan, maka baja-baja sebelum dikeraskan harus memiliki struktur yang lamelar dan bukan globular. Hal ini dikarenakan proses transformasi dari suatu struktur yang globular ke austenit relatif lebih lambat dibanding dari perlit ke austenit. Dengan demikian baja dengan struktur globular juga tidak akan memiliki kedalaman pengerasan yang tinggi.

Lama Pemanasan

Waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur pengerasan tergantung pada beberapa faktor seperti jenis tungku dan jenis elemen pemanasnya. Lama pemanasan pada temperatur pengerasannya tergantung jenis baja dan temperatur pemanasan yang dipilih dari rentang temperatur yang telah ditentukan untuk jenis baja yang bersangkutan. Dalam banyak hal, umumnya dipilih temperatur pengerasan yang tertinggi dari rentang temperatur pengerasan yang sudah ditentukan. Tetapi jika penampang-penampang dari benda kerja yang diproses menunjukkan adanya perbedaan yang besar, umumnya dipilih temperatur pengerasan yang rendah.

Pada kasus yang pertama, lama pemanasannya lebih lama dibandingkan dengan lama pemanasan pada kasus kedua. Untuk mencegah timbulnya pertumbuhan butir, baja-baja yang tidak dipadu dan baja paduan rendah, lama pemanasannya harus diupayakan lebih singkat dibanding baja-baja paduan tinggi seperti baja hot worked yang memerlukan waktu yang cukup untuk melarutkan karbida-karbida yang merupakan faktor yang penting dalam mencapai kekerasan yang diinginkan. Diagram yang tampak pada Gambar 4.7, dapat dijadikan pegangan untuk menentukan lama pemanasan untuk baja-baja konstruksi dan perkakas setelah temperatur pengerasannya dicapai.

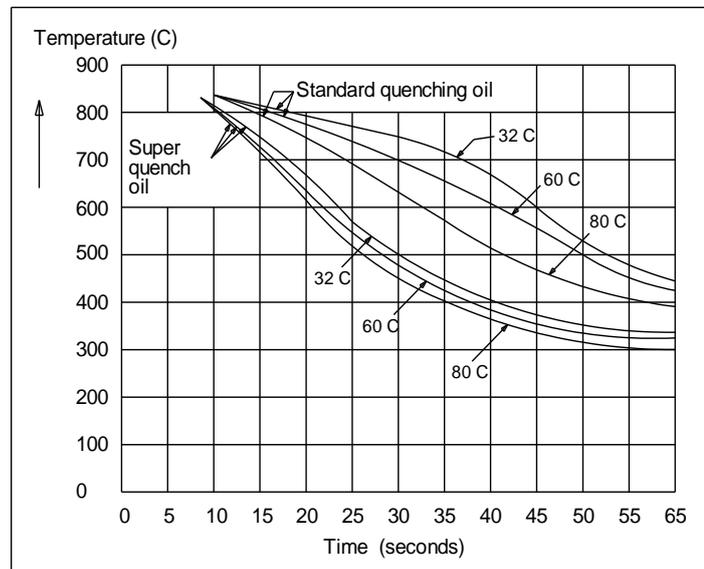


Gambar 6.24 Grafik lama pemanasan dengan tebal dinding dari benda kerja yang dihardening (Suratman,1994).

Media Quenching

Tujuan utama dari proses pengerasan adalah agar diperoleh struktur martensit yang keras, sekurang-kurangnya di permukaan baja. Hal ini hanya dapat dicapai jika menggunakan medium quenching yang efektif sehingga baja didinginkan pada suatu laju yang dapat mencegah terbentuknya struktur yang lebih lunak seperti perlit atau bainit. Tetapi berhubung sebagian besar benda kerja sudah berada dalam tahap akhir dari proses , maka kualitas medium quenching yang digunakan harus dapat menjamin agar tidak timbul distorsi pada benda kerja setelah proses quench selesai dilaksanakan. Hal tersebut dapat dicapai dengan cara menggunakan media quenching yang sesuai tergantung pada jenis baja yang diproses, tebal penampang dan besarnya distorsi yang diijinkan. Untuk baja karbon, medium quenching yang digunakan adalah air, sedangkan untuk baja paduan medium yang disarankan adalah oli. Quench ke dalam oli saat ini paling banyak digunakan, manfaat dari pendinginannya oli adalah bahwa laju pendinginannya pada tahap pembentukan lapisan uap dapat dikontrol sehingga dihasilkan

karakteristik quenching yang homogen. Laju pendinginan untuk baja yang diquench di oli relatif rendah karena tingginya titik didih dari oli. Memanaskan oli sampai sekitar 40 - 100°C sebelum proses quenching akan meningkatkan laju pendinginan (lihat Gambar 4.8).



Gambar 6.25: Pengaruh suhu oli pada kecepatan quenching (Thelning,1984).

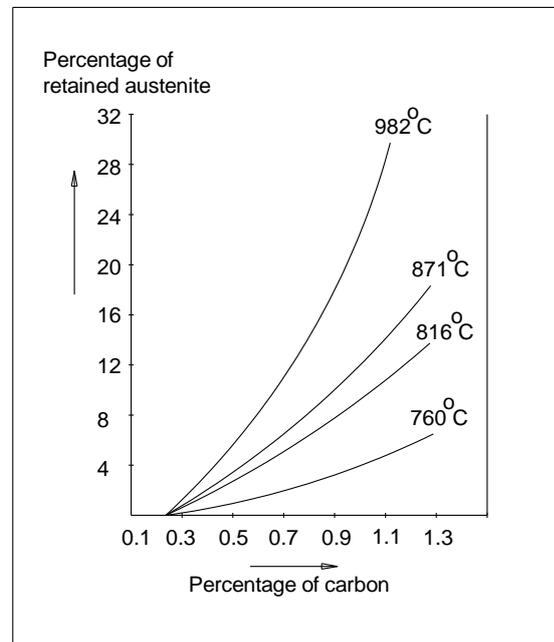
Dengan ditingkatkannya temperatur oli akan menjadikan oli lebih encer sehingga meningkatkan kapasitas pendinginannya. Faktor-faktor yang mengatur penyerapan panas dari benda kerja adalah panas spesifik, konduktivitas termal, panas laten penguapan dan viskositas oli yang digunakan. Umumnya makin rendah viskositas makin cepat laju pendinginannya. Temperatur maksimum dari oli yang digunakan harus 250C dibawah titik didih oli yang bersangkutan (Suratman,1994).

Pengaruh Unsur Paduan Pada Pengerasan

Sifat mekanik yang diperoleh dari proses perlakuan panas terutama tergantung pada komposisi kimia. Baja merupakan kombinasi Fe dan C. Disamping itu, terdapat juga beberapa unsur yang lain seperti Mn, P, S dan Si yang senantiasa ada meskipun sedikit, unsur-unsur ini bukan unsur pembentuk karbida . Penambahan unsur-unsur paduan seperti Cr,

Mo, V, W, T dapat menolong untuk mencapai sifat-sifat yang diinginkan, unsur-unsur ini merupakan unsur pembentuk karbida yang kuat.

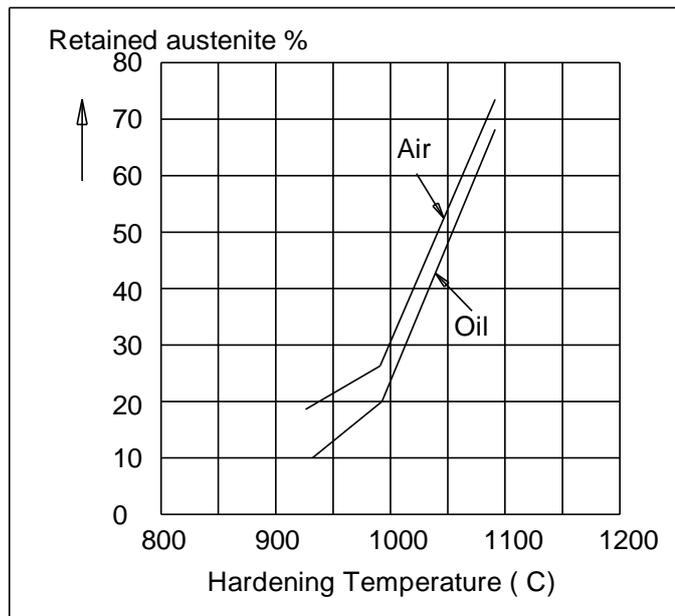
Pembentukan Austenit Sisa



Gambar 6.26: Hubungan antara kadar karbon dengan austenit sisa (Suratman,1994).

Austenit akan bertransformasi menjadi martensit jika didinginkan ke temperatur kamar dengan laju pendinginan yang tinggi, sementara itu masih ada sebagian yang tidak turut bertransformasi yang disebut sebagai austenit sisa. Dimana sejumlah austenit sisa yang terbentuk akan semakin meningkat dengan meningkatnya kadar karbon (lihat Gambar 4.9).

Kadar karbon yang tinggi akan menurunkan garis Ms, sehingga jumlah austenit sisanya akan semakin banyak. Selain itu juga pengaruh temperatur pengerasan juga akan menurunkan temperatur Ms (martensit start), sehingga jumlah austenit sisa akan semakin banyak dengan naiknya suhu austenisasi (lihat Gambar 4.10).



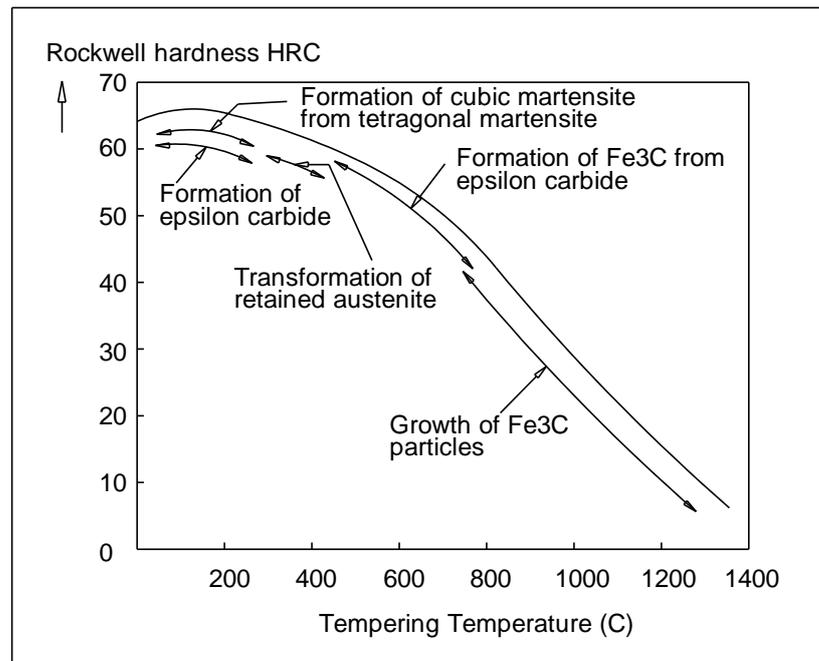
Gambar 6.27 : Hubungan antara temperatur pengerasan dengan jumlah austenit sisa yang terbentuk (Purwanto,1995)

Tempering

Proses memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan disebut proses temper. Dengan proses ini, duktilitas dapat ditingkatkan namun kekerasan dan kekuatannya akan menurun. Pada sebagian besar baja struktur, proses temper dimaksudkan untuk memperoleh kombinasi antara kekuatan, duktilitas dan ketangguhan yang tinggi. Dengan demikian, proses temper setelah proses pengerasan akan menjadikan baja lebih bermanfaat karena adanya struktur yang lebih stabil.

