



Gunadi

# Teknik Bodi Otomotif

untuk  
Sekolah Menengah Kejuruan



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan  
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional

Gunadi

# TEKNIK BODI OTOMOTIF

## JILID 2

**SMK**



**Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan**  
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional  
Dilindungi Undang-undang

# TEKNIK BODI OTOMOTIF JILID 2

Untuk SMK

Penulis Utama : Gunadi

Ukuran Buku : 18,2 x 25,7 cm

GUN	GUNADI
t	Teknik Bodi Otomotif Jilid 2 untuk SMK /oleh Gunadi ---- Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008. ix. 183 hlm Daftar Pustaka : A1-A3 Glosarium : B1-B7 ISBN : 978-979-060-051-5 978-979-060-053-9

Diterbitkan oleh  
**Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan**  
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional  
Tahun 2008

## KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2008, telah melaksanakan penulisan pembelian hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui *website* bagi siswa SMK.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 12 tahun 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia.

Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional tersebut, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkannya *soft copy* ini akan lebih memudahkan bagi masyarakat untuk mengaksesnya sehingga peserta didik dan pendidik di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Selanjutnya, kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta,  
Direktur Pembinaan SMK

## Pengantar Penulis

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, karena hanya atas kehendak dan ridho-Nya maka Buku Teknik Bodi Otomotif yang dirancang untuk siswa SMK Program Keahlian Teknik Bodi Otomotif ini dapat terselesaikan. Buku ini disusun sesuai dengan kurikulum SMK 2004 yang menerapkan prinsip-prinsip pembelajaran berbasis kompetensi.

Kemajuan teknologi dibidang teknologi otomotif yang diiringi dengan meningkatnya perekonomian masyarakat menyebabkan jumlah kendaraan bertambah dengan cepat. Untuk melakukan perawatan dan perbaikan kendaraan diperlukan tenaga kerja yang kompeten di bidangnya. Di masa yang akan datang, tentunya peluang teknisi khususnya di bidang perbaikan bodi otomotif menjadi lebih terbuka dan luas dimasa yang akan datang.

Dengan mempelajari buku ini diharapkan dapat mewujudkan lulusan SMK Program Keahlian Teknik Bodi Otomotif menjadi tenaga kerja yang mandiri, mampu berwirausaha, mampu mengembangkan pelayanan sebagai teknisi bodi otomotif yang ada di dunia usaha dan dunia industri, dan mampu melakukan pekerjaan sebagai teknisi bodi otomotif yang profesional.

Buku ini terdiri dari pokok bahasan dasar-dasar bodi kendaraan, peralatan yang digunakan dalam perbaikan bodi kendaraan, teknik pengelasan, teknik perbaikan bodi, fiberglass, sampai dengan pengecatan. Dengan menguasai materi dalam buku ini, diharapkan akan membantu siswa menjadi tenaga kerja yang memiliki kompetensi di bidang bodi kendaraan untuk memasuki dunia kerja, atau sebagai bekal melanjutkan ke jenjang yang lebih tinggi lagi.

Penulis menyadari, dalam penyusunan buku Teknik Bodi Otomotif ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis dengan ikhlas bersedia menerima kritik dan saran demi lebih sempurnanya buku ini.

Akhirnya penulis menghaturkan terima kasih kepada semua pihak yang telah ikut membantu menyelesaikan buku ini, dan semoga buku ini bermanfaat.

Yogyakarta, Desember 2007

Penulis

# Daftar Isi

Pengantar Direktur Pembinaan SMK .....	i
Pengantar Penulis .....	ii
Daftar Isi .....	iii
Peta Kompetensi .....	viii
<b>JILID 1</b>	
<b>1. Pendahuluan .....</b>	<b>1</b>
1.1. Sejarah Bodi Kendaraan .....	2
1.2. Konstruksi Bodi Kendaraan .....	4
1.3. Desain Bodi Kendaraan.....	9
1.4. Mesin .....	13
1.5. Metode Sambungan .....	16
1.6. Metode Perbaikan Bodi .....	18
1.7. Pengecatan .....	19
<b>2. Keselamatan dan Keselamatan Kerja.....</b>	<b>22</b>
2.1. Sebab-sebab Kecelakaan Kerja .....	23
2.2. Bahaya Terjadinya Kebakaran .....	30
<b>3. Menggambar Teknik.....</b>	<b>40</b>
3.1. Peralatan gambar .....	40
3.2. Dasar Menggambar Teknik .....	46
3.3. Proyeksi.....	49
3.4. Ukuran .....	52
3.5. Toleransi.....	54
3.6. Simbol-simbol .....	55
<b>4. Alat-alat Ukur .....</b>	<b>57</b>
4.1. Penggaris (Mistar) .....	57
4.2. Penggaris Siku .....	59
4.3. Straightedge .....	60
4.4. Meter Pita .....	60
4.5. Busur derajat .....	61
4.6. Screw Pitch Gauge .....	62
4.7. Jangka sorong .....	62
4.8. <i>Dial indicator</i> .....	64
4.9. Spooling .....	66
4.10. Tram gauge .....	67
4.11. Wheel Balancer .....	67
4.12. Tyre gauge .....	69
4.13. <i>Tracking</i> .....	69
<b>5. Alat-alat Tangan.....</b>	<b>71</b>
5.1. Obeng.....	72

5.2. Kunci pas dan ring.....	74
5.3. Kunci Shock.....	75
5.4. Kunci hexagonal dan kunci bintang.....	79
5.5. Kunci Inggris.....	80
5.6. Kunci pipa.....	82
5.7. Kunci momen.....	82
5.8. Tang .....	84
5.9. Gunting dan pemotong plat .....	85
5.10. Palu .....	86
5.11. Dolly.....	90
5.12. Body spoon.....	92
5.13. Gergaji .....	92
5.14. Kikir.....	94
5.15. Pahat .....	95
5.16. Penitik.....	97
5.17. Penggores .....	97
5.18. Jangka penggores .....	98
5.19. Skrap .....	100
5.20. Ragum/ cekam .....	100
5.21. Sikat logam.....	102
5.22. Kape dempul .....	103
5.23. Tap dan snei.....	103
5.24. Bolt Ectractor .....	107
<b>6. Alat-alat Hidrolik .....</b>	<b>108</b>
6.1. Pengertian .....	109
6.2. Alat-alat Pengangkat .....	110
6.3. <i>Hydraulic Power Jack</i> .....	114
6.4. <i>Atachment</i> .....	117
6.5. Peralatan Tekan .....	120
6.6. Peralatan Tarik .....	121
6.7. <i>Body-Frame Straighteners</i> .....	123
6.8. <i>Anchor pots</i> .....	127
6.9. Keselamatan kerja dengan peralatan hidrolik .....	132
<b>JILID 2</b>	
<b>7. Las Oxyacetylene .....</b>	<b>133</b>
7.1. Teori Dasar Las Oxyacetylene .....	133
7.2. Acetylene.....	134
7.3. Oksigen .....	137
7.4. Api Oxyacetylene.....	137
7.5. Peralatan Las Oxyacetylene.....	141
7.6. Bahan tambah .....	162
7.7. Prosedur pengelasan dengan Oxyacetylene.....	162
7.8. Pemotongan dengan Oxyacetylene .....	180
<b>8. Las Busur Nyala Listrik.....</b>	<b>188</b>
8.1. Klasifikasi las busur nyala listrik .....	188

8.2. Prinsip las busur nyala listrik .....	189
8.3. Parameter pengelasan .....	192
8.4. Peralatan las busur nyala listrik .....	195
8.5. Perlengkapan mengelas .....	203
8.6. Prosedur pengelasan busur nyala listrik .....	206
<b>9. Teknik Pematrian .....</b>	<b>229</b>
9.1. Proses terjadinya ikatan patri .....	232
9.2. Prosedur dan aturan dasar pematrian .....	234
9.3. Klasifikasi pematrian secara umum .....	244
9.4. Peralatan pematrian .....	250
9.5. Pematrian lunak pada logam berat .....	252
9.6. Pematrian Keras pada logam berat .....	253
9.7. Aplikasi Sambungan Pematrian pada beberapa Konstruksi .....	260
9.8. Keselamatan Kerja .....	266
<b>10. Metode Sambungan .....</b>	<b>268</b>
10.1. Rivets (keling) .....	268
10.2. Sekrup (screw) .....	275
10.3. Baut dan mur .....	277
10.4. <i>Push-On clip</i> .....	299
10.5. Perekat/Adhesive .....	306
<b>JILID 3</b>	
<b>11. Abrasive dan Peralatan .....</b>	<b>315</b>
11.1. Material abrasive .....	315
11.2. Peralatan abrasive .....	318
11.3. Peralatan Pendukung .....	325
11.4. Keselamatan Kerja dan Prosedur menggerinda .....	331
<b>12. Fiberglass .....</b>	<b>334</b>
12.1. Bahan pembuat fiberglass .....	336
12.2. Peralatan Fiberglass .....	339
12.3. Pembuatan fiberglass .....	340
12.4. Perbaikan bodi fiberglass .....	343
12.5. Keselamatan kerja .....	344
<b>13. Komponen Bodi Kendaraan .....</b>	<b>345</b>
13.1. Konstruksi Luar .....	345
13.2. Konstruksi Dalam .....	346
13.3. Lantai .....	347
13.4. Engine hood .....	348
13.5. Fender .....	352
13.6. Cowl dan Dash Panel .....	354
13.7. Atap Kendaraan .....	354
13.8. Bodi Belakang .....	356