Perubahan Struktur Selama Proses Temper

Proses temper terdiri dari memanaskan baja sampai dengan temperatur di bawah A_1 , dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan di udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saat temperatur dinaikkan, baja yang dikeraskan akan mengalami 4 tahapan yaitu (lihat Gambar 4.11):



Gambar 6.28: Perubahan kekerasan dan struktur selama tempering (Suratman,1994)

Tahap 1. Pada temperatur 80 dan 200°C, suatu produk transisi yang kaya akan karbon yang dikenal sebagai karbida, berpresipitasi dari martensit tetragonal sehingga menurunkan tetragonalitas martensit atau bahkan mengubah martensit tetragonal menjadi ferit kubik. Periode ini disebut sebagai proses temper tahap pertama. Pada saat ini, akibat keluarnya karbon, volume martensit berkonstraksi. Karbida yang terbentuk pada periode ini disebut sebagai karbida epsilon.

Tahap 2. Pada temperatur antara 200 dan 300°C, austenit sisa mengurai menjadi suatu produk seperti bainit. Penampilannya mirip martensit temper. Periode ini disebut sebagai proses temper tahap kedua. Pada tahap ini volume baja meningkat.

Tahap 3. Pada temperatur antara 300 dan 400°C terjadi pembentukan dan pertumbuhan sementit dari karbida yang berpresipitasi pada tahap pertama dan kedua. Periode ini disebut sebagai proses temper tahap ketiga. Periode ini ditandai dengan adanya penurunan volume dan

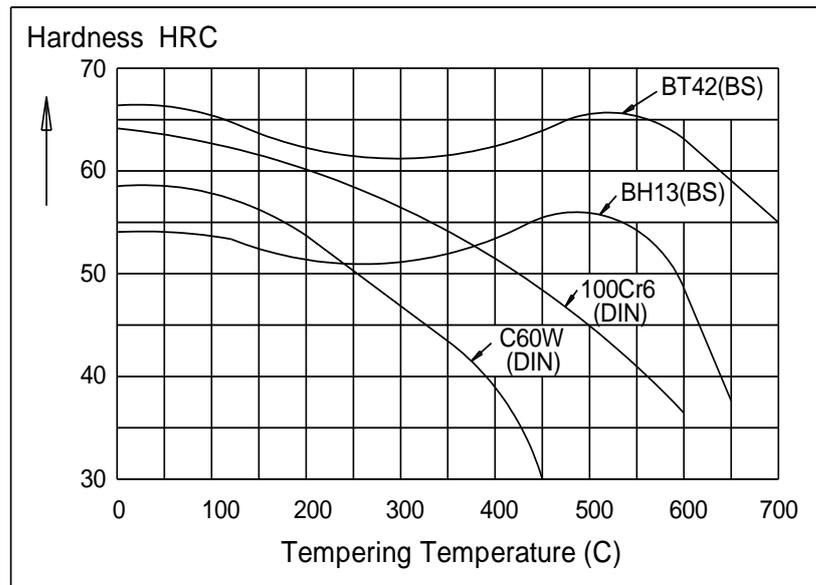
melampaui efek yang ditimbulkan dari penguraian austenit pada tahap kedua.

Tahap 4. Pada temperatur antara 400 dan 700°C pertumbuhan terus berlangsung dan disertai dengan proses sperodisasi dari sementit. Pada temperatur yang lebih tinggi lagi, terjadi pembentukan karbida kompleks pada baja-baja yang mengandung unsur-unsur pembentuk karbida yang kuat. Periode ini disebut sebagai proses temper tahap keempat.

Perlu diketahui bahwa rentang temperatur yang tertera pada setiap tahap proses temper, adalah spesifik. Dalam praktek, rentang temperatur tersebut bervariasi tergantung pada laju pemanasan, lama penemperan, jenis dan sensitivitas pengukuran yang digunakan. Disamping itu juga tergantung pada komposisi kimia baja yang diproses.

Pengaruh Unsur Paduan Pada Proses Temper

Jika baja dipadu, interval diantara tahapan proses temper akan bergeser kearah temperatur yang lebih tinggi, dan itu berarti martensit menjadi lebih tahan terhadap proses penemperan. Unsur-unsur pembentuk karbida, khususnya : Cr, Mo, W, Ti dan V dapat menunda penurunan kekerasan dan kekuatan baja meskipun temperatur tempernya dinaikkan. Dengan jenis dan jumlah yang tertentu dari unsur-unsur tersebut diatas, dimungkinkan bahwa penurunan kekerasan dapat terjadi pada temperatur antara 400 dan 600°C, dan dalam beberapa hal, dapat juga terjadi peningkatan kekerasan. Gambar 4.12 menggambarkan fenomena di atas.



Gambar 6.29 Pengaruh tempering pada baja paduan (Suratman,1994).

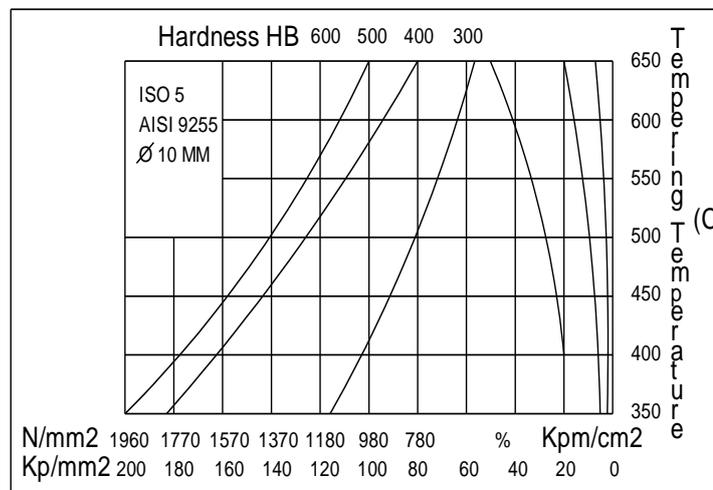
Pengaruh unsur paduan terhadap penurunan kekerasan diterangkan dengan presipitasi karbon dari martensit pada temperatur temper yang lebih tinggi. Dilain pihak, peningkatan kekerasan pada temperatur temper yang lebih tinggi (secondary hardening) pada baja-baja yang mengandung W, Mo dan V disebabkan oleh adanya transformasi austenit sisa menjadi martensit.

Pada baja yang mengandung Cr yang tinggi, austenit sisa bertransformasi menjadi martensit pada saat didinginkan dari temperatur temper sekitar 500°C. Peningkatan kekerasan sebagai akibat dari adanya transformasi austenit sisa menjadi martensit merupakan hal yang umum terjadi pada baja-baja paduan tinggi, namun sangat jarang terjadi pada baja-baja karbon dan baja paduan rendah karena jumlah austenit sisanya relatif sedikit. Sedangkan pada baja paduan tinggi jumlah austenit sisanya mencapai lebih dari 5 - 30% (Suratman,1994).

Perubahan Sifat Mekanik

Tempering dilaksanakan dengan cara mengkombinasikan waktu dan temperatur. Proses temper tidak cukup hanya dengan memanaskan baja yang dikeraskan sampai pada temperatur tertentu saja. Benda kerja harus

ditahan pada temperatur temper untuk jangka waktu tertentu. Proses temper dikaitkan dengan proses difusi, karena itu siklus penemperan terdiri dari memanaskan benda kerja sampai dengan temperatur dibawah A1 dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu sehingga perubahan sifat yang diinginkan dapat dicapai. Jika temperatur temper yang digunakan relatif rendah maka proses difusinya akan berlangsung lambat. Baja karbon, baja paduan medium dan baja karbon tinggi, pada saat dipanaskan sekitar 200°C kekerasannya akan menurun 1-3 HRC akibat adanya penguraian martensit tetragonal menjadi martensit lain (martensit temper) dan karbida epsilon.



Gambar 6.30 Pengaruh temperatur tempering terhadap sifat mekanis

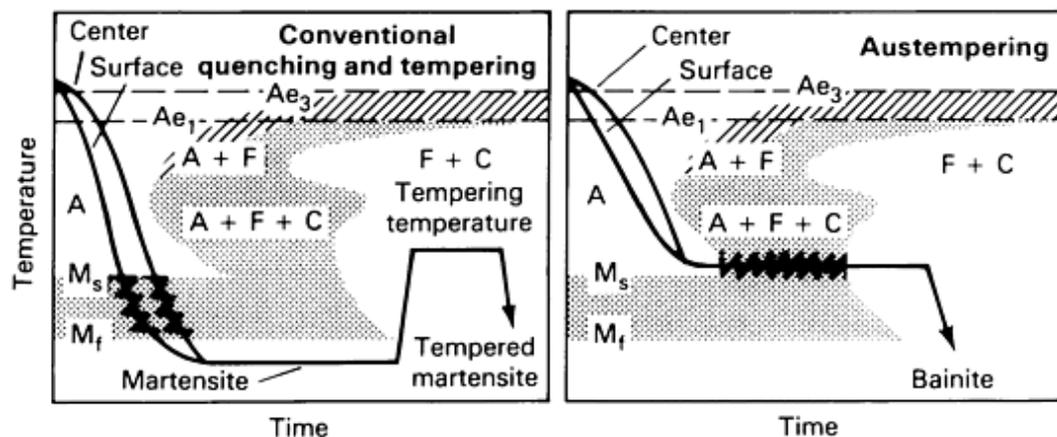
Peningkatan lebih lanjut temperatur tempering akan menurunkan kekerasan, kekuatan tarik dan batas luluhnya sedangkan elongasi dan pengecilan penampangannya meningkat. Gambar 4-13 menggambarkan perubahan sifat mekanik baja yang dikeraskan dikaitkan dengan proses penemperan. Umumnya makin tinggi temperatur temper, makin besar penurunan kekerasan dan kekuatannya dan makin besar pula peningkatan keuletan dan ketangguhannya. Tempering pada temperatur rendah 150-230°C (Amstead B.H.) bertujuan meningkatkan kekenyalan / keuletan tanpa mengurangi kekerasan. Tempering pada temperatur tinggi

300-675°C meningkatkan kekenyalan / keuletan dan menurunkan kekerasan.