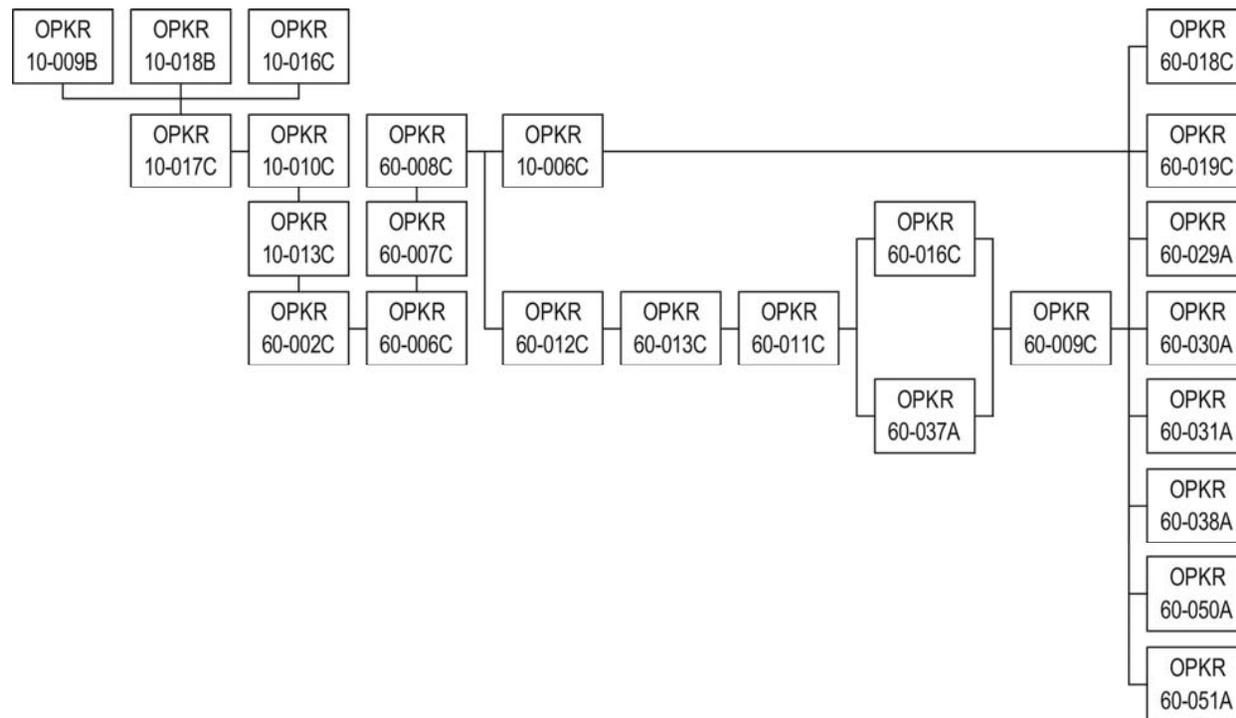
13.9. Pillar Tengah .....	356
13.10. Pintu Kendaraan .....	357
13.11. Deck Lid.....	361
13.12. Bumper .....	363
13.13. Kaca Kendaraan .....	364
13.14. Plafon Kendaraan .....	365
13.15. Tempat Duduk .....	368
13.16. Dashboard Kendaraan.....	370
13.17. Grill dan Moulding.....	372
<b>14. Kaca Kendaraan .....</b>	<b>373</b>
14.1. Peralatan, perawatan dan perbaikan kaca .....	374
14.2. Adhesive (perekat) .....	376
14.3. <i>Windshield</i> .....	380
14.4. Kaca Belakang .....	386
14.5. Kaca samping.....	389
<b>15. Teknik Perbaikan Bodi .....</b>	<b>392</b>
15.1. Tegangan dan Ragangan.....	394
15.2. Teknik vacuum <i>cup</i> .....	399
15.3. Teknik Batang Penarik dengan <i>sliding hammer</i> .....	400
15.4. Teknik Perbaikan dengan alat hidrolik.....	402
15.5. Teknik batang pengungkit ( <i>pry bar</i> ).....	403
15.6. Teknik On-Dolly Hammering .....	403
15.7. Teknik Off-Dolly Hammering .....	406
15.8. Teknik Pengikiran .....	406
15.9. Teknik <i>Hot Shrinking</i> .....	407
15.10. Teknik Pemotongan bodi .....	408
<b>16. Kelistrikan Bodi .....</b>	<b>410</b>
16.1. Baterai .....	410
16.2. Jaringan Kabel.....	412
16.3. Kawat dan kabel .....	412
16.4. Komponen Pelindung .....	413
16.5. Komponen Penghubung.....	413
16.6. Baut massa.....	415
16.7. Sambungan ( <i>connector</i> ).....	416
16.8. Pengaman sirkuit.....	417
16.9. Switch dan relay .....	419
16.10. Wiring Diagram .....	421
16.11. Sistem Penerangan .....	422
16.12. Wiper dan Washer .....	430
16.13. Meter kombinasi.....	435
16.14. Air Conditioner (AC).....	439
<b>17. Peralatan Pengecatan .....</b>	<b>442</b>

17.1. Kompresor Udara .....	442
17.2. <i>Air Transformer/Regulator</i> .....	444
17.3. Selang Udara.....	445
17.4. Ruang Cat ( <i>Spray Booths</i> ) .....	446
17.5. Ruang Pemanas ( <i>Oven</i> ).....	448
17.6. <i>Spray Gun</i> .....	449
17.7. <i>Air brush pen kit</i> .....	459
17.8. Blok Tangan .....	459
17.9. <i>Sander</i> .....	460
17.10. Pengaduk/ <i>Paddle</i> .....	461
17.11. <i>Spatula (Kape)</i> .....	461
17.12. Pistol Udara .....	462
17.13. Papan Pencampur .....	462
17.14. Kertas Masking .....	462
17.15. Masker Pernafasan.....	463
<b>18. Bahan-bahan Pengecatan.....</b>	<b>464</b>
18.1. <i>Refinishing</i> Material .....	464
18.2. Cat .....	468
18.3. Masking .....	471
<b>19. Proses Pengecatan .....</b>	<b>476</b>
19.1. Persiapan Permukaan .....	476
19.2. Aplikasi Dempul .....	477
19.3. Pengamplasan.....	477
19.4. Prosedur Masking.....	478
19.5. Pengoperasian <i>Spraygun</i> .....	489
19.6. Pengecatan Akhir .....	494
19.7. Spot Repainting .....	497
19.8. Membersihkan <i>spraygun</i> .....	497
19.9. Pengkilapan dan pemolesan .....	498
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>A1-A3</b>
<b>Glosarium .....</b>	<b>B1-B7</b>
<b>Daftar Tabel .....</b>	<b>C1-C15</b>

## Teknik Bodi Otomotif

### DIAGRAM PENCAPAIAN KOMPETENSI

Diagram ini menunjukkan tahapan atau tata urutan kompetensi yang diajarkan dan dilatihkan kepada peserta didik dalam kurun waktu yang dibutuhkan serta kemungkinan multi exit-multi entry yang dapat diterapkan.



## Teknik Bodi Otomotif

### KETERANGAN

OPKR 10-009B	Pembacaan dan pemahaman gambar teknik
OPKR-10-018B	Kontribusi komunikasi di tempat kerja
OPKR 10-016C	Mengikuti Prosedur Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan.
OPKR 10-017C	Penggunaan dan Pemeliharaan Peralatan dan Perlengkapan Tempat Kerja.
OPKR 10-010C	Penggunaan dan Pemeliharaan Alat Ukur.
OPKR 10-013C	Pelaksanaan pemeriksaan keamanan/kelayakan kendaraan
OPKR 10-006C	Melaksanakan prosedur pengelasan, pematrian, pemotongan dengan panas dan pemanasan
OPKR 60-002C	Melaksanakan pekerjaan sebelum perbaikan
OPKR 60-006C	Melepas, menyimpan dan mengganti/memasang panel-panel bodi kendaraan, bagian-bagian panel dan perangkat tambahannya
OPKR 60-012C	Mempersiapkan permukaan untuk pengecatan ulang
OPKR 60-007C	Melepas dan mengganti/mengepas pelindung moulding, transfer/gambar-gambar hiasan, stiker dan decal/lis, spoiler
OPKR 60-008C	Melepas dan mengganti rangkaian/listrik/unit elektronik
OPKR 60-013C	Mempersiapkan bahan dan peralatan pengecatan
OPKR 60-011C	Melaksanakan prosedur masking
OPKR 60-009C	Memasang perapat komponen kendaraan
OPKR 60-016C	Mempersiapkan komponen kendaraan untuk perbaikan pengecatan kecil
OPKR 60-037A	Mempersiapkan dan mengecat komponen-komponen plastik
OPKR 60-018C	Pelaksanaan pengkilatan dan pemolesan
OPKR 60-019C	Memilih dan menggunakan hiasan/trim berperekat
OPKR 60-029A	Membuat (fabrikasi) komponen fiberglas/bahan komposit
OPKR 60-030A	Memperbaiki komponen fiberglas/bahan komposit
OPKR 60-031A	Memperbaiki komponen bodi menggunakan dempul timah (lead wiping)
OPKR 60-038A	Melaksanakan pemasangan anti karat dan peredam suara
OPKR 60-050A	Membersihkan permukaan kaca
OPKR 60-051A	Melakukan pembersihan setempat permukaan luar/dalam



Istilah “las” diartikan sebagai proses menyambung logam atau paduan logam dalam keadaan lumer atau cair. Untuk melumerkan/ mencairkan bagian logam atau paduan logam yang akan disambung tersebut dengan menggunakan panas. Dengan demikian, mengelas merupakan kegiatan untuk menyatukan dua bagian logam atau lebih, dengan menggunakan energi panas agar dihasilkan ikatan *metallurgi* pada bagian sambungan tersebut.

### 7.1. Teori dasar las *oxy-acetylene*

Las *oxy-acetylene* adalah semua proses pengelasan yang menggunakan campuran oksigen dan bahan bakar gas *acetylene* untuk membuat api sebagai sumber panas untuk mencairkan benda kerja. Oksigen dan *acetylene* dicampur dalam suatu alat dengan komposisi tertentu sehingga api yang dihasilkan dapat mencapai suhu maksimum. Api tersebut berada pada moncong alat pembakar sehingga dapat diarahkan secara efektif ke arah bagian benda kerja yang akan disambung. Hanya sebagian kecil (bagian ujung) benda kerja yang mencair dan menyatu sehingga setelah membeku membentuk suatu sambungan yang kuat, dapat menyamai kekuatan benda tersebut.



Gambar 7.1. Pekerjaan mengelas dengan *oxy-acetylene*

Keuntungan las ini dibanding proses yang lain adalah benda kerja dapat dipanaskan, dicairkan, disambung, dimuaikan ataupun dilunakkan

## Teknik Bodi Otomotif

dengan pemanasan *oxy-acetylene*. Pengelas dapat mengontrol dengan mudah panas yang masuk ke benda kerja, keenceran cairan logam, besar kawah yang terbentuk dan volume endapan lasan karena bahan tambah terpisah dengan sumber panas. Las *oxy-acetylene* juga sesuai untuk mengelas benda kerja tipis dan pekerjaan reparasi.

Ditinjau dari segi biaya awal dan operasional, las *oxy-acetylene* sangat murah. Disamping itu, peralatan yang murah tersebut dapat juga dipakai untuk keperluan yang lain seperti *brazing*, *soldering*, pemanasan awal, pemanasan akhir proses pengelasan lain, dan memanasi pipa yang akan dibengkok serta keperluan lainnya. Volume peralatan yang relatif kecil dan *portabel* memungkinkan dibawa ke lapangan dan tidak tergantung keberadaan sumber energi yang lain. Keterbatasannya adalah tidak ekonomis untuk benda kerja yang tebal dan besar serta kurang sesuai untuk bahan benda kerja yang reaktif terhadap gas *acetylene* maupun yang dihasilkan dari proses pembakaran.

### 7.2. Acetylene

*Acetylene* adalah gas tidak berwarna dengan komposisi unsur hidrogen (7,7%) dan karbon (92,3%). Gas ini termasuk salah satu dari kelompok zat yang hanya mengandung unsur hidrogen ( $H_2$ ) dan karbon (C). *Acetylene* harus diperlakukan secara hati-hati karena termasuk gas yang mudah meledak bila bercampur dengan udara atau disimpan dalam tabung dengan tekanan lebih dari 15 psi ( $1,05 \text{ kg/cm}^2$ ). Pada tekanan 28 psi ( $1,97 \text{ kg/cm}^2$ ) *acetylene* akan terurai menjadi karbon dan hidrogen. Kondisi ini sangat sangat sensitif terhadap guncangan atau kejutan yang kecil sekalipun yang mengenai tabung, apalagi terdapat bunga api. Maka *acetylene* tidak boleh disimpan pada tekanan lebih dari  $1,05 \text{ kg/cm}^2$ .

Gas *acetylene* sangat berbau (berbau tajam) bila bertemu dengan udara. Bau inilah yang dipakai sebagai tanda adanya *acetylene* di sekitar kita. Oleh karena itu harap waspada dan sensitif terhadap tanda adanya *acetylene* untuk menghindari bahaya kebakaran. Ingat, *acetylene* adalah gas yang sangat mudah terbakar.

Api *acetylene* menghasilkan panas cukup tinggi. Pada kondisi tertentu *acetylene* juga mudah meledak bila membentuk ikatan dengan tembaga, perak dan *mercury*. Oleh karena itu *acetylene* hendaknya dijauhkan dari adanya konsentrasi unsur tersebut.

Beberapa aspek terkait bahan bakar gas untuk mengelas, yaitu :  
(a) suhu api yang dihasilkan, (b) kecepatan pembakaran, (c) intensitas panas pembakaran, dan (d) gas hasil reaksinya dengan oksigen (gas hasil pembakaran).

### Suhu api yang dihasilkan

Suhu api yang dihasilkan adalah sifat fisis yang ditentukan oleh perbandingan bahan bakar dan oksigen disamping panas kalor yang dimiliki bahan bakar tersebut. Dalam pengelasan suhu api yang dibutuhkan adalah api netral. Suhu yang lebih tinggi sebenarnya dapat diperoleh melalui api *carburizing* maupun *oxidizing*. Namun api *carburizing* maupun *oxidizing* biasanya tidak dikehendaki karena gas hasil reaksinya dengan oksigen (gas hasil pembakaran) dapat mempengaruhi kualitas lasan.

### Kecepatan Pembakaran

Kecepatan pembakaran merupakan sifat yang dimiliki gas dan menentukan panas yang dihasilkan. Pada proses pengelasan, kecepatan panas sangat berpengaruh terhadap pemanasan benda kerja.

Kecepatan pembakaran adalah perpindahan api dari ujung pembakar ke permukaan benda kerja melewati gas yang belum terbakar dan tidak menimbulkan nyala balik. Kecepatan pembakaran sangat dipengaruhi oleh proporsi campuran bahan bakar dengan oksigen sebagai zat pembakar.

### Intensitas Pembakaran

Suhu api dan nilai kalor telah digunakan sebagai kriteria bahan bakar namun sebenarnya belum menggambarkan panas yang sebenarnya. Intensitas pembakaran memperhitungkan kedua aspek tersebut tetapi masih ditambah besarnya volume api yang keluar dari pembakar.

Intensitas pembakaran akan maksimum bila kecepatan pembakaran dan nilai kalor maksimum. Intensitas pembakaran ini terjadi pada reaksi primer maupun sekunder.

Intensitas pembakaran primer berada pada dekat moncong brander dan merupakan api inti yang diarahkan pada benda kerja. Api inti merupakan sumber utama panas pengelasan, sedangkan pembakaran sekunder merupakan pemanasan awal daerah las berikutnya.

Berdasarkan uraian di atas dapat diketahui bahwa *acetylene* merupakan bahan bakar yang paling baik untuk las gas. Suhu api yang dihasilkan relatif tinggi, pembakaran berlangsung relatif cepat dengan intensitas cukup tinggi dan hasil reaksinya dengan oksigen (gas hasil

## Teknik Bodi Otomotif

pembakaran) adalah karbon dioksida dan zat air, yang merupakan gas atau zat yang tidak berbahaya bagi pengelas dan juga tidak reaktif terhadap benda kerja. Beberapa gas lain yang telah disebut di atas secara prinsip dapat dipakai sebagai bahan bakar las gas, namun panasnya lebih rendah dari *acetylene* sehingga lebih sesuai digunakan untuk pemanasan awal, akhir ataupun pemotong *Oxy-gas*; namun gas-gas tersebut belakangan ini sudah sangat jarang digunakan.

### Produksi *Acetylene*

*Acetylene* diproduksi dengan cara mereaksikan bahan baku *calcium carbide* dengan air. Alat yang digunakan untuk memproduksi *acetylene* adalah generator *acetylene*.

Proses kerja generator relatif sederhana, yaitu mempertemukan *calcium carbide* dengan air secara proporsional sesuai dengan kebutuhan gas *acetylene*. Pertemuan air dengan *calcium carbide* segera diikuti reaksi yang menghasilkan gas *acetylene* yang ditampung dalam generator sebelum dipakai.

Generator-generator portabel biasanya digunakan untuk memproduksi *acetylene* dengan kapasitas kecil dan dapat dipakai langsung untuk melayani satu atau dua pembakar. Untuk memproduksi *acetylene* secara besar yang ditampung dengan tekanan tinggi dan didistribusikan dalam tabung, diperlukan generator tekanan tinggi berkapasitas besar yang *stationer* (menetap) seperti gambar di bawah ini. Prinsip kerjanya secara garis besar tidak jauh berbeda dengan generator portabel.



Gambar 7.2. Generator untuk Memproduksi Gas *Acetylene* dalam Tabung

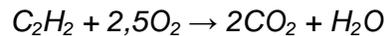
### 7.3. Oksigen

Oksigen diperlukan untuk setiap proses pembakaran, termasuk juga pada las *oxy-acetylene*. Oksigen murni digunakan agar pembakaran berlangsung cepat, sempurna dan gas yang dihasilkan lebih terkontrol sehingga tidak mempengaruhi kualitas lasan. Pembakaran yang cepat dan sempurna akan menghasilkan suhu maksimum sehingga pengelasan berlangsung cepat. Unsur-unsur dalam udara tersebut dipisahkan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Misal udara mendidih pada suhu 182,77°C. Udara yang sudah dipisahkan disimpan pada suhu 195,55°C.

Pemisahan udara tidak saja menghasilkan oksigen, tetapi juga beberapa gas lain yang diperlukan pada proses pengelasan lain yaitu : karbon dioksida, *argon*, dan *helium*. Gas tersebut dipakai untuk gas pelindung pada las busur elektroda tidak terbungkus.

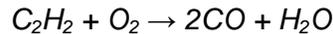
### 7.4. Api *Oxy-acetylene*

Komponen utama las *Oxy-acetylene* adalah api *Oxy-acetylene* sehingga las ini sering disebut las api. Kualitas api sangat berpengaruh terhadap lasan. Secara teoritis, pembakaran sempurna *acetylene* berlangsung menurut reaksi kimia sebagai berikut.



Berdasarkan persamaan reaksi di atas diketahui bahwa 1 volume *acetylene* memerlukan 2,5 volume oksigen dan dari pembakaran dihasilkan 2 volume karbon dioksida dan 1 volume zat air (uap air).

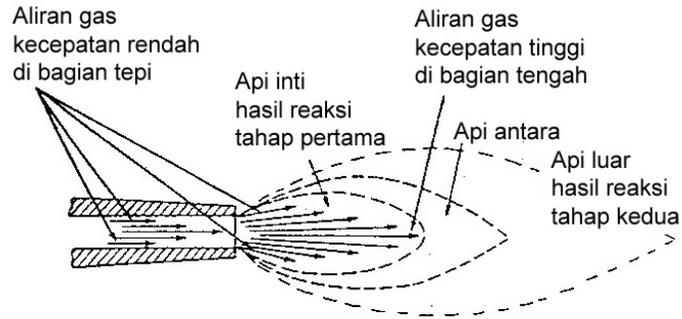
Dalam kenyataan reaksi tersebut tidak berlangsung sekali tetapi terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama (reaksi primer), terjadi nyala inti dengan persamaan reaksi sebagai berikut.



Berdasar persamaan tersebut diketahui bahwa 1 volume *acetylene* memerlukan hanya 1 volume oksigen. Oksigen ini diperoleh dari tabung oksigen.

Hasil reaksi primer adalah 2 volume karbonmonoksida dan 1 volume hidrogen serta panas sebesar 19 MJ/m<sup>3</sup> (507 Btu/ft<sup>3</sup>). Panas tersebut diperoleh dari penguraian *acetylene* dan oksidasi karbon yang berasal dari *acetylene* yang terurai.

## Teknik Bodi Otomotif



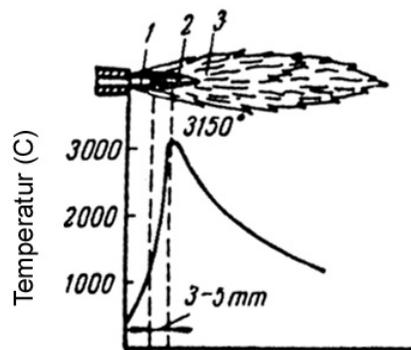
Gambar 7.3. Proses terbentuknya nyala *oxy-acetylene*

Nyala inti tersebut relatif kecil, bersinar terang berwarna kebiru-biruan. Nyala inilah yang menghasilkan panas cukup tinggi yang diperlukan untuk pengelasan. Jika semua karbon yang terurai pada tahap pertama habis terbakar, kondisi itu dinyatakan api netral. Tidak ada unsur karbon yang lepas dan bereaksi dengan benda kerja.

Reaksi tahap kedua terjadi di luar kelopak nyala inti. Pada tahap kedua ini karbonmonoksida dan hidrogen hasil reaksi tahap pertama terbakar oleh oksigen dari udara bebas menghasilkan karbon dioksida dan uap air seperti persamaan di bawah ini.



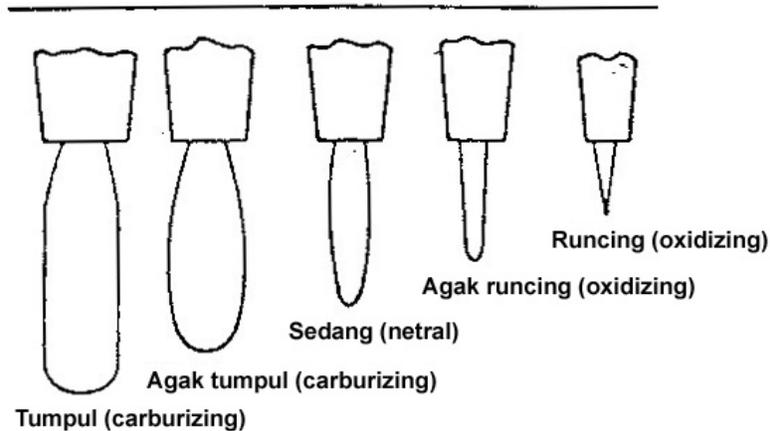
Panas yang dihasilkan dari reaksi kedua ini sebenarnya lebih besar dari tahap pertama yaitu  $36 \text{ MJ/m}^3$  ( $963 \text{ Btu/ft}^3$ ), namun karena kecepatan pembakaran rendah dan volumenya besar sehingga suhunya lebih rendah dibanding suhu nyala inti. Sebaliknya, nyala inti kecil tetapi kecepatan pembakaran jauh lebih tinggi disebabkan suplay oksigen murni dari tabung yang bertekanan, sehingga suhu lebih tinggi.