Austempering

Austempering dapat diterapkan untuk beberapa kelas baja kekuatan tinggi yang harus memiliki ketangguhan dan keuletan tertentu. Komponen yang mengalami proses ini akan memiliki ketangguhan yang lebih tinggi, kekuatan impaknya menjadi lebih baik, batas lelehnya dan keuletannya meningkat dibanding dengan kekerasan yang sama hasil dari proses quench konvensional.

Austempering dilakukan dengan cara mengquench baja dari temperatur austenisasinya ke dalam garam cair yang temperaturnya sedikit di atas temperatur M_s nya. Lama penahan di dalam cairan garam adalah sehingga seluruh austenit bertransformasi menjadi bainit. Setelah itu baja didinginkan di udara sampai ke temperatur kamar seperti terlihat pada gambar 4.14 dengan waktu penahan bervariasi 5 sampai dengan 30 menit atau 1 jam pada temperatur austempering 250 – 270°C. tetapi temperatur perlakuan dan lama penahan yang tepat harus ditentukan dari diagram transformasi yang sesuai dengan baja yang akan di austempering.



Gambar 6.31 Perbedaan siklus martemper dan austempering

Kekerasan bainit yang diperoleh dari transformasi pada suatu kondisi tertentu secara kasar identik dengan kekerasan martensit yang ditemper pada temperatur

yang sama. Kekerasan bainit dipengaruhi oleh komposisi kimia baja dan oleh temperatur cairan garam dengan demikian proses austemper dapat di atur dengan cara mengatur temperatur austemper.

Austempering dilaksanakan dalam tungku garam agar pengontrolan temperaturnya dapat dilakukan dengan cermat sehingga kekerasan yang akan dihasilkannya memiliki tingkat kehomogenan yang tinggi. Jika temperatur tungku garam makin rendah, kapasitas pendinginannya akan semakin tinggi. Penambahan 1- 2% air dapat meningkatkan kapasitas pendinginan dari cairan garam pada temperatur 400°C dan kira – kira 4 kali lebih besar dari pada air garam yang digunakan 45 – 55% Natrium Nitrat dan 45 – 55 % Kalium Nitrat. Garam – garam ini mudah larut dalam air sehingga mudah sekali untuk membersihkan benda kerja. Garam ini secara efektif digunakan pada rentang temperatur 200 – 500 °C.

Delay quenching adalah istilah yang diterapkan pada proses quenching dimana komponen setelah dikeluarkan dari tungku pada temperatur pengerasannya dibiarkan beberapa saat sebelum di quench. Ini dimaksudkan agar proses quench terjadi pada temperatur lebih rendah sehingga memperkecil kemungkinan timbulnya distorsi. Cara ini lazim diterapkan pada HSS, baja hot worked dan baja – baja yang dikeraskan permukaannya.

Tujuan utama dari proses pengerasan adalah agar diperoleh struktur martensit yang keras, sekurang – kurangnya di permukaan baja. Hal ini dapat dicapai jika menggunakan media quenching yang efektif sehingga baja didinginkan pada suatu laju yang dapat mencegah terbentuknya struktur yang lebih lunak seperti perlit atau bainit.

Pemilihan medium quenching untuk mengeraskan baja tergantung pada laju pendinginan yang diinginkan agar dicapai kekerasan tertentu. Fluida yang ideal untuk mengquench baja agar diperoleh struktur martensit harus bersifat:

- 1) Mengambil panas dengan cepat di daerah temperatur yang tinggi agar pembentukan perlit dapat dicegah.

- 2) Mendinginkan benda kerja relatif lambat di daerah temperatur yang rendah; misalnya di bawah temperatur 350°C agar distorsi atau retak dapat dicegah.

Terjadinya retak panas atau distorsi selama proses quench dapat disebabkan oleh kenyataan bagian luar benda kerja lebih dingin dibanding bagian dalam, dan bagian permukaan adalah yang pertama mencapai kondisi quench sedangkan bagian di sebelah dalamnya mendingin dengan laju pendinginan yang relatif lebih lambat. Adanya perubahan volume di bagian tengah sebagai hasil proses pendinginan akan menimbulkan tegangan termal atau retak – retak di luar bagian benda kerja. Karena itu benda kerja disarankan tidak boleh terlalu cepat melampaui daerah pembentukan martensit dan agar sedikit diluahkan waktu untuk menghilangkan tegangan.

Media quenching dengan garam disebut dengan Salt Bath. Campuran Nitrat dan Nitrit terutama digunakan untuk mengquench benda kerja pada temperatur yang relatif rendah. Garam – garam tersebut dapat digunakan pada rentang temperatur 150 – 500°C. Pada temperatur di atas 500°C dapat menyebabkan oksidasi yang kuat dan menyebabkan pitting pada permukaan baja, disamping dapat menimbulkan ledakan. Karena itu perlu diperhatikan agar temperatur kerja dari garam tidak dilampaui. Seperti yang diperlihatkan pada tabel garam – garam untuk proses quench di bawah ini:

Tabel 6.2 Garam- garam untuk proses Quench

Komposisi Garam	Titik Cair (°C)	Rentang Operasi (°C)
40–50% NaNO ₂ + 50–60% NaNO ₃	143	160-500
40–50% NaNO ₃ + 50–60% KNO ₃	225	230-550
100% KNO ₃	337	350-500
100% NaNO ₃	370	400-600

50% BaCl + 20% NaCl + 30% KCl	540	570-900
80% NaOH + 20% KOH + ^H ₂ O	140	160-200
40–50% KOH + 50–55% NaOH	400	300-400
45–55% CaCl ₂ + 25–30% BaCl ₂ + 15 – 25% NaCl	530	550-650

Bahan Bacaan 4

Perlakuan Panas pada Permukaan

Proses perlakuan yang diterapkan untuk mengubah sifat pada seluruh bagian logam dikenal dengan nama proses perlakuan panas / laku panas (heat treatment). Sedangkan proses perlakuan yang diterapkan untuk mengubah sifat / karakteristik logam pada permukaannya (bagian permukaan logam) disebut proses perlakuan permukaan / laku permukaan (surface treatment).

Pada implementasinya, pelaksanaan perlakuan permukaan sangat bervariasi tergantung pada tujuan yang ingin dicapai, dan pada umumnya perlakuan permukaan dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan aus dengan jalan memperkeras atau memberikan lapisan yang keras pada permukaan logam.

Meningkatkan ketahanan korosi tanpa merubah karakteristik sifat-sifat logam yang permukaannya diberi laku panas akan meningkatkan unjuk kerja (performance) logam dari suatu komponen untuk maksud-maksud fabrikasi.

Jenis-jenis perlakuan permukaan yang umum dikenal pada proses produksi adalah :

- a. Proses-proses untuk memperkeras permukaan logam.
 1. Proses perlakuan thermokimia (thermochemical treatment)
 - o Karburasi (media padat, cair, atau gas)
 - o Nitridasi (media cair, atau gas)
 - o Karbonitridasi (Nitroc)

2. Proses pengerasan permukaan (surface hardening)
 - o Pengerasan nyala (flame hardening)
 - o Pengerasan Induksi (induction hardening)
3. Metal Spraying
4. Pelapisan logam (metal plating)
5. Proses Fusi (fusion process)

b. Proses-proses untuk meningkatkan ketahanan korosi

1. Pengendapan listrik (electrodeposition)
2. Lapis celup (hot dip coating)
3. Lapis Difusi (diffusion coating)
 - o Cementasi
 - o Cladding
 - o Deposisi vacum
 - o Pirolisa (Vapour deposition)
 - o Sprayed metal coating
 - o Pengerasan kulit (case hardening)
4. Lapis non metalik (non- metallic coating) mencakup :
 - o Pengecatan dan lapis lak (lacquers coating)
 - o Lapis plastik
 - o Lapis karet dan elastomer
 - o Lapis enamel
 - o Temporary protective coatings
5. Lapis konversi dan oksida (Conversion and oxidcoatings)
 - o Anodisasi
 - o Chromatasi
 - o Phosphatasi (Parkerizing)

c. Proses-proses untuk meningkatkan unjuk rupa :

- o Polishing
- o Abrashive belt grinding

- o Barrel tumbling
- o Honing
- o Lapping
- o Super finishing
- o Electroplating
- o Metal spraying
- o Pelapisan inorganik
- o Parkerizing
- o Anodizing
- o Sheradizing

Karburasi

Proses karburasi biasanya digunakan untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja karbon rendah, dengan jalan memanaskan baja diatas suhu A1 (> 723 0 C) dalam suasana lingkungan karbon (gas CO), sehingga terjadi reaksi :



Dimana Fe (c) merupakan karbon yang terlarut dalam austenit dipermukaan baja, dan meningkatnya kadar karbon disebabkan oleh pemanasan yang mengakibatkan terjadinya difusi karbon sampai kedalaman tertentu sesuai dengan keinginan, dan selanjutnya didinginkan dengan cepat ke dalam air.

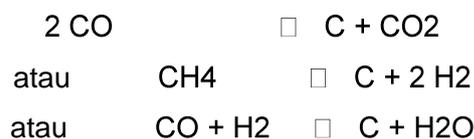
Hal ini mengakibatkan struktur dipermukaan baja akan terbentuk perlit dan simentit halus, pada daerah interzone terdiri dari perlit, sedangkan pada bagian inti berstruktur perlit dan ferit.

Karburasi cocok untuk benda-benda kecil dan sedang, dengan keuntungan bebas oksidasi, kedalaman lapisan dan kandungan karbon merata, laju penetrasi cepat, tetapi baja hasil proses ini perlu dicuci agar terhindar korosi dan proses ini memerlukan pengontrolan dan pengaturan konposisi bath harus terus menerus, serta larutan cyanida yang digunakan beracun dan berbahaya.

Hasil proses ini perlu dilanjutkan dengan perlakuan panas, karena pencelupan cepat dari temperatur austenit dengan kondisi butir kasar akan menyebabkan baja menjadi getas dan terjadi distorsi, maka proses perlakuan panas lanjutan ini dilakukan untuk mendapatkan butir yang halus.

Karburasi dengan menggunakan media padat dinamakan Pack Karburasi, dengan metode sampel dalam jumlah banyak dimasukkan kedalam kotak yang terbuat dari baja tahan panas (20% Cr – 20% Ni) yang dilapisi secara bergantian dengan karbon (batu bara dan arang kayu). Kemudian dipanaskan pada temperatur 900 s.d 925°C dan kemudian dicelupkan ke dalam air untuk mendapatkan ketebalan 0,4 mm, serta dicelupkan ke dalam air dari temperatur 800 s.d 820°C untuk memperoleh ketebalan 0,4 s.d 1,25 mm. Proses pack karburasi sederhana tanpa memerlukan atmosfer, tetapi proses ini tidak cocok untuk benda-benda yang tipis.