Daerah Nyala Kerucut Dalam

Gambar 7.4. Temperatur nyala api *oxy-acetylene*

Nyala api *Oxy-acetylene* dapat dikontrol dengan mudah memakai katup yang ada pada pembakar. Perubahan proporsi campuran oksigen dan *acetylene* yang mengalir ke ujung pembakar akan mengubah karakteristik kimiawi nyala inti yang akan mempengaruhi pencairan dan komposisi benda kerja. Berbagai kualitas api dapat diperoleh dengan mengubah besar-kecilnya pembukaan katup pada pembakar.



Gambar 7.5. Berbagai Bentuk Nyala Inti dan Karakteristiknya.

Berbagai macam api yang diperoleh dari berbagai proporsi campuran oksigen-*acetylene* tersebut secara garis besar dapat dibedakan menjadi tiga karakteristik, yaitu : (a) api *carburizing*, (b) api *oxidizing*, dan (c) api netral.

### Api *Carburizing*

Api *carburizing* dihasilkan oleh campuran yang terlalu banyak *acetylene* atau kekurangan oksigen sehingga unsur karbon yang terurai pada tahap reaksi pertama tidak habis terbakar. Sebagai akibatnya sebagian unsur karbon tersebut akan masuk ke cairan benda kerja. Setelah dingin benda kerja menjadi lebih keras dari semula. Kemungkinan lain, lasan retak sewaktu membeku karena tingginya unsur C.

Api *carburizing* cocok untuk mengelas baja lunak kadar karbon rendah, untuk mengelas permukaan, membrasing, menyoldir dan las aluminium.

Ciri-ciri api *carburizing* dapat dikenali dari bentuk, dimensi dan warnanya. Pada api *carburizing*, ujung api inti tumpul. Api *carburizing* mempunyai api *acetylene* dan lidah api (api luar) yang semakin panjang dan berjelaga bila proporsi *acetylene* semakin besar.

## Teknik Bodi Otomotif

### **Api Oxidizing**

Api ini merupakan kebalikan dari api *carburizing*. Api *oxidizing* dihasilkan oleh campuran yang terlalu banyak oksigen atau kekurangan *acetylene*.

Sebagian oksigen murni yang berasal dari tabung tidak terserap oleh reaksi tahap pertama. Oksigen murni yang tidak terikat ini akan bereaksi dengan benda kerja, misal membakar sebagian unsur C dari benda kerja sehingga benda kerja akan semakin lunak. Oksigen bebas juga dapat masuk ke dalam kawah lasan sehingga menimbulkan keropos atau oksidasi.

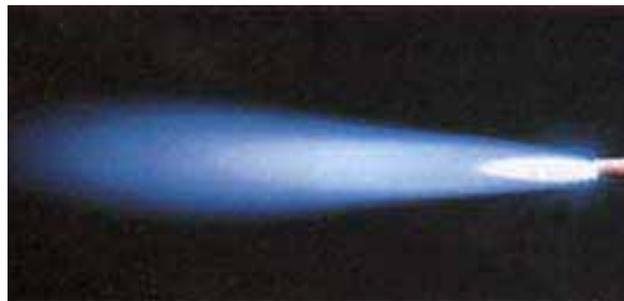
Ciri-ciri api *oxidizing* adalah api inti berbentuk runcing dan pendek. Api *acetylene* hampir tidak terlihat, dan lidah apinya pendek. Api *oxidizing* mengeluarkan suara gemerisik (mendesis). Api *oxidizing* cocok digunakan untuk pengerjaan pemotongan logam.

### **Api Netral**

Api netral dihasilkan oleh campuran seimbang, 1 : 1 antara oksigen dan *acetylene* seperti yang dibutuhkan pada reaksi tahap pertama. Semua unsur C yang terurai pada tahap pertama habis terbakar oleh oksigen pada tahap pertama, tetapi juga tidak ada oksigen yang bebas.

Api netral tidak mempunyai api *acetylene*, tidak berjelaga, tidak berdesis tetapi ujungnya tidak runcing. Bila diperhatikan secara seksama (memakai kacamata las), terlihat sedikit kelopak di sekitar api inti.

Api netral merupakan api yang diharapkan untuk digunakan mengelas hampir semua jenis bahan logam, kecuali yang telah disebut pada api *carburizing* dan *oxidizing*, serta bahan tertentu yang sensitif terhadap gas *acetylene* atau gas hasil reaksinya dengan oksigen, misalnya titanium. Hal ini disebabkan api netral tidak akan menambah ataupun mengurangi unsur C atau unsur lain ke dalam benda kerja.



Gambar 7.6. Api Carburizing



Gambar 7.7. Api *Oxidizing*



Gambar 7.8. Api Netral

### 7.5. Peralatan Las *Oxyacetylene*

#### a. Generator

Generator *acetylene* digunakan untuk memproduksi gas *acetylene* dengan bahan baku *calcium carbide* yang direaksikan dengan air. Pemakaian generator untuk memproduksi *acetylene* dapat menekan biaya operasional dibandingkan dengan memakai *acetylene* dalam tabung.

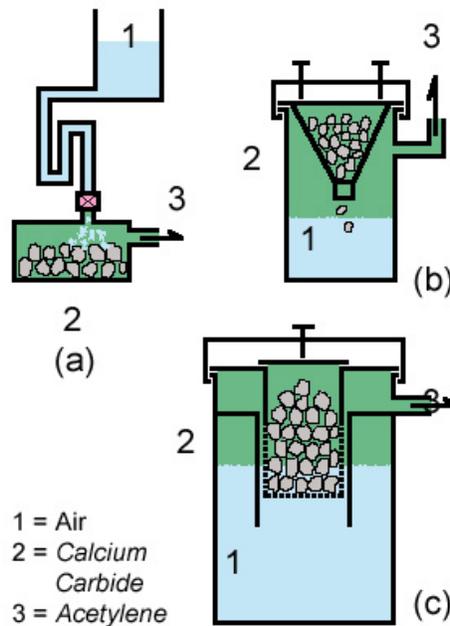
Keterbatasan yang dijumpai adalah tekanan *acetylene* yang lebih labil dibandingkan menggunakan tabung. Disamping itu memerlukan operator dan waktu tersendiri untuk mengoperasikannya. Biaya operasional menjadi tidak jauh berbeda bila operator kurang memperhatikan volume bahan baku yang dimasukkan ke dalam generator dengan volume pekerjaan yang akan dilaksanakan pada hari yang sama karena dianjurkan tidak meninggalkan generator yang berisi dalam waktu lama, misal semalam.

## Teknik Bodi Otomotif

Ditinjau dari segi keselamatan kerja, pemakaian generator memerlukan perlakuan yang lebih hati-hati daripada *acetylene* dalam tabung. Walaupun begitu, generator *acetylene* masih banyak dipakai di negara berkembang seperti Indonesia karena alasan distribusi *acetylene* tabung masih belum lancar dan merata, khususnya untuk daerah yang jauh dari industri *acetylene* atau daerah terpencil yang sarana transportasinya masih terbatas.

Proses kerja generator relatif sederhana, yaitu mempertemukan *calcium carbide* dengan air secara proporsional sesuai dengan kebutuhan gas *acetylene*. Pertemuan air dengan *calcium carbide* segera diikuti reaksi yang menghasilkan gas *acetylene* yang ditampung dalam generator sebelum dipakai.

Ditinjau dari sistem bertemunya air dengan *calcium carbide*, generator dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu : (a) sistem air menetes, (b) sistem desak atau cebur (*calcium carbide* dijatuhkan ke dalam air sedikit demi sedikit), dan (c) sistem *calcium carbide* dicelupkan.



Gambar 7.9. Ilustrasi pembuatan *acetylene*

### b. Tabung Acetylene

Pemakaian generator untuk memproduksi sendiri gas *acetylene* yang digunakan untuk mengelas memang lebih murah dibanding membeli gas *acetylene* yang sudah siap dipakai dan disimpan dalam tabung.

Namun kekurangan memproduksi gas sendiri adalah tekanan gas yang kurang stabil.



Gambar 7.10. Tabung *Acetylene*

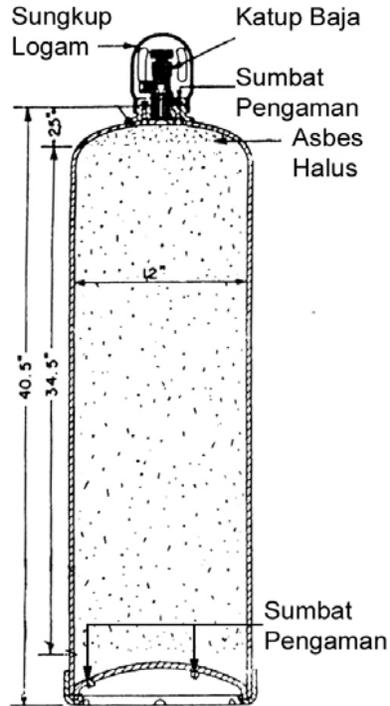
Oleh karena itu *acetylene* diproduksi di pabrik *acetylene* dan dikemas dalam tabung agar mudah dibawa kemana saja. *Acetylene* disimpan dalam tekanan tinggi sehingga dapat digunakan cukup lama dengan tekanan kerja yang relatif stabil. Untuk memenuhi peraturan keselamatan kerja dan memudahkan transportasi maka terdapat beberapa ketentuan tentang tabung *acetylene*.

### c. Tabung Oksigen

Ditinjau dari zatnya, oksigen tidak berbahaya, namun karena oksigen disimpan pada tekanan relatif tinggi, maka tabung oksigen harus memenuhi beberapa ketentuan yang ada. Sebagai zat pembakar, oksigen bertekanan tinggi akan sangat mudah bereaksi dengan minyak, oli ataupun *grease*. Oleh karena itu peralatan perlengkapan tabung oksigen tidak boleh dilumasi. Sambungan-sambungan berulir yang sering dilepas terbuat dari bahan-bahan yang tidak berkarat, seperti kuningan sehingga tidak perlu pelumasan.

Ditinjau dari massanya, bila jatuh atau terbanting dapat membahayakan seseorang yang berada disekitarnya. Ditinjau dari besar tekanan maksimum yang ada, bila tabung jatuh dan menimpa benda keras lain maka tabung akan retak atau pecah. Pada keadaan terisi dengan tekanan penuh ( $150 \text{ kg/cm}^2$ ), maka retakan atau pecahnya tabung akan diikuti ledakan keras yang sangat berbahaya, menyerupai bom.

## Teknik Bodi Otomotif

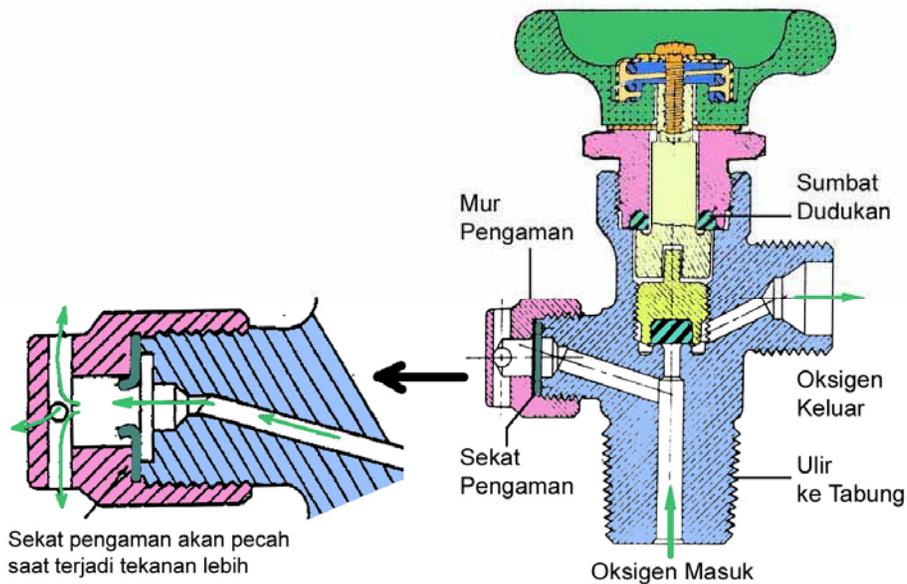


Gambar 7.11. Penampang tabung *acetylene*

Oleh karena itu kesalahan penanganan tabung oksigen berisi penuh dapat membahayakan jiwa personil yang berada di sekitarnya. Kerusakan fisik lain seperti bangunan dan peralatan yang ada juga tidak kecil harganya. Penanganan tabung gas (oksigen maupun *acetylene*) adalah: (a) menempatkan tabung pada dudukan yang kuat, ikatlah menggunakan tali yang kuat; (b) jauhkan dari sumber panas yang dapat menaikkan tekanan hingga melampaui tekanan ijin maksimum tabung; dan (c) menyimpan tabung pada ruang terbuka atau berventilasi cukup dan terpisah dari bahan bakar.

Untuk mengurangi kemungkinan timbulnya ledakan, maka pada saluran keluar oksigen dilengkapi dengan katup bahaya. Pada saat terjadi kelebihan tekanan karena terkena panas atau sebab lain, maka katup bahaya akan pecah namun tidak membahayakan. Setelah katup bahaya pecah, tekanan dalam tabung akan segera turun sehingga terhindar dari bahaya ledakan.

Katup bahaya terbuat dari bahan kuningan atau bahan sejenis yang lebih lemah dari body tabung. Karena bagian katup tersebut merupakan bagian pengaman yang lemah, maka pada saat tidak dipakai katup pengaman tersebut harus ditutupi dengan tutup baja yang tersedia.

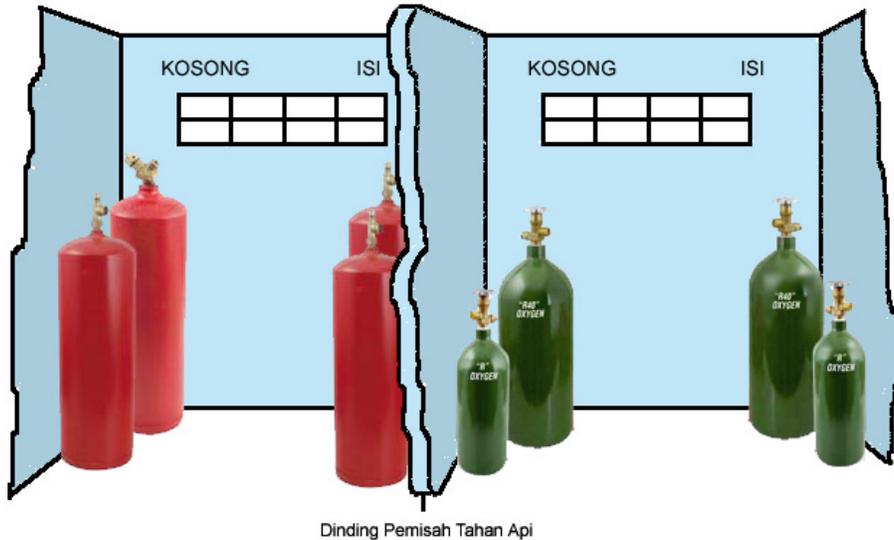


Gambar 7.12. Katup Tabung Oksigen

Katup tabung dilengkapi dengan perapat dan katup bahaya. Katup tabung sebenarnya merupakan kran biasa yang dilengkapi perapat untuk menghindari kebocoran oksigen. Oleh karena itu bila membuka katup tabung, bukalah sampai penuh sehingga perapat tertekan. Bila tidak dibuka penuh justru akan terjadi kebocoran karena perapat belum berfungsi.

Untuk menghindari terjadinya bahaya kebakaran karena adanya kebocoran oksigen (katup bahaya pecah atau katup kerja kurang rapat menutup dan sebagainya) yang mungkin bersamaan dengan terjadinya kebocoran bahan bakar, maka dianjurkan untuk memisahkan ruang penyimpanan tabung oksigen dan tabung bahan bakar. Ruang penyimpanan dibatasi oleh dinding tahan api untuk menekan timbulnya bahaya kebakaran besar.

Lebih dari itu, tabung kosong dipisahkan dari tabung yang masih berisi sehingga mengurangi kemungkinan keliru mengambil. Ilustrasi penyimpanan tabung yang aman dapat dicermati pada gambar di bawah ini.



Gambar 7.13. Penyimpanan Tabung *Acetylene* dan Tabung Oksigen

### d. Regulator

Untuk memperoleh api netral yang diharapkan sepanjang pengelasan, diperlukan proporsi campuran oksigen-*acetylene* yang tertentu dan tetap. Seperti telah dijelaskan dimuka bahwa oksigen dan *acetylene* yang digunakan untuk mengelas berasal dari dua sumber yang berbeda tekanannya. Keduanya berasal dari suatu tabung yang akan mengalami penurunan tekanan akibat pemakaian. Dengan kata lain tekanan tabung akan semakin menurun selama pengelasan sampai akhirnya gas dalam tabung habis (tekanan dalam tabung sama dengan tekanan udara bebas).

Berdasarkan adanya perbedaan tekanan yang diharapkan dan tekanan yang tersedia tersebut maka diperlukan sebuah alat yang disebut regulator. Regulator pada las *Oxy-acetylene* merupakan suatu peralatan mekanis yang digunakan untuk mengatur tekanan gas (besarnya tekanan tertentu dan dapat diatur), agar besarnya tekanan relatif tetap selama pengelasan berlangsung, walaupun tekanan dalam tabung terus menurun karena pemakaian.

Tekanan *acetylene* berbeda dengan tekanan oksigen sehingga pada las *oxyacetylene* diperlukan dua buah regulator, yaitu regulator *acetylene* dan regulator oksigen. Secara prinsip kerja regulator untuk *acetylene* maupun oksigen sama, namun berbeda kapasitasnya. Agar tidak tertukar, maka regulator *acetylene* (dan gas bahan bakar pada umumnya) memakai ulir kiri sedangkan regulator oksigen memakai ulir kanan.



Gambar 7.14. Regulator *Acetylene* & Regulator Oksigen

Beberapa petunjuk pemakaian regulator :

- 1) Jagalah kebersihan regulator dari debu, endapan kotoran gas maupun kotoran lainnya yang dapat menyebabkan terhambatnya gerakan bagian-bagian regulator. Oleh karena itu sebelum memasang regulator, tabung oksigen sebaiknya dibuka dulu sesaat untuk melepaskan kotoran yang mungkin ada. Ingat, sewaktu membuka tabung oksigen untuk melepaskan kotoran jangan berdiri di depan saluran keluar. Semburan oksigen tabung bertekanan penuh (mencapai  $150 \text{ kg/cm}^2$ ) sangat kuat dan berbahaya.



Gambar 7.15. Membuang kotoran di dalam katup tabung oksigen

## Teknik Bodi Otomotif

- 2) Regulator dan katup tabung gas dibuat dari kuningan atau bahan sejenis yang lebih lunak dari baja, oleh karena itu untuk membukanya harus menggunakan alat yang tepat. Bila katup dan regulator dilengkapi baut bersayap atau bertangkai, berarti cukup dibuka dengan tangan. Bila berupa baut/mur segi enam, gunakan kunci pas yang tepat, tidak boleh longgar ataupun sesak. Tidak diperbolehkan menggunakan kunci pipa ataupun kunci yang dapat diatur (Kunci Inggris). Pemakaian kunci atau alat lain yang tidak tepat dapat merusak baut/mur.



Gambar 7.16. Kunci pembuka katup tabung

- 3) Regulator tidak boleh dibuka sebelum katup tabung dibuka. Tutuplah regulator setiap selesai bekerja setelah katup tabung ditutup sehingga tidak ada gas yang terperangkap di dalam regulator. Regulator dalam keadaan tertutup sempurna apabila baut pengatur sudah pada posisi bebas.
- 4) Katup tabung harus dibuka dengan pelan sehingga tidak menimbulkan aliran gas kuat (jet) yang dapat menembus regulator.
- 5) Regulator dan katup tabung tidak memerlukan pelumasan, dan tidak boleh dilumasi. Untuk memeriksa kebocoran gas pada peralatan tersebut, pergunakan air sabun (yang tidak mengandung bahan bakar atau bahan yang mudah terbakar seperti minyak, oli, dan sebagainya).
- 6) Periksalah regulator secara periodik. Walaupun sudah diusahakan kebersihan secara maksimal, namun terkadang masih ada juga kotoran yang terbawa masuk dan mengganggu bekerjanya regulator.

### **e. Manometer**

Regulator merupakan alat untuk mengatur tekanan, namun tekanan yang dihasilkan tersebut belum dapat dibaca tanpa menggunakan bantuan alat lain, oleh karena itu regulator harus dilengkapi dengan manometer.



Gambar 7.17. Manometer

Manometer merupakan alat untuk mengukur tekanan gas, yang masuk ke regulator (tekanan di dalam tabung) dan tekanan yang akan keluar dari regulator (tekanan kerja). Jadi setiap regulator dilengkapi dua buah manometer.

Manometer adalah alat yang sensitif sehingga harus diperlakukan dengan hati-hati, tidak boleh tertumbuk atau jatuh.

### f. **Selang Acetylene & Oksigen**

Selang las digunakan untuk menyalurkan gas yang keluar dari generator atau regulator ke pembakar.



Gambar 7.18. Selang Las

## Teknik Bodi Otomotif

Beberapa persyaratan utama selang gas adalah :

- a) Kedap terhadap gas (tidak bocor,
- b) Mampu menahan tekanan gas,
- c) Tahan terhadap minyak atau pelumas, dan
- d) Tidak kaku. Kebocoran pada selang mempunyai dampak negatif, selain menimbulkan bahaya kebakaran, kebocoran *acetylene* maupun oksigen merupakan suatu kerugian ekonomi.

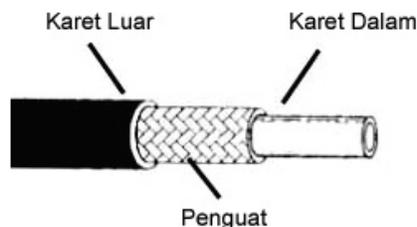
Selang harus tahan terhadap tekanan gas dengan angka keamanan minimal 5 kali tekanan kerja, sehingga bila terjadi penyumbatan pada pembakar ataupun terjadi nyala balik selang masih mampu menahan kenaikan tekanan yang terjadi. Di beberapa negara industri dianjurkan memakai selang dengan kapasitas 28 kg/cm<sup>2</sup> berdasar hasil test pabrik pembuat.