Gas Karburasi adalah proses karburasi dengan menggunakan media gas yang sesuai untuk baja karbon rendah, dengan metode sampel dipanaskan pada temperatur 900 s.d 940°C dalam media gas hidrokarbon (gas alam atau metan propan), sehingga karbon bebas C akan berdifusi ke permukaan baja dengan kedalaman 0,1 s.d 0,75 mm (lebih tipis dari pada metode pack karburasi) dengan reaksi :



Pencelupan dilakukan setelah proses difusi berakhir ke dalam media pendingin yang sesuai.

Karburasi Cair merupakan karburasi dengan menggunakan media cair, dengan metode sampel diberi pemanasan awal pada suhu sekitar 100 s.d 400°C dan kemudian dimasukkan ke dalam bath berisikan cairan garam cyanida dengan suhu proses sekitar 900 s.d 925°C dengan tebal lapisan sekitar 0,5 mm. Pada suhu proses yang lebih tinggi dari 950°C akan mengakibatkan kekerasan permukaan menjadi lebih rendah, karena semakin banyaknya austenit sisa.

Nitridasi

Nitridasi digunakan untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja paduan, dengan cara memanaskan baja paduan pada temperatur 500 s.d 590°C di dalam kontainer yang lingkungannya nitridasi yang membuat amoniak akan terurai menjadi gas Nitrogen dan H₂. Nitrogen bebas akan bereaksi / berdifusi dengan paduan baja atau dengan ferit membentuk nitrida dipermukaan baja.

Kedalaman lapisan nitrida mencapai 0,7 mm pada temperatur 510°C dengan lama pemanasan 80 jam, permukaan produk akan menjadi tahan aus, karena kekerasan yang tinggi, tahan fatik, tahan temper, tahan korosi.

Karbonitridasi

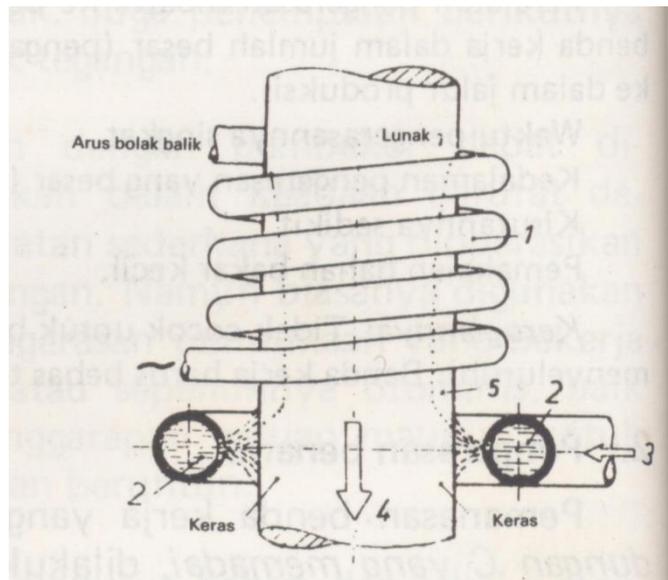
Proses karbonitridasi biasanya digunakan untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja karbon rendah, dengan jalan memanaskannya dalam lingkungan gas karbon-nitrogen dengan suhu yang lebih rendah dari temperatur karburasi yaitu sekitar 750 s.d. 890°C, dengan kedalaman lapisan sekitar 0,7 mm.

Karbon dan nitrogen bebas yang terbentuk akibat pemanasan akan terdifusi kepermukaan baja bereaksi dengan ferit atau paduan lainnya. Lapisan karbonitridasi lebih tahan terhadap pelunakan sewaktu temper dibanding lapisan hasil karburasi.

Induction Hardening

Berbeda dengan tiga proses sebelumnya pengerasan induksi tidak mengalami perubahan komposisi kimia di permukaannya, zona yang dikeraskan permukaannya dipanaskan hingga temperatur austenisasi lalu didinginkan dengan cepat sehingga membentuk struktur martensit. Baja yang dikeraskan harus mempunyai sifat mampukeras (hardenability) yang baik seperti baja dengan kandungan karbon sekitar 0,3 sampai 0,6 %.

Pemanasan pada proses pengerasan induksi diperoleh dari arus bolak-balik berfrekuensi tinggi berasal dari konverter oscilator yang selanjutnya didinginkan dengan cepat (seperti terlihat pada gambar 4.15). Arus bolak-balik dengan frekuensi tinggi (10.000 sampai 50.000 Hz) ini mengakibatkan timbulnya arus Eddy dalam lapisan permukaan logam yang kemudian berubah menjadi panas. Sedangkan kedalaman pemanasan tergantung kepada daya dan frekuensi arus listrik.

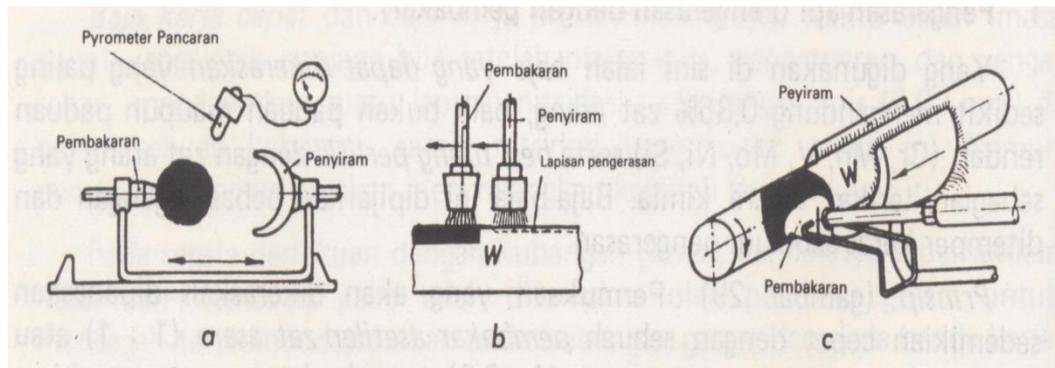


Gambar 6.32 Proses Pengerasan Induksi

Baja karbon sedang dan baja paduan berbentuk komponen seperti piston rod, pump shaft, cams, dan spur gears dapat dikeraskan dengan metoda ini dengan keuntungan prosesnya otomatis melalui setting waktu frekuensi dengan waktu pemanasan lebih cepat, dapat dilakukan pengerasan setempat dengan peningkatan kekuatan fatik dan sedikit deformasi. Tetapi proses ini membutuhkan biaya yang mahal untuk mesin dan biaya pemeliharaan, dengan keterbatasan kuantitas komponen sedikit, bentuk benda dan jenis baja yang dikeraskan terbatas.

Flame Hardening

Proses flame hardening sama dengan pengerasan induksi, tetapi sumber panasnya berasal dari nyala api (torch) pembakaran Oxy-Asetilen, propane oksigen atau gas alam seperti terlihat pada gambar 4.16.



Gambar 6.33 Proses Pengerasan dengan Nyala Api

Kesulitan pengerasan nyala api adalah pada kontrol nyala yang dapat memungkinkan terjadinya overheating dan oksidasi benda kerja. Proses ini biasanya digunakan untuk meningkatkan kekerasan permukaan komponen mesin perkakas seperti roda gigi, crankshaft, dan pons. Pada proses ini hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

- 1) Zona yang dipanaskan harus bersih dan bebas dari kerak.
- 2) Keseimbangan campuran gas oksigen dengan asetilen untuk mendapatkan nyala netral dan stabil.
- 3) Laju atau kecepatan pemanasan diusahakan tetap atau stabil
- 4) Sebaiknya dilanjutkan dengan proses temper, untuk mengurangi kegetasan.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar. Mengidentifikasi isi materi pembelajaran

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklatdi kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

- 1) Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran perlakuan panas? Sebutkan!
- 2) Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

- 3) Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
- 4) Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
- 5) Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

Aktivitas 1. Mengamati dan mengidentifikasi media pendingin (2 JP)

Saudara diminta untuk mengamati dan mengidentifikasi media pendingin. Saudara mungkin mempunyai pandangan yang berbeda dari teman-teman lain tentang media pendingin. Apa yang Saudara temukan setelah mengamati proses tersebut? Apakah ada hal-hal yang baru atau sebaliknya yang Saudara temukan? Diskusikan hasil pengamatan Saudara dengan anggota kelompok Saudara. Selanjutnya selesaikan **LK-01** dengan dipandu pertanyaan berikut.

- 1) Menurut saudara, apakah fungsi media pendingin? Tuliskan!,
- 2) Media pendingin apa saja yang umumnya digunakan untuk proses perlakuan panas?
- 3) Menurut Saudara, adakah kaitan media pendingin dengan proses perlakuan panas, jelaskan?

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca Bahan Bacaan 1 tentang proses Perlakuan Panas.

Aktivitas 2. Melakukan dan mengamati proses Annealing (4 JP)

Saudara diminta untuk mengamati proses Perlakuan Panas Pelunakan Annealing. Saudara mungkin mempunyai pandangan yang berbeda dari teman-teman lain tentang Perlakuan Panas Pelunakan Annealing. Apa yang Saudara temukan setelah mengamati proses tersebut? Apakah ada hal-hal yang baru atau sebaliknya yang Saudara temukan? Diskusikan hasil pengamatan Saudara dengan anggota kelompok Saudara. Selanjutnya selesaikan **LK-02** dengan dipandu pertanyaan berikut.

- 1) Mengapa diperlukan proses Perlakuan Panas Pelunakan Annealing? Tuliskan!,
- 2) Bagaimana siklus proses Perlakuan Panas Pelunakan Annealing?
- 3) Menurut Saudara, adakah kaitan struktur mikro dengan proses perlakuan panas Pelunakan Annealing?

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca Bahan Bacaan 1 tentang proses Perlakuan Panas Pelunakan. Kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-02.P**

Aktivitas 3. Melakukan dan mengamati proses Normalising (4 JP)

Saudara diminta untuk mengamati proses Perlakuan Panas Pelunakan Normalising. Saudara mungkin mempunyai pandangan yang berbeda dari teman-teman lain tentang Perlakuan Panas Pelunakan. Apa yang Saudara temukan setelah mengamati proses tersebut? Apakah ada hal-hal yang baru atau sebaliknya yang Saudara temukan? Diskusikan hasil pengamatan Saudara dengan anggota kelompok Saudara. Selanjutnya selesaikan **LK-03** dengan dipandu pertanyaan berikut.