Sewaktu digunakan selang tergeletak di lantai, lantai bengkel biasanya kotor oleh zat-zat sejenis minyak, pelumas dan benda-benda keras atau kasar. Oleh karena itu selang harus tahan terhadap minyak dan permukaan lantai yang kasar. Apalagi selang juga digeser-geser kesana kemari, untuk itu selang juga harus lentur.

Selang yang kaku menyulitkan pemakai dan kemungkinan cepat retak/ rusak apabila harus digeser-geser atau tertekuk. Keadaan itu menyebabkan selang akan cepat retak dan bocor.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut biasanya selang dibuat dari karet alam, karet buatan, plastik atau bahan sejenis lainnya sehingga tidak kaku dan kedap gas. Untuk menahan tekanan tinggi selang dilapisi bahan sejenis serat atau benang yang dianyam silang menyilang. Di bagian luar kemudian dilapisi bahan tahan minyak dan bahan kimia lain yang sering terdapat di daerah bengkel.

Oleh karena itu selang las terdiri atas tiga lapis. Walaupun dibuat tiga lapis, selang tetap tidak boleh terlindas atau terjepit benda keras lain, seperti besi dan sebagainya.



Gambar 7.19. Konstruksi Selang Las

Berdasar diameter lubangnya, selang dapat dibedakan menjadi ukuran 5; 6,6; dan 8 mm. Perbedaan diameter lubang selang dibuat untuk memenuhi perbedaan kebutuhan gas per satuan waktu, untuk pemakaian pembakar kecil atau pemotong *oxy-gas* dan sebagainya.

Karena gas yang disalurkan ada dua macam, yaitu *acetylene* dan oksigen, maka selang juga dibedakan dengan kode warna. Selang *acetylene* (dan bahan bakar umumnya) berwarna merah, berarti bahaya. Selang oksigen berwarna biru, hijau atau hitam.

Untuk menghindari kesalahan perlakuan maka pemakaian selang tidak boleh ditukar dengan alasan apapun. Selang merah khusus untuk selang gas bahan bakar. Beberapa industri memproduksi selang yang digandeng satu sama lain dan sudah dipasang konektor (penyambung) yang tidak dapat ditukar-tukar.

### **g. Brander**

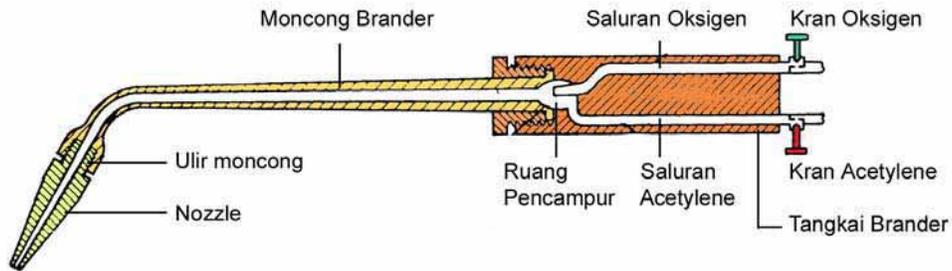


Gambar 7.20. Brander Las

Brander berfungsi untuk mencampur oksigen dengan gas bahan bakar dan membakarnya serta untuk mengarahkan api yang dihasilkan. Brander sering disebut pembakar, walaupun sebutan ini tidak salah namun kurang tepat karena pembakar baru merupakan salah satu fungsi brander. Bagian utama brander meliputi katup pengatur api, tangkai (pegangan), pencampur gas dan moncong brander.

Katup pengatur api adalah katup biasa berupa kran yang berfungsi untuk mengatur besar kecilnya jumlah gas yang lewat persatuan waktu. Semakin lebar dibuka, semakin banyak gas yang lewat. Terdapat dua katup pada brander, yaitu katup oksigen dan katup *acetylene* yang dapat diatur secara terpisah untuk mendapatkan proporsi campuran yang sesuai dengan api yang diinginkan, yaitu netral, *carburizing*, ataupun *oxidizing*.

## Teknik Bodi Otomotif



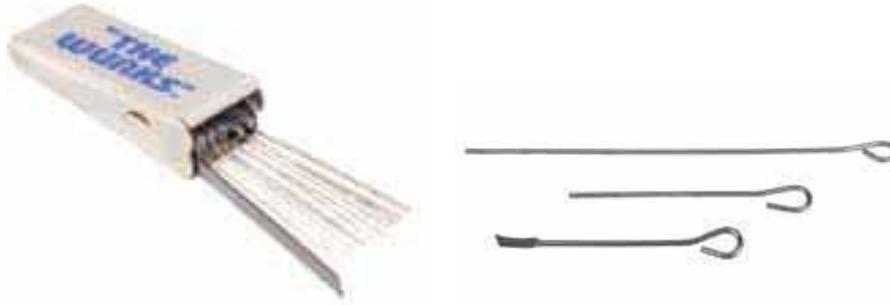
Gambar 7.21. Penampang Brander Las

Tangkai atau pegangan berguna sebagai tempat memegang brander. Agar panas brander tidak tersalur ke tangan, maka pegangan dilapisi bahan yang tidak menghantar panas, misalnya ebonit. Pegangan juga berfungsi untuk menempatkan katup pada pangkalnya dan untuk menempatkan pencampur pada ujungnya. Pada bagian dalam pegangan terdapat dua saluran, yaitu saluran oksigen dan *acetylene*.

Brander, terutama pada bagian moncong dibuat dari tembaga. Tembaga merupakan bahan pengantar panas yang tinggi, sehingga panas yang diterima segera disalurkan ke sepanjang benda. Dengan demikian moncong terhindar dari panas yang berlebihan (*over heated*) dan mengurangi timbulnya nyala balik.

Moncong merupakan penentu ukuran brander, oleh karena itu harus selalu dirawat dengan baik. Beberapa tindakan yang perlu diperhatikan untuk menjaga keawetan moncong :

- 1) Tidak boleh digunakan untuk mengambil atau mendorong benda kerja.
- 2) Tidak boleh melepas moncong dalam keadaan panas.
- 3) Untuk melepas ujung moncong harus menggunakan kunci pas yang tepat. Tidak boleh menggunakan tang atau alat sejenis.
- 4) Usahakan moncong tidak menyentuh kawah lasan.
- 5) Apabila lubang moncong kotor, bersihkanlah menggunakan alat pembersih khusus yang sudah dibuat untuk tujuan tersebut. Gunakan pembersih lubang moncong yang tepat atau berdiameter lebih kecil dari lubang moncong.



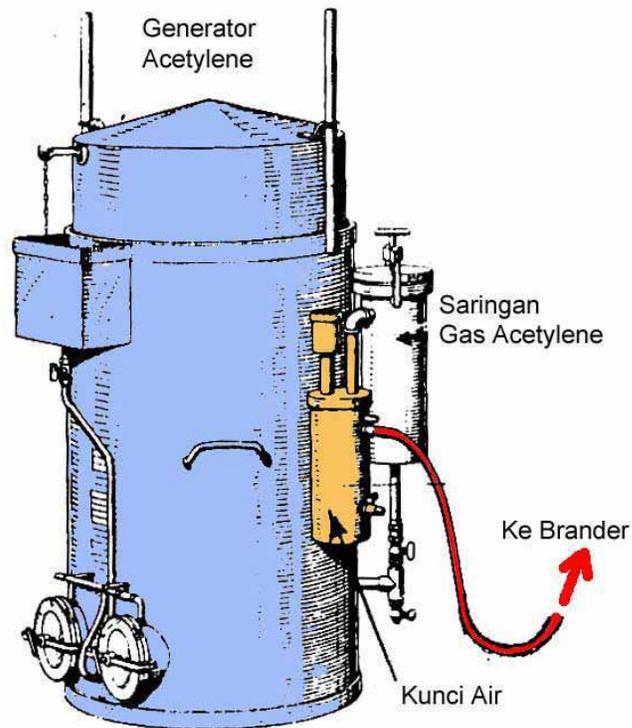
Gambar 7.22. Pembersih Moncong Brander

### **h. Kunci Air**

Pada pekerjaan pengelasan, api las dihasilkan dari proses pembakaran gas bahan bakar yang bercampur dengan udara. Proses pencampuran gas bahan bakar dan udara dilakukan pada bagian pencampur yang terdapat pada brander. Apabila proses pencampuran gas bahan bakar dan udara terjadi sebelum mencapai brander, dimungkinkan terjadi nyala balik pada selang maupun regulator. Nyala balik yang terjadi pada selang ataupun regulator tidak diharapkan dan sangat berbahaya karena dapat menimbulkan bahaya ledakan. Untuk mencegah kemungkinan terjadinya nyala balik campuran gas bahan bakar dan udara, peralatan las *oxy-acetylene* dilengkapi dengan kunci air.

Kunci air adalah alat keselamatan kerja yang harus dipakai pada las *Oxy-acetylene*, yang menggunakan generator maupun *acetylene* dari tabung (yang menggunakan manipol). Kunci air harus dipasang antara generator atau regulator *acetylene* (*acetylene* dalam tabung) dengan selang yang menyalurkan gas ke pambakar. Untuk *acetylene* tabung tunggal dapat dipakai katup pengaman seperti pada gambar.

Fungsi utama kunci air adalah menahan nyala balik supaya tidak masuk ke dalam generator atau tabung *acetylene*. Nyala balik dapat menimbulkan kebakaran atau ledakan bila sempat masuk ke dalam generator atau tabung *acetylene*. Fungsi kedua dari kunci air adalah mencuci ulang gas dari kotoran yang mungkin masih ada.



Gambar 7.23. Kunci Air Generator *Acetylene*

Prinsip kerja kunci air adalah sebagai berikut:

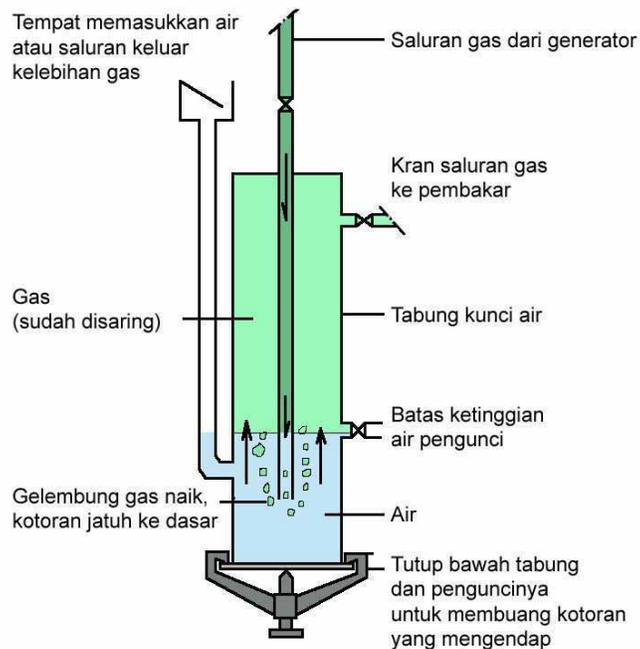
Gas dari generator atau tabung masuk ke kunci air melalui saluran masuk yang ujungnya terbenam air. Karena sifat gas dan adanya tekanan yang lebih besar maka gas tersebut menerobos air dan membentuk gelembung-gelembung, menembus air dan naik ke atas permukaan air. Gas kemudian ditampung dalam ruang gas di atas permukaan air.