- 1) Mengapa diperlukan proses Perlakuan Panas Pelunakan Normalising? Tuliskan!,
- 2) Bagaimana siklus proses Perlakuan Panas Pelunakan Normalising?
- 3) Menurut Saudara, adakah kaitan struktur mikro dengan proses perlakuan panas Pelunakan Normalising?

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca Bahan Bacaan 1 tentang proses Perlakuan Panas Pelunakan. Kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-03.P**

Aktivitas 4. Melakukan dan mengamati proses Hardening (4 JP)

Setelah Saudara mengamati proses Perlakuan Panas Pelunakan pada aktivitas 1 hingga aktivitas 3, maka pada aktivitas 4 ini Saudara akan mendemonstrasikan dan mendiskusikan bagaimana proses Perlakuan Panas Pengerasan (hardening) Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

- 1) Mengapa diperlukan proses Perlakuan Panas Pengerasan? Tuliskan!,
- 2) Bagaimana siklus proses Perlakuan Panas Pengerasan?
- 3) Menurut Saudara, adakah kaitan struktur mikro dengan proses perlakuan panas pengerasan?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-04**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang proses Perlakuan Panas Pengerasan, Bacalah Bahan Bacaan 2 tentang proses Perlakuan Panas Pengerasan. Kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-04.P**

Aktivitas 5. Melakukan dan mengamati proses Tempering (4 JP)

Setelah Saudara mengamati proses Perlakuan Panas Pengerasan (hardening) pada aktivitas 4, maka pada aktivitas 5 ini Saudara mendemonstrasikan dan mendiskusikan bagaimana proses Perlakuan Panas Pengerasan. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

- 1) Mengapa diperlukan proses Perlakuan Panas Tempering? Tuliskan!
- 2) Ada berapa tahap Perlakuan Panas Tempering, sebutkan dan jelaskan?
- 3) Menurut Saudara, adakah kaitan struktur mikro dengan proses perlakuan panas tempering?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-05**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang proses Perlakuan Panas Tempering, Bacalah Bahan Bacaan 2 tentang proses Perlakuan Panas Pengerasan. Kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-05.P**

Aktivitas 6. Melakukan dan mengamati proses Perlakuan Panas pada Permukaan (4 JP)

Setelah Saudara memahami proses Perlakuan Panas Pengerasan pada aktivitas 5, maka pada aktivitas 6 ini Saudara akan mendemonstrasikan dan mendiskusikan proses Perlakuan Panas Permukaan. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

- 1) Mengapa diperlukan proses Perlakuan Panas pada permukaan? Tuliskan?
- 2) Apa parameter yang berpengaruh pada Proses Perlakuan Panas pada Permukaan?

- 3) Menurut pendapat Saudara, bagaimana urutan proses Perlakuan Panas pada Permukaan?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-06**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang proses Perlakuan Panas pada Permukaan, Bacalah Bahan Bacaan 4 tentang proses Perlakuan Panas pada Permukaan, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-06.P**.

E. Rangkuman

Proses perlakuan Panas adalah proses memanaskan produk hingga temperatur tertentu kemudian, didinginkan agar mendapatkan sifat yang diinginkan. Secara garis besar proses perlakuan panas dibagi menjadi 2, yaitu proses perlakuan panas untuk pengerasan dan proses perlakuan panas untuk pelunakan.

Siklus proses perlakuan panas terdiri dari 3 tahap yaitu;

- a) Pemanasan material sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu.
- b) Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga temperaturnya merata
- c) Pendinginan dengan media pendingin (air, oli atau udara)

F. Tes Formatif

Tes Lisan

Pertanyaan 1. Apa yang anda ketahui tentang Proses Perlakuan Panas?

Pertanyaan 2. Ada berapa jenis proses Perlakuan Panas?

Pertanyaan 3 Bagaimana siklus proses Perlakuan Panas?

Pertanyaan 4. Struktur mikro apa saja yang mungkin terbentuk pada baja yang mengalami pendinginan?

G. Kunci Jawaban

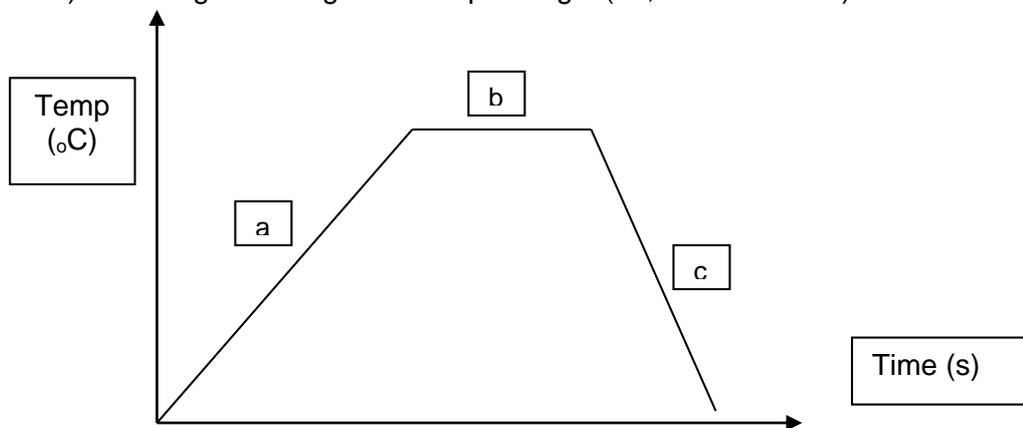
Jawaban pertanyaan Lisan

Jawaban 1. Proses perlakuan Panas adalah proses memanaskan produk hingga temperatur tertentu kemudian, didinginkan agar mendapatkan sifat yang diinginkan.

Jawaban 2, secara garis besar proses perlakuan panas dibagi menjadi 2, yaitu proses perlakuan panas untuk pengerasan dan proses perlakuan panas untuk pelunakan. .

Jawaban 3, Siklus proses perlakuan panas terdiri dari 3 tahap yaitu;

- a) Pemanasan material sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu.
- b) Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga temperaturnya merata
- c) Pendinginan dengan media pendingin (air, oli atau udara)



Jawaban 4. Struktur mikro yang mungkin terjadi pada baja yang mengalami pendinginan yaitu: ferit, perlit, bainit, martensit, sementit, dan karbida.

LEMBAR KERJA KB-4

LK - 00

1) Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran perlakuan panas? Sebutkan!

.....
.....

2). Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

.....
.....

3). Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....
.....

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

.....
.....

5). Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....
.....

LK - 01

1) Menurut saudara, apakah fungsi media pendingin? Tuliskan!,

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

2) Media pendingin apa saja yang umumnya digunakan untuk proses perlakuan panas?

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

3) Menurut Saudara, adakah kaitan media pendingin dengan proses perlakuan panas, jelaskan?

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

LK - 02

1) Mengapa diperlukan proses Perlakuan Panas Pelunakan Annealing? Tuliskan?

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

2) Bagaimana siklus proses Perlakuan Panas Pelunakan Annealing?

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

3) Menurut Saudara, adakah kaitan struktur mikro dengan proses perlakuan panas Pelunakan Annealing?

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

TUGAS PRAKTIK:

Pengamatan Proses Perlakuan Panas Annealing

Dengan menyelesaikan LK-02 saudara telah memahami proses Perlakuan Panas. Proses Perlakuan Panas harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

Untuk keperluan eksperimen pengamatan proses Perlakuan Panas, saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

- 1) Siapkan peralatan yang dibutuhkan;
- 2) Lakukan persiapan spesimen;
- 3) Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
- 4) Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi sebelum melakukan tugas praktek ini;
- 5) Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
- 6) Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

POS (Prosedur Operasi Standar) Proses Perlakuan Panas Annealing

Peringatan Keamanan!

Bisa jadi bagian-bagian spesimen masih memiliki bagian suhu yang cukup tinggi. Jadi berlaku hati-hati dan waspada menjadi suatu keharusan mutlak untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

- 1) Pastikan saudara sudah memakai APD.

- 2) Pastikan peralatan siap untuk digunakan (seperti oven pemanas, bak quenching dan alat bantu)
- 3) Pastikan Oven pemanas berfungsi dengan baik
- 4) Letakkan spesimen pada oven pemanas.
- 5) Atur temperatur austenisasi dan waktu penahanan

Proses Perlakuan Panas	Temperatur Austenisasi (°C)	Waktu penahanan (menit)

- 6) Amati gambar struktur mikro dan ukur nilai kekerasan hasil proses perlakuan panas.

Spesimen	Struktu Mikro	Kekerasan (HB)
Awal		
Setelah dipanaskan dan didinginkan		

- 7) Rapikan dan bersihkan kembali peralatan yang telah digunakan..

LK - 03

1) Mengapa diperlukan proses Perlakuan Panas Pelunakan Normalising? Tuliskan?

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

2) Bagaimana siklus proses Perlakuan Panas Pelunakan Normalising?

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

3) Menurut Saudara, adakah kaitan struktur mikro dengan proses perlakuan panas Pelunakan Normalising?

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

TUGAS PRAKTIK:

Pengamatan Proses Perlakuan Panas Normalising

Dengan menyelesaikan LK-03 saudara telah memahami proses Perlakuan Panas. Proses Perlakuan Panas harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

Untuk keperluan eksperimen pengamatan proses Perlakuan Panas, saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

- 1) Siapkan peralatan yang dibutuhkan;
- 2) Lakukan persiapan spesimen;
- 3) Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
- 4) Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi sebelum melakukan tugas praktek ini;
- 5) Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
- 6) Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

POS (Prosedur Operasi Standar) Proses Perlakuan Panas Normalising

Peringatan Keamanan!

Bisa jadi bagian-bagian spesimen masih memiliki bagian suhu yang cukup tinggi. Jadi berlaku hati-hati dan waspada menjadi suatu keharusan mutlak untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

- 1) Pastikan saudara sudah memakai APD.

- 2) Pastikan peralatan siap untuk digunakan (seperti oven pemanas, bak quenching dan alat bantu)
- 3) Pastikan Oven pemanas berfungsi dengan baik
- 4) Letakkan spesimen pada oven pemanas.
- 5) Atur temperatur austenisasi dan waktu penahanan

Proses Perlakuan Panas	Temperatur Austenisasi (°C)	Waktu penahanan (menit)

- 6) Amati gambar struktur mikro dan ukur nilai kekerasan hasil proses perlakuan panas.

Spesimen	Struktur Mikro	Kekerasan (HB)
Awal		
Setelah dipanaskan dan didinginkan		

Rapikan dan bersihkan kembali peralatan yang telah digunakan

LK - 04

1) Mengapa diperlukan proses Perlakuan Panas Pengerasan?

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

2) Bagaimana siklus proses Perlakuan Panas Pengerasan?

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

3) Menurut Saudara, adakah kaitan struktur mikro dengan proses perlakuan panas pengerasan?

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

TUGAS PRAKTIK:

Pengamatan Proses Perlakuan Panas Hardening

Dengan menyelesaikan LK-04 saudara telah memahami proses Perlakuan Panas. Proses Perlakuan Panas harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

Untuk keperluan eksperimen pengamatan proses Perlakuan Panas, saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

- 1) Siapkan peralatan yang dibutuhkan;
- 2) Lakukan persiapan spesimen;
- 3) Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
- 4) Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi sebelum melakukan tugas praktek ini;
- 5) Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
- 6) Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

POS (Prosedur Operasi Standar) Proses Perlakuan Panas Hardening

Peringatan Keamanan!

Bisa jadi bagian-bagian spesimen masih memiliki bagian suhu yang cukup tinggi. Jadi berlaku hati-hati dan waspada menjadi suatu keharusan mutlak untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

- 1) Pastikan saudara sudah memakai APD.

- 2) Pastikan peralatan siap untuk digunakan (seperti oven pemanas, bak quenching dan alat bantu)
- 3) Pastikan Oven pemanas berfungsi dengan baik
- 4) Letakkan spesimen pada oven pemanas.
- 5) Atur temperatur austenisasi dan waktu penahanan

Proses Perlakuan Panas	Temperatur Austenisasi (°C)	Waktu penahanan (menit)

- 6) Amati gambar struktur mikro dan ukur nilai kekerasan hasil proses perlakuan panas.

Spesimen	Struktu Mikro	Kekerasan (HB)
Awal		
Setelah dipanaskan dan didinginkan		

- 7) Rapikan dan bersihkan kembali peralatan yang telah digunakan

LK - 05

1) Mengapa diperlukan proses Perlakuan Panas Pengerasan Tempering?

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

2) Ada berapa tahap Perlakuan Panas Tempering, sebutkan dan jelaskan?

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

3) Menurut Saudara, adakah kaitan struktur mikro dengan proses perlakuan panas pengerasan?

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

LK – 05.P

TUGAS PRAKTIK:

Pengamatan Proses Perlakuan Panas Tempering

Dengan menyelesaikan LK-05 saudara telah memahami proses Perlakuan Panas. Proses Perlakuan Panas harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

Untuk keperluan eksperimen pengamatan proses Perlakuan Panas, saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

- 1) Siapkan peralatan yang dibutuhkan;
- 2) Lakukan persiapan spesimen;
- 3) Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
- 4) Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi sebelum melakukan tugas praktek ini;
- 5) Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
- 6) Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

POS (Prosedur Operasi Standar) Proses Perlakuan Panas Tempering

Peringatan Keamanan!

Bisa jadi bagian-bagian spesimen masih memiliki bagian suhu yang cukup tinggi. Jadi berlaku hati-hati dan waspada menjadi suatu keharusan mutlak untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

- 1) Pastikan saudara sudah memakai APD.
- 2) Pastikan peralatan siap untuk digunakan (seperti oven pemanas, bak quenching dan alat bantu)

- 3) Pastikan Oven pemanas berfungsi dengan baik
- 4) Letakkan spesimen pada oven pemanas.
- 5) Atur temperatur austenisasi dan waktu penahanan

Proses Perlakuan Panas	Temperatur Austenisasi (°C)	Waktu penahanan (menit)

- 6) Amati gambar struktur mikro dan ukur nilai kekerasan hasil proses perlakuan panas.

Spesimen	Struktur Mikro	Kekerasan (HB)
Awal		
Setelah dipanaskan dan didinginkan		

- 7) Rapikan dan bersihkan kembali peralatan yang telah digunakan..

LK - 06

1) Mengapa diperlukan proses Perlakuan Panas pada permukaan? Tuliskan!

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

2) Apa parameter yang berpengaruh pada Proses Perlakuan Panas pada Permukaan?

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

3) Menurut pendapat Saudara, bagaimana urutan proses Perlakuan Panas pada Permukaan?

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

TUGAS PRAKTIK:

Pengamatan Proses Perlakuan Panas pada permukaan

Dengan menyelesaikan LK-06 saudara telah memahami proses Perlakuan Panas. Proses Perlakuan Panas harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

Untuk keperluan eksperimen pengamatan proses Perlakuan Panas, saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

- 1) Siapkan peralatan yang dibutuhkan;
- 2) Lakukan persiapan spesimen;
- 3) Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
- 4) Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi sebelum melakukan tugas praktek ini;
- 5) Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
- 6) Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

POS (Prosedur Operasi Standar) Proses Perlakuan Panas pada permukaan

Peringatan Keamanan!

Bisa jadi bagian-bagian spesimen masih memiliki bagian suhu yang cukup tinggi. Jadi berlaku hati-hati dan waspada menjadi suatu keharusan mutlak untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

- 1) Pastikan saudara sudah memakai APD.

- 2) Pastikan peralatan siap untuk digunakan (seperti pemanas permukaan, media quenching dan alat bantu)
- 3) Pastikan alat pemanas berfungsi dengan baik
- 4) Letakkan spesimen pada pemanas.
- 5) Atur temperatur austenisasi dan waktu penahanan

Proses Perlakuan Panas	Temperatur Austenisasi (°C)	Waktu penahanan (menit)

- 6) Amati gambar struktur mikro dan ukur nilai kekerasan hasil proses perlakuan panas.

Spesimen	Struktur Mikro	Kekerasan (HB)
Awal		
Setelah dipanaskan dan didinginkan		

- 7) Rapikan dan bersihkan kembali peralatan yang telah digunakan



PENUTUP

Akhirnya mudah-mudahan modul ini dapat bermanfaat dalam memfasilitasi peserta diklat dalam meningkatkan dan mengembangkan keprofesionalannya dalam bidang pengelasan dengan menggunakan proses OAW, terutama memiliki keterampilan mampu melakukan proses pengelasan pipa dengan menggunakan dengan proses las OAW pada posisi di bawah tangan, mendatar, kombinasi OAW-OAW pada posisi di bawah tangan dan mendatar.

Modul-modul yang menunjang Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) harus selalu disempurnakan agar tujuan PKB tercapai. Begitu pula dengan modul ini sangat memerlukan penyempurnaan, oleh karena itu sangat diharapkan adanya saran-saran guna perbaikan dan kesempurnaan modul ini.



DAFTAR PUSTAKA

Blunt & Balchin, (2002). Health and Safety in Welding and Allied Processes. England: Woodhead Publishing Limited.

Dadang (2013), Teknik Las OAW, Jakarta: Kemendikbud

Muncaster. (1991). Practical TIG-GTA Welding. England: Abington Publishing.

Sunaryo, H. et. al. (2009). Pengelasan dengan Proses Las OAW. Jakarta: DitJenLatTas Disnakertrans.

Tim Penyusun. (2001). Perform Tungsten Arc Welding. Batam: AusAID

Weman, K. (2003). Welding Processes Handbook. England: Woodhead Publishing Limited.

_____, (2013). _____. [Online] Tersedia: <http://www.millerwelds.com> [12 Desember 2013].

_____, (2013). _____. [Online] Tersedia: <http://www.warborfreight.com> [12 Desember 2013].

_____, (2013). _____. [Online] Tersedia: <http://www.acklandgrainger.com> [12 Desember 2013].

_____, (2013). _____. [Online] Tersedia: <http://www.weldequip.com> [12 Desember 2013].

_____, (2013). _____. [Online] Tersedia: <http://envirosafetyproduct.com>) [12 Desember 2013].

- _____, (2013). _____. [Online] Tersedia: <http://tigweldmachine.com> [12 Desember 2013].
- _____, (2015). _____. [Online] Tersedia: <http://schweissaufsicht.ansa.ch/wig/wig1.html> [2 Desember 2015].
- _____, (2015). _____. [Online] Tersedia: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Druckregler.png> [2 November 2015].
- _____, (2015). _____. [Online] Tersedia: www.weldmyworld.com [2 November 2015].
- _____, (2015). _____. [Online] Tersedia: www.tungsten-heavy-metal.com [2 November 2015].
- _____, (2015). _____. [Online] Tersedia: www.chinatungsten.com [2 November 2015].
- _____, (2015). _____. [Online] Tersedia: Sumber: www.arc-zone.com [2 November 2015].
- _____, (2015). _____. [Online] Tersedia: free-ed.net [2 November 2015].
- _____, (2015). _____. [Online] Tersedia: www.indonetworks.co.id [2 November 2015].
- _____, (2015). _____. [Online] Tersedia: www.atikerkaynak.com.tr [2 November 2015].
- _____, (2015). _____. [Online] Tersedia: (www.lincolnelectric.com) [2 November 2015].

_____, (2015). _____. [Online] Tersedia: (<http://www.euthanex.com>) [2 November 2015].

_____, (2015). _____. [Online] Tersedia: (www.navybmr.com) [2 November 2015].



KUNCI JAWABAN TEST FORMATIF

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

1. Jelaskan pentingnya pemahaman keselamatan dan kesehatan kerja di bidang pengelasan!

Jawaban

Keselamatan dan kesehatan kerja sangat penting pada bidang pengelasan. Hal ini dikarenakan terdapat kondisi-kondisi tidak aman dan potensi bahaya kecelakaan kerja yang tinggi. Di mana apabila tidak hati-hati bisa terjadi kecelakaan kerja.

2. Jelaskan kondisi-kondisi tidak aman di tempat kerja!

Jawaban

Kondisi tidak aman (berbahaya), merupakan kondisi fisik atau keadaan yang berbahaya yang mungkin dapat langsung mengakibatkan terjadinya kecelakaan. Beberapa kondisi tidak aman diantaranya:

- a. Lokasi kerja yang kumuh dan kotor
- b. Alokasi personil / pekerja yang tidak terencana dengan baik, sehingga pada satu lokasi dipenuhi oleh beberapa pekerja. Sangat berpotensi bahaya
- c. Fasilitas / sarana kerja yang tidak memenuhi standard minimal, seperti *scaffolding* tidak aman, pada proses pekerjaan dalam tangki tidak tersedia *exhaust blower*
- d. Terjadi pencemaran dan polusi pada lingkungan kerja, misal debu, tumpahan oli, minyak dan B3 (bahan berbahaya dan beracun)

3. Jelaskan bahaya apa saja yang diakibatkan sinar las!

Jawaban

Proses pengelasan menimbulkan radiasi sinar yang kuat sehingga berbahaya bagi mata. Sinar-sinar tersebut meliputi, sinar-sinar yang kasat mata, juga sinar ultraviolet (gelombang elektromagnetik) dan sinar inframerah (*thermal*) yang tidak kasat mata.

Sinar yang ada pada las busur listrik kebanyakan adalah sinar ultraviolet, sedangkan nyala api las memancarkan sinar infrared. Sinar ultraviolet dan sinar infrared menimbulkan kerusakan pada mata dan kulit dapat terbakar seperti terbakar sinar matahari.