Bila kran keluar yang menuju ke pembakar dibuka maka gas mengalir ke pembakar dan siap dipakai. Selama pengelasan sering terjadi nyala balik yang mengalir dari pembakar dan menelusuri selang menuju ke kunci air. Nyala balik tersebut tidak dapat masuk ke generator atau tabung karena tertahan oleh air yang ada. Jadi adanya air dalam peralatan ini hanya memungkinkan aliran gas ke satu arah saja (tidak terjadi aliran balik). Itulah sebabnya dinamakan kunci air, air berfungsi sebagai pengunci aliran balik.

Terdapat empat kemungkinan posisi air dalam kunci air, seperti dijelaskan di bawah ini.

- tekanan gas di atas air (di dalam kunci air) terlalu besar karena kelebihan produksi atau ada nyala balik. Permukaan air di dalam tabung terdorong ke bawah sehingga air pada saluran pelepas gas akan naik. Setelah permukaan air di dalam kunci air mencapai lubang saluran pelepas, maka tekanan tidak akan naik lagi karena gas dapat menerobos air dan lepas ke udara bebas melalui saluran pelepas.
- Gas pada tekanan kerja dan sedang dipakai mengelas sehingga tekanan relatif stabil. Gas dari generator masuk dan menerobos air terus naik ke atas permukaan air.
- Tekanan gas masih kecil, sama dengan tekanan udara bebas. Permukaan air masih belum berubah, yaitu setinggi batas yang diisikan sesuai aturan.
- Air yang diisikan terlalu sedikit sehingga permukaan air di bawah lubang saluran pelepas. Bila ada aliran gas dari generator maka gas tersebut akan langsung keluar melalui saluran pelepas ke udara bebas sehingga tidak dapat digunakan untuk mengelas. Kunci air tidak berfungsi bila kekurangan air, apalagi bila tidak diisi air.

Oleh karena itu kunci air harus selalu diperiksa dan diisi air setiap akan bekerja untuk mencegah terjadinya kebakaran atau meledaknya generator karena nyala balik masuk ke dalamnya.

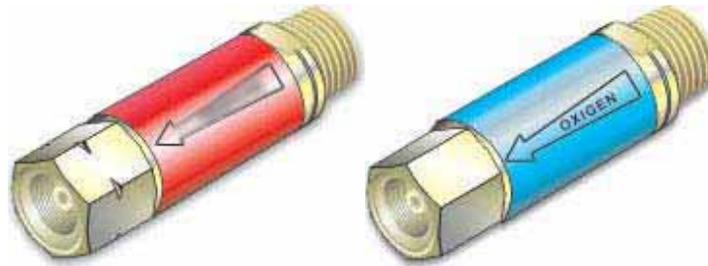


Gambar 7.24. Skema Kerja Kunci Air

## Teknik Bodi Otomotif

### i. Katup Pengaman

Katup pengaman mempunyai fungsi sama dengan kunci air, yaitu untuk menahan nyala balik. Katup pengaman harus dipasang pada *acetylene* tabung tunggal yang digunakan untuk melayani langsung satu pembakar tanpa kunci air. Katup pengaman dipasang diantara selang las dan brander, sehingga pada mesin las yang digunakan untuk melayani beberapa brander, maka katup pengaman harus dipasangkan pada setiap brander.



Gambar 7.25. Katup pengaman *acetylene* dan oksigen

Cara kerja katup pengaman nyala balik adalah sebagai berikut.

- a. Katup hanya dapat menyalurkan gas dari satu arah saja, yaitu dari regulator ke selang. Apabila ada nyala balik dari pembakar masuk ke selang akan tertahan oleh katup tersebut. *Acetylene* dari regulator dapat keluar setelah menekan pegas rambut dan pegas spiral yang ada.
- b. Sebaliknya, gas dari selang tidak dapat masuk ke regulator karena katup selalu rapat pada dudukannya karena ditekan oleh pegas spiral yang ada.

### j. Setting/Instalasi Peralatan Las

Setting atau instalasi peralatan las *oxy-acetylene* disesuaikan dengan pekerjaan yang akan dilakukan. Apabila pekerjaan yang dilakukan berpindah-pindah dan volume pekerjaan relatif kecil, maka setting peralatan portabel adalah pilihan yang tepat.



Gambar 7.26. Instalasi Peralatan Las *Oxy-acetylene* Portabel

Apabila menggunakan generator untuk memproduksi *acetylene* yang akan dipakai maka sebaiknya menggunakan kereta dorong terpisah antara generator dan tabung oksigen.

Yang perlu diperhatikan pada setting peralatan, khususnya yang memproduksi sendiri *acetylene* dengan menggunakan generator maka diperlukan selang gas yang lebih panjang untuk memperoleh jarak minimum. Jarak antara generator ke tempat kerja tidak boleh kurang dari 4 meter, sehingga generator tidak terjangkau oleh percikan/loncatan bunga api yang terjadi di tempat las. Setting peralatan portabel biasanya hanya dipakai pada satu pasang tabung gas untuk satu brander.

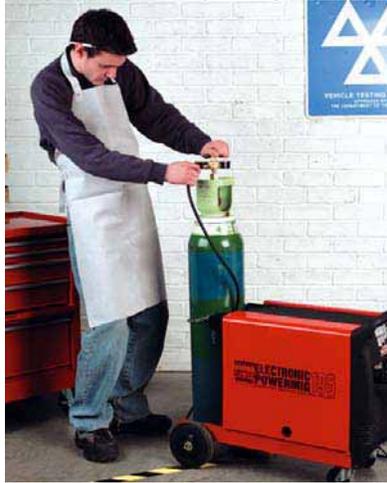
### **k. Peralatan Pelengkap**

#### **Pakaian Mengelas**

Pakaian mengelas diperlukan untuk melindungi tubuh pekerja selama melaksanakan pekerjaan mengelas maupun pada saat berada di lingkungan pengelasan. Pekerjaan las *oxy-acetylene* menimbulkan radiasi, panas dan percikan bara api yang dapat menimbulkan rasa pedih dan terbakar pada kulit dan mata. Pakailah pakaian mengelas khusus,

## Teknik Bodi Otomotif

apron atau pakaian yang terbuat dari bahan tahan panas dan percikan api, misalnya pakaian yang terbuat dari bahan kulit atau jeans tebal. Sarung tangan las juga diperlukan apabila dapat menambah kenyamanan dalam melaksanakan pekerjaan mengelas.



Gambar 7.27. Apron dan Sarung Tangan Las

### **Kacamata Las**

Nyala dan percikan logam cair pada las *Oxy-acetylene* memancarkan sinar ultraviolet dan infra merah. Sinar ini membahayakan pada mata. Untuk mencegah bahaya ini diperlukan kacamata las. Lensa kacamata las *Oxy-acetylene* mempunyai diameter 50 mm dan tiap kacamata mempunyai dua pasang lensa. Bagian luar merupakan kaca bening, sedangkan bagian dalam adalah kaca gelap. Tingkat kegelapan kaca bagian dalam bervariasi, penggunaannya dapat disesuaikan menurut kenyamanan. Biasanya nomor tingkat kegelapan berkisar antara 5 – 8.



Gambar 7.28. Kacamata Las *Oxy-acetylene*

### **Alat Penyala Api Las**

Menyalakan api las pada brander dianjurkan tidak memakai korek api biasa karena tangan dapat saja tersembur api las, yang dapat mengakibatkan luka bakar. Untuk menyalakan api las dapat menggunakan korek api las yang bertangkai panjang. Korek api las tidak memerlukan bahan bakar.

Campuran *Oxy-acetylene* merupakan zat yang sangat mudah terbakar, bunga api yang kecil sekalipun sudah cukup untuk menyalakan api *Oxy-acetylene*. Oleh karena itu korek api las hanya menghasilkan bunga api yang diperoleh dengan cara menggo-reskan batu korek pada bahan kasar atau sejenis kikir halus. Bunga api yang terjadi sudah cukup untuk menyalakan campuran *Oxy-acetylene* yang berada dalam jangkauan bunga api tersebut.



Gambar 7.29. Korek Api Las

### **Pembersih Moncong Brander**

Selama mengelas, ada kalanya lubang moncong brander kotor atau tersumbat oleh endapan karbon atau terak. Kotoran-kotoran tersebut akan mengganggu pekerjaan mengelas dan dapat mengurangi kualitas lasan.

Agar dihasilkan pekerjaan lasan yang baik, kotoran karbon atau terak yang terdapat pada ujung moncong brander harus dibersihkan secara teratur. Untuk membersihkannya diperlukan alat pembersih khusus yang tidak merusak atau memperbesar lubang moncong.

Alat pembersih ujung moncong brander terdiri atas sejumlah kawat dengan diameter yang bervariasi. Pemilihan penggunaan kawat pembersih disesuaikan dengan ukuran lubang moncong brander, yaitu sama atau lebih kecil dari ukuran lubang yang akan dibersihkan.



Gambar 7.30. Alat Pembersih Ujung Moncong Brander

## Teknik Bodi Otomotif

Prosedur pembersihan ujung moncong brander adalah sebagai berikut.

- a. Memilih diameter kawat pembersih yang sesuai dengan ukuran lubang moncong brander yang akan dibersihkan.
- b. Membersihkan lubang moncong brander dengan cara menggosokkan kawat pembersih ke dinding lubang secara perlahan (tidak perlu terlalu ditekan atau digosokkan dengan kuat karena hal itu dapat merusak atau memperbesar ukuran lubang brander !!!).
- c. Membersihkan dan meratakan ujung moncong brander menggunakan kikir kecil.



Gambar 7.31. Prosedur Pembersihan Ujung Moncong Brander

### **Kereta Tabung**

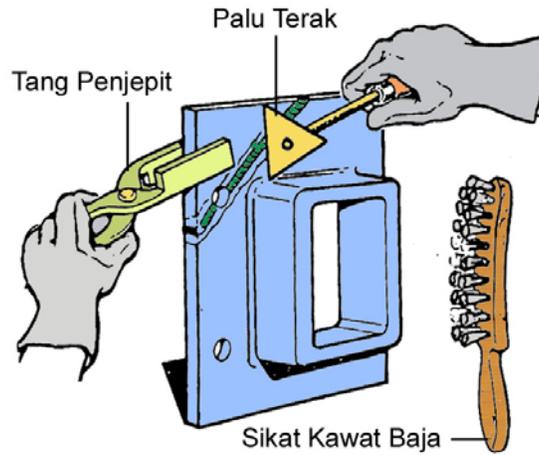
Perlengkapan yang sangat diperlukan pada peralatan las portabel adalah kereta tabung *acetylene* dan oksigen sendiri-sendiri (terpisah) atau gabungan keduanya. Kereta juga dapat digunakan pada generator portabel. Pada pekerjaan mengelas yang berpindah-pindah, pemakaian kereta dorong tidak saja meringankan kerja fisik pengelas tetapi juga untuk meningkatkan keselamatan kerja. Kemungkinan tabung/generator terbanting atau terjatuh saat pemindahan menjadi berkurang bila didorong menggunakan kereta, daripada diangkat langsung.