4. Jelaskan bagaimana saja cara mengatasi bahaya asap dan gas las!

Jawaban

Cara Mengatasi Asap Dan Gas Las ialah sebagai berikut:

- a. Posisi tubuh pada saat pengelasan diatur sedemikian rupa sehingga meminimalisir asap gas langsung mengarah ke *welder*.
- b. Asap las harus dibuang dengan alat lebih dari sekadar ventilasi alami. Alat penyedot asap las lokal dan alat pembuang gas harus dipasang untuk melenyapkan secara paksa gas dan asap las.
- c. Jika alat penyedot asap dan pembuang gas tidak dapat dipasang, maka gunakanlah alat bantu pernapasan. Bila pengelasan dilakukan pada lokasi yang sempit dan kurang ventilasi, gunakanlah masker pengisi udara (oksigen).
- d. Gunakanlah metode pengelasan, tip las atau kawat las yang menghasilkan sedikit asap las. Misalnya, jika campuran gas Ar+CO₂ digunakan untuk las MAG sebagai las pelindung, maka jumlah asap lasnya dapat dikurangi banyak.
- e. Sedapat mungkin gunakanlah mesin las otomatis, sehingga operator mesin dapat mengambil jarak lebih jauh dari daerah pengelasan.

5. Jelaskan Alat Pelindung Diri (APD) untuk seorang *welder*!

Jawaban

No	Jenis APD	Jenis Pekerjaan			
		<i>Welder</i>	<i>Fitter</i>	<i>Brander</i>	Op. gerinda
1.	Helm pengaman/ <i>auto darkening helmet</i>	X	X	X	X
2.	Ketepalak kerja	X	X	X	X

No	Jenis APD	Jenis Pekerjaan			
		<i>Welder</i>	<i>Fitter</i>	<i>Brander</i>	Op. gerinda
3.	Sabuk pengaman untuk ketinggian > 2 m	X	X	X	X
4.	<i>Stiwel</i>	X	X	X	X
5.	<i>Safety shoes</i>	X	X	X	X
6.	Sarung tangan kulit panjang	X	X		
7.	Sarung tangan kulit pendek			X	X
8.	Apron kulit	X	X	X	
9.	Jaket dan celana las	X			
10.	Welding Respirator	X			
11.	Selubung tangan	X			
12.	Toxid respirator		X	X	X

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

1. Sebutkan bagian utama perlengkapan las OAW!

Jawaban

Mesin las OAW mempunyai dua sistem pendinginan yaitu pendinginan udara dan pendinginan air. Secara skematik mesin las OAW mempunyai empat bagian utama yaitu:

- a. sumber tenaga (*power source*),
- b. sistem pendinginan untuk yang berpendingin air (*water cooled*),
- c. gas pelindung (*shielding gas*), dan
- d. *brander / tip*.

2. Jelaskan fungsi utama *brander / tip*!

Jawaban

Brander / tip berfungsi untuk memegang ,tip tidak terumpan dengan kolet dan menyalurkan gas pelindung melalui nozel keramik berbagai ukuran

3. Jelaskan bagaimana cara memasang ,tip tungsten dengan benar pada kepala brander / tip .

Jawaban

Tahapan pemasangan *Brander / tip* Las OAW/TIG adalah sebagai berikut:

- a. Badan kolet dipasang dan dikencangkan dengan tangan.
 - b. Nosel gas dipasang dan dikencangkan dengan tangan.
 - c. Kolet dimasukan.
 - d. ,tip tungsten dimasukan, keluarkan ujung ,tip sepanjang 2-3 kali diameter ,tip dari arah belakang.
 - e. Tutup *brander / tip* dipasang dan dikencangkan.
4. Jelaskan fungsi regulator gas!

Jawaban

Regulator berfungsi untuk mengetahui tekanan botol dan mengatur tinggi rendahnya tekanan gas yang akan digunakan.

5. Jelaskan perbedaan penggunaan ,tip tungsten murni dan ,tip tungsten paduan thorium!

Jawaban

Penggunaan pengelasan OAW dengan tungsten murni harganya murah dan memberikan busur yang stabil dengan gas pelindung argon maupun helium. Begitu pun pada arus bolak-balik efek reftifier tidak ada. Tungsten murni dapat digunakan pengelasan pada DCRP. Akan tetapi tungsten murni juga mempunyai kelemahan berupa daya nyala rendah, kurang awet dan muatan arus rendah. Tungsten paduan memiliki keuntungan lebih awet, muatan arus tinggi dan daya nyala lebih baik, sementara kelemahannya adalah lebih mahal, dengan arus bolak-balik ada rectifier dan stabilitas busur rendah.

Sedangkan Thoriated tungsten merupakan ,tip yang sangat umum digunakan di amerika dan negara lainnya. Untuk paduan thorium 2% diberi kode warna merah. Kelebihannya adalah memberi keuntungan pada saat mulainya penyalaan busur dan menghasilkan kapasitas arus listrik yang kuat, bila dibandingkan dengan tungsten murni. Thorium akan menambah emisi electron

pada elektroda, dapat digunakan pada ukuran diameter ,tip yang kecil. Dapat digunakan untuk pengelasan arus DC pada material baja karbon, Stainless Steels, paduan nikel dan titanium.

6. Jelaskan bagaimana cara mengasah ,tip tungsten untuk arus DC dan pembentukan ujung ,tip untuk arus AC!

Jawaban

Untuk menajamkan ujung ,tip dengan menggunakan mesin gerinda dan pada saat menggerinda tidak boleh langsung dengan mulut pembakar akan tetapi harus dibuka dahulu batang ,tip tersebut baru diruncingkan. Meruncingkan ,tip memerlukan cara khusus yaitu secara vertikal terhadap roda gerinda selain secara manual terdapat alat gerinda khusus yang memudahkan *welder helper* mengasah ,tip tungsten.

7. Jelaskan penggunaan bahan pengisi dengan kode AWS berikut ER70S-2; ER308; dan ER4043.

Jawaban

ER70S-2 digunakan sebagai bahan tambah pada pengelasan baja karbon; ER308 digunakan sebagai bahan tambah pada pengelasan logam stainless steel; dan ER4043 digunakan sebagai bahan tambah pada pengelasan.

8. Jelaskan perbedaan karakteristik gas pelindung argon murni dan argon 75% - Helium 25%.

Jawaban

Argon memberikan busur energi yang padat, energi yang terkonsentrasi di dalam area busur. Hal ini menghasilkan lapisan las yang sempit, dan mencapai kemurnian busur 99,9%. Las menggunakan gas pelindung ini dapat digunakan untuk berbagai macam logam: *mild steels*, *stainless steels*, aluminium dan paduan magnesium.

Gas campuran 75% He dan 25% Ar, digunakan untuk pengelasan bahan las yang berbeda jenis. Komposisi helium yang besar digunakan untuk meningkatkan suhu pemanasan gas sehingga digunakan untuk bahan las

aluminium dan tembaga. Rambatan panas yang dihasilkan terlalu cepat sehingga bahan lebih cepat mencair. Hasil penetrasi menjadi lebar dan dalam

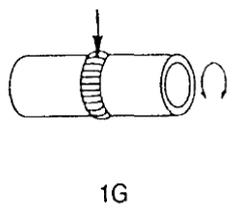
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

1. D
2. B
3. A
4. E
5. E
6. E
7. A
8. A
9. A
10. B
11. A
12. A
13. C
14. A
15. A

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4

1. Gambarkan posisi pengelasan pipa 1G dan jelaskan!

Jawaban



2. Gambarkan posisi pengelasan pipa 2G dan jelaskan!

Jawaban



2G

3. Gambarkan posisi pengelasan pipa 5G dan jelaskan!

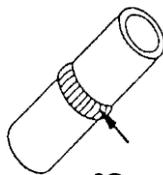
Jawaban



5G

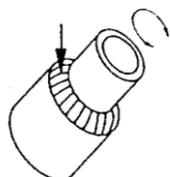
4. Gambarkan posisi pengelasan pipa 6G dan jelaskan!

Jawaban



5. Gambarkan posisi pengelasan pipa 1F dan jelaskan!

Jawaban



1F

6. Gambarkan posisi pengelasan pipa 2F dan jelaskan!

Jawaban



KEGIATAN PEMBELAJARAN 5

1. Jelaskan persiapan proses pengelasan dan pemeriksaan hasil pengelasan sambungan tumpul 1G las OAW!

Jawaban

- Siapkan dua logam dasar dengan kampuhnya
- Siapkan satu potong logam penahan bagian belakang.
- Berikan bevel 3° pada salah satu sisi penahan belakang.
- Hilangkan kotoran bagian belakang logam dasar tersebut dengan kikir tangan.
- Kikir kampuh 30° untuk kampuh V.
- Tempelkan kedua logam dasar diatas lempengan penahannya.
- Diantara dua logam itu, berikan celah 4 mm.
- Berikan las ikat pada bagian belakang logam dengan penahannya dengan hati-hati jangan sampai merusak pengelasan bagian depan.
- Pastikan jika ada perubahan posisi hanya $\pm 3^\circ$.
- Letakkan kawat pengisi ke depan ujung api dari ,tip tungsten.
- Setelah meletakkan dengan panjang yang optimal, angkat sedikit kawat pengisi.
- Ulangi secara terus menerus untuk membuat lagi las-lasan sehingga terbentuk manik-manik las.
- Peletakan kawat pengisi pada sudut kira-kira 10° - 15° terhadap benda kerja.
- Matikan busur ketika sampai pada ujung akhir las.
- Nyalakan busur lagi dan tambahkan lagi kawat pengisi.

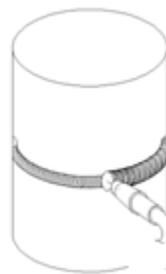
- p. Matikan busur.
 - q. Nyalakan busur lagi dan tambahkan lagi kawat pengisi secukupnya.
 - r. Ulangi lagi sampai tingginya las lasan sama dengan tinggi las-lasan sebelumnya
 - s. Periksa bentuk alur las dan keragamannya.
 - t. Periksa dan pastikan apakah lebar dan tinggi las-lasan optimal atau sudah memenuhi persyaratan.
 - u. Periksa apakah ada takik dan overlap pada hasil las.
 - v. Periksa apakah kawah las terisi penuh atau kurang dari yang dipersyaratkan.
2. Gambarkan ilustrasi posisi pengelasan sambungan tumpul pipa 1G las OAW!

Jawaban



3. Gambarkan ilustrasi posisi pengelasan sambungan tumpul 2G las kombinasi OAW dan OAW!

Jawaban



KEGIATAN PEMBELAJARAN 6

1. Jelaskan tiga macam inspeksi pengelasan!

Jawaban

Inspeksi sebelum pengelasan meliputi persiapan pinggiran yang akan dilas, ukuran strip, cincin atau logam pengisi penahan balik, dan kesetangkupan (*alignment*) dan penyetelan (*fit-up*) dari bagian -bagian yang akan dilas serta pembersihan.

Inspeksi selama pengelasan meliputi Logam pengisi, fluks atau gas pelindung, suhu pemanasan awal (*preheat*) dan suhu antar jalur (*interpass*), pembersihan, pemahatan penggerindaan atau penakukan (*gouging*), persiapan sambungan untuk pengelasan sisi kebalikannya, pengendalian distorsi, suhu dan waktu perlakuan panas pasca las.

Inspeksi setelah pengelasan meliputi pemenuhan persyaratan gambar, tampak rakitan las, adanya diskontinuitas struktural, tanda – tanda oleh karena kesalahan penanganan

2. Jelaskan perbedaan destruktif test dan non destruktif test?

Jawaban

Destruktif test merupakan salah satu cara menguji hasil lasan dengan cara merusak benda uji, misalkan dengan uji bending atau pukul takik. Sedangkan non destruktif test teknik pemeriksaan hasil las tanpa merusak benda uji, misalkan penetrant dan ultrasonic.

3. Jelaskan macam-macam cacat lasan!

Jawaban

- a. Overlap
- b. Excessive
- c. Undercut
- d. Underfill
- e. Porosity
- f. Incomplete fusion
- g. Cracking

4. Jelaskan cara memeriksa hasil lasan menggunakan cairan penetrant!

Jawaban

- a Bersihkan jalur las benda uji dari kotoran berupa karat dengan sikat baja dan kertas ampelas
- b Aplikasikan *cleaner/remover* pada jalur las benda uji
- c Bersihkan jalur las dengan lap bersih
- d Aplikasikan *penetrant* pada jalur las benda uji, diamkan dengan lamanya (*dwell time*) sesuai bahan biasanya antara 7-10 menit.
- e Bersihkan cairan penetrant dari jalur las menggunakan lap, jika perlu semprotkan *cleaner/remover* pada kain lap kemudian bersihkan kembali jalur las sehingga cairan jalur las bersih dari cairan *penetrant*
- f Aplikasikan developer pada jalur las, biarkan sampai cairan *penetrant* yang berada dalam celah crack timbul ke permukaan
- g Amati jalur las, perhatikan spot-psot berwarna sesuai dengan warna penetrant. Foto untuk dianalisis.



EVALUASI

A. PERTANYAAN

1. Sebutkan ciri-ciri untuk membedakan komponen dari perabot oksigen dan asetilen pada las oksidasi asetilen ?
2. Bagaimana cara melakukan pemeriksaan kebocoran pada sambungan komponen las oksidasi-asetilen ?
3. Uraikan terjadinya undercut pada pengelasan sambungan sudut las oksidasi-asetilen dan cara menghindarinya ?
4. Sebutkan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam persiapan pengelasan sambungan tumpul ?
5. Sebutkan metode yang dapat digunakan untuk melakukan pemeriksaan hasil las.

B. KUNCI JAWABAN EVALUASI

1. Perabot oksigen diberi warna hijau dan menggunakan jenis ulir kanan sedangkan perabot asetilen diberi warna merah dengan jenis ulir kiri dengan tanda groove pada baut.
2. Periksa semua sambungan dengan cairan air sabun, bila ada gelembung gas terjadi kebocoran maka kencangkan. Dilarang dalam pemeriksaan sambungan menggunakan oli atau gemuk karena akan menimbulkan bahaya kebakaran akibat bersenyawanya oksidasi-asetilen dengan gemuk.
3. Dalam pengelasan sambungan sudut sisi vertikal dari benda kerja yang disambung ketika dilakukan pemanasan akan cenderung turun dari jalur pengelasan akibat gaya berat / gravitasi. Untuk itu perlu diberikan waktu lebih lama bagi bahan tambah untuk mengisi pada saat pengelasan, atau dengan memberikan sudut brander yang tepat guna menghindari panas berlebih pada sisi vertikal.
4. Yang perlu diperhatikan dalam persiapan pengelasan sambungan tumpul adalah :

- a. Adanya gap atau celah akar
 - b. Adanya lubang kunci/keyhole guna mendapatkan penetrasi sehingga menghasilkan peleburan yang sempurna.
 - c. Gerakan dari brander berupa ayunan guna mendapatkan pemanasan yang merata pada seluruh jalur sambungan.
 - d. Sudut dari brander dan bahan tambah yang akan mempengaruhi proses pengelasan yang dilakukan.
5. Metode yang digunakan dalam pemeriksaan sambungan las :
- a. Metode tidak merusak (NDT) yaitu melakukan pengujian visual, radiografi, cairan penembus, ultrasonic dan magnetic
 - b. Metode merusak (DT) yaitu melakukan uji mekanik, metalografi dan uji analisis kimia.

C. KRITERIA KELULUSAN

Aspek	Skor (1-10)	Bobot	Nilai	Keterangan
Langkah kerja		4		Syarat lulus nilai minimal 70 dan skor setiap aspek minimal 7
Ketepatan kerja dan ketelitian		4		
Ketepatan waktu		2		
Nilai Akhir				

Kategori kelulusan:

- 70 – 79 : Memenuhi kriteria minimal. Dapat bekerja dengan bimbingan.
 80 – 89 : Memenuhi kriteria minimal. Dapat bekerja tanpa bimbingan.
 90 – 100 : Di atas kriteria minimal. Dapat bekerja tanpa bimbingan.



PENUTUP

Peserta diklat yang telah mencapai syarat kelulusan minimal dapat melanjutkan ke modul berikutnya. Sebaliknya, apabila peserta diklat dinyatakan tidak lulus, maka peserta diklat harus mengulang modul ini dan tidak diperkenankan untuk mengambil modul berikutnya.

Jika peserta diklat telah menempuh seluruh modul, maka peserta diklat berhak memperoleh sertifikat kompetensi mengelas tingkat lanjut dengan proses las oksasi-asetilen.



GLOSARIUM

Kata-kata yang perlu anda ketahui. Anda akan mempelajari istilah dan kata teknik pada saat anda mempelajari Teknik Pengelasan. Tambahkan kata kata baru pada daftar ini untuk membantu anda mengingatnya.

Trade Word	English	Bahasa Indonesia
Bauxite	The ore from which aluminum is made.	Bijih (ore) untuk pembuatan aluminum.
Burn back	Fusing of the wire electrode to the contact tip.	Fusing dari elektroda kawat ke ujung kontak.
Contact tip	A short tube fitted to a GMAW gun to pass electrical current to or from the wire.	Pipa pendek dipasangkan pada pistol GMAW untuk mengalirkan arus listrik ke atau dari kawat.
Classification	A means of identifying electrode wires and indicating physical and mechanical properties of the weld metal.	Pengidentifikasian kawat elektroda dan pengindikasian properti fisik dan mekanik dari logam las.
Cracking	A fracture in the weld or parent metal which could cause the component to fail.	Patahan pada logam las atau induk yang dapat menyebabkan kerusakan pada komponen.
Current	The movement or flow of electricity through a circuit.	Pergerakan atau aliran listrik melewati rangkaian.
Deposition rate	The weight of metal deposited in a unit of time.	Berat logam yang disimpan dalam suatu waktu tertentu.
Distortion	The change of shape in a metal as a result of restricted or uneven expansion and contraction.	Perubahan bentuk pada logam sebagai hasil dari ekspansi dan kontraksi yang terbatas atau tidak rata.

Flowmeter	A gas flow measuring device connected to the regulator to adjust operating flow rates.	Peralatan pengukur aliran gas yang dihubungkan pada regulator untuk mengatur kecepatan aliran pengoperasian.
Gun (GMAW)	Hand held device also known as a welding torch.	Peralatan yang dipegang pada tangan yang juga dikenal dengan nyala api/ las.
GMAW	Gas metal arc welding.	Pengelasan Gas Metal Arc.
HAZ (heat affected zone)	The zone of a weld adjacent to the fusion zone. This section of the metal is not melted during welding but is metallurgically changed by the heat of the welding.	Zona dari pengelasan yang berdekatan dengan zona peleburan. Bagian dari logam ini tidak mencair saat pengelasan tetapi secara metalurgi berubah karena panas dari pengelasan.
Shielding gas	Shielding gas consisting of argon or helium or a mixture of the two and does not support combustion.	Gas berpelindung yang terdiri dari argon atau helium atau campuran dari keduanya dan tidak mendukung pembakaran.
Lack of fusion	A lack of union or bonding between the weld and parent metal.	Kurangnya penyatuan/ persekutuan antara las (weld) dengan logam induk.
Lack of penetration	Failure of the weld deposit to fully fuse the root of the joint.	Kegagalan dari simpanan las untuk sepenuhnya melebur akar dari sambungan.
Lack of reinforcement	A depression or concavity in the weld face.	Depresi atau terjadi pencekungan pada muka las.
Liner	Supply conduit nylon liner	Saluran suplai penggaris

	that the aluminum wire electrode feeds through.	nilon dimana kawat elektroda aluminum memakamkan melewatinya.
Over roll	An overflow of molten weld metal onto the surface of unmelted parent metal.	Kelebihan aliran dari logam las molten terhadap permukaan logam induk yang tidak dapat dicairkan.
Porosity	A cluster of small rounded gas holes under 1.5 mm in diameter.	Pengelompokkan lubang gas bulat kecil dibawah diameter 1.5mm.
Procedure sheet	A sheet listing the details for control of all the stages of a welded structure.	Lembaran yang berisi daftar rincian pengontrolan semua tahapan dari struktur yang akan dilakukan pengelasan.
Rectifier	A power source developed to supply direct current (DC) for welding from an alternating (AC) mains power supply.	Sumber daya yang dibangkitkan untuk mensuplai arus searah untuk pengelasan dari suplai daya bolak balik.
Underbead cracking	Cracking in the heat affected zone of a weld.	Keretakan yang terjadi karena pengaruh panas Zona pengelasan.
Undercut	A channel or groove at the toe of a weld.	Saluran atau aluran pada ujung dari las.
Variables	The welding conditions controlled by the welding operator.	Kondisi pengelasan yang dikontrol oleh operator pengelasan.
Voltage	The electrical pressure in an electrical circuit.	Tekanan listrik pada rangkaian listrik.
Wire speed	A measure of the amount of wire (meters/min) fed into a	Pengukuran dari jumlah kawat (meter/ menit) yang

welding arc; also related to current control because increasing the wire feed speed will proportionally increase the current. dimakankan pada busar (arc) pengelasan, juga berhubungan dengan kontrol arus karena menaikkan kecepatan pemakanan kawat akan secara proporsional menaikkan arus.