Gambar 7.32. Kereta Dorong untuk Peralatan Las Portabel

**Pemegang Benda Kerja dan Peralatan Pembersih Terak**

Terak (*flux*) yang melekat pada sambungan lasan dapat dihilangkan dengan mudah selagi benda kerja dan terak dalam keadaan panas. Untuk membersihkan terak diperlukan palu terak dan sikat kawat baja, disamping itu juga diperlukan tang penjepit untuk mengambil dan memegang benda kerja.



Gambar 7.33. Pembersihan Terak



Gambar . 7.34. Sikat Kawat



Gambar 7.35. Tang Penjepit

## Teknik Bodi Otomotif

### 7.6. Bahan tambah

Mengelas *oxy-acetylene* dapat dilakukan dengan atau tanpa bahan tambah. Persyaratan kualitas bahan tambah yang diperlukan pada prinsipnya adalah sama dengan benda kerja. Bahan tambah tersedia di pasaran berbentuk batangan berpenampang bulat seperti kawat sepanjang satu meter. Besarnya diameter bervariasi, yaitu : 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6,5 ; dan 8 mm.

Disamping bahan tambah, mengelas khususnya pada benda bukan besi sering pula memerlukan flux. Flux berfungsi untuk membersihkan benda kerja dari bahan oksida, minyak, dan kotoran senyawa lain. Flux juga diperlukan pada *soldering* dan *brassing*.

### 7.7. Prosedur Pengelasan dengan *Oxy-acetylene*

#### a. Prosedur Umum Pengelasan

##### 1. Persiapan

Mempersiapkan area kerja dari material yang mudah terbakar serta mengupayakan ventilasi yang cukup. Bila perlu tambahkan alat penghisap asap pengelasan pada tempat kerja.



Gambar 7.36. Alat penghisap asap pengelasan

Memeriksa instalasi peralatan las dari kebocoran gas pada sambungan. Gunakan cairan sabun, atau 5% cairan pembersih yang dilarutkan dalam air. Oleskan pada tempat yang akan diperiksa menggunakan kuas lunak.

Menyiapkan seluruh peralatan pengelasan yang diperlukan, termasuk alat-alat perlengkapan keselamatan kerja.

Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas. Bersihkan permukaan benda kerja dari minyak, karat, ataupun kotoran-kotoran yang dapat mengganggu pengelasan.

Setelah benda kerja dibersihkan, tempatkan benda kerja pada posisi yang stabil untuk dilas, bila perlu gunakan ragum atau klem untuk menjepit benda kerja.



Gambar 7.37. Posisi Pemeriksaan Kebocoran Instalasi Las

### 2. Menyalakan dan mengatur api las

Memastikan kran *acetylene* dan oksigen pada brander dalam kondisi tertutup.

Mengatur tekanan kerja gas *acetylene* dengan cara sebagai berikut :

- Membuka katup tabung *acetylene* sepenuhnya agar gas *acetylene* dalam tabung mengisi regulator.
- Membuka katup regulator *acetylene* dan mengatur tekanan kerja gas *acetylene* sesuai dengan ukuran brander yang digunakan. Pada umumnya tekanan kerja gas *acetylene* berkisar antara 5 psi. Jangan

## Teknik Bodi Otomotif

membuka katup regulator hingga tekanan gas *acetylene* mencapai 15 psi – akan mengakibatkan bahaya ledakan.

- Membuka kran *acetylene* pada brander, hingga gas *acetylene* mengalir keluar melalui ujung moncong brander. Atur kembali tekanan kerja gas *acetylene* pada regulator hingga stabil sesuai tekanan kerja yang diijinkan. Tutup kembali kran *acetylene* pada brander.

Mengatur tekanan kerja gas oksigen dengan cara sebagai berikut :

- Membuka katup tabung oksigen sepenuhnya agar gas *acetylene* dalam tabung mengisi regulator.
- Membuka katup regulator oksigen dan mengatur tekanan kerja gas oksigen sesuai dengan ukuran brander yang digunakan, biasanya ampir dua kali tekanan kerja gas *acetylene*. Pada umumnya tekanan kerja gas oksigen berkisar antara 10 psi.
- Membuka kran oksigen pada brander, hingga gas oksigen mengalir keluar melalui ujung moncong brander. Atur kembali tekanan kerja gas oksigen pada regulator hingga stabil sesuai tekanan kerja yang diijinkan. Tutup kembali kran oksigen pada brander.

Memulai menyalakan api las, dengan membuka sedikit kran *acetylene* pada brander ( $\pm 1/8$  putaran) hingga terdengar gas *acetylene* mengalir keluar dari ujung moncong brander.

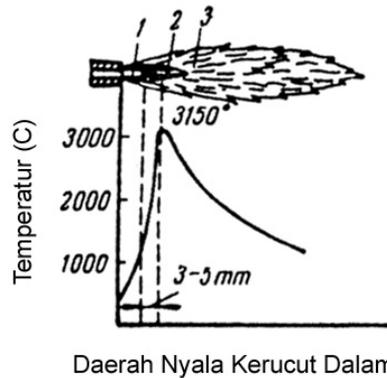
Arahkan moncong brander ke area yang aman, kemudian gunakan korek api las untuk menyalakan api *acetylene*. Api *acetylene* berwarna kuning dan menimbulkan jelaga.

Membuka kran oksigen sedikit demi sedikit, perhatikan perubahan api las pada ujung moncong brander. Atur pembukaan kran *acetylene* dan oksigen hingga diperoleh api las yang diinginkan. Apabila api las mati, nyalakan dan atur kembali dengan cara menutup terlebih dahulu kran oksigen sebelum menyalakan api *acetylene*.

### 3. Melaksanakan pengelasan

Arahkan api las ke permukaan kampuh sambungan untuk mulai memanaskan benda kerja.

Gunakan kerucut nyala api dalam yang berwarna kebiruan untuk memanasi permukaan benda kerja (biasanya menghasilkan jarak berkisar antara 3 – 5 mm antara ujung moncong brander dengan permukaan benda kerja), karena pada nyala itulah dihasilkan temperatur nyala api yang paling tinggi.



Gambar 7.38. Jarak Nyala Api dan Temperatur Las

Banyaknya panas nyala api yang disalurkan ke benda kerja tergantung pada :

- Jarak kerucut api las ke permukaan benda kerja yang dipanasi, dan
- Besar sudut kemiringan moncong brander terhadap permukaan benda kerja.

Permukaan logam akan mulai mencair dan terlihat mengkilap, lanjutkan proses pemanasan kampuh las hingga meleleh dan terbentuk kolam kecil pada kampuh sambungan (biasa disebut kawah lasan). Agar terjadi ikatan las, kedua bagian benda kerja harus meleleh pada saat dilakukan pengelasan.

Setelah kedua benda kerja meleleh bersama dan membentuk kawah lasan, gunakan api las untuk sedikit mengaduk kawah lasan agar kedua benda kerja menyatu dan menghasilkan jalur sambungan lasan. Bila perlu masukkan bahan tambah untuk membantu penyatuan kedua bagian benda kerja.

Setelah terjadi penyatuan kawah lasan, gerakkan api las secara perlahan dan kontinyu mengikuti jalur kampuh sambungan hingga selesai.

#### 4. Mematikan api las dan membersihkan hasil lasan

Setelah proses pengelasan selesai, matikan nyala api las dengan mengikuti prosedur berikut :

- Untuk sistem tekanan tinggi, matikan nyala api las dengan terlebih dahulu menutup kran *acetylene* pada brander, kemudian diikuti dengan menutup kran oksigen pada brander.

## Teknik Bodi Otomotif

- Untuk sistem tekanan rendah, matikan nyala api las dengan terlebih dahulu menutup kran oksigen pada brander, baru kemudian diikuti dengan menutup kran *acetylene* pada brander.

Bersihkan terak yang ada pada jalur lasan menggunakan palu terak dan sikat kawat baja sewaktu benda kerja masih panas. Hal ini akan memudahkan pembersihan terak dari benda kerja.

### 5. Mengakhiri pekerjaan las

Apabila pekerjaan las sudah selesai dan peralatan las tidak akan digunakan lagi, lakukan prosedur berikut ini:

- Matikan api las dengan menutup semua kran brander sesuai prosedur yang benar, kemudian kencangkan katup tabung oksigen hingga tertutup rapat.
- Buka kran oksigen pada brander untuk mengeluarkan sisa tekanan kerja oksigen yang terdapat di sepanjang saluran oksigen. Tutup kembali kran oksigen pada brander setelah tekanan kerja habis (manometer tekanan kerja regulator oksigen menunjuk ke angka 0).
- Kendorkan katup regulator oksigen untuk memutuskan hubungan antara saluran dari tabung oksigen dengan saluran tekanan kerja.

Ulangi langkah di atas pada saluran gas *acetylene*.

Bersihkan area kerja dan semua peralatan yang digunakan, kemudian kembalikan semua peralatan pada tempat penyimpanannya.

### **b. Teknik Mengelas Menggunakan Las Oxy-acetylene**

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada saat melakukan pengelasan *Oxy-acetylene* :

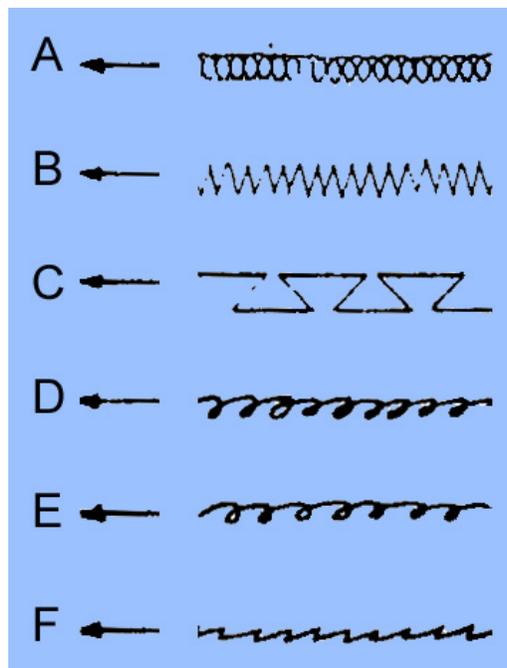
- Pemanasan benda kerja menggunakan nyala api las harus terbagi rata pada kedua bagian benda kerja yang hendak disambung.
- Pemanasan benda kerja dilakukan secara berangsur-angsur hingga mencapai titik lebur.

- Ujung kawat pengisi dicairkan pada saat kampuh las sudah melebur.
- Ketika melakukan pengelasan posisi vertikal, kawah lasan tidak boleh terlalu besar agar benda kerja yang sedang berada dalam kondisi cair tidak tumpah.

### Teknik Ayunan *Nozzle*

Beberapa pola ayunan *nozzle* yang sering digunakan pada las *Oxy-acetylene* adalah :

- Ayunan melingkar
- Ayunan segitiga/zig-zag
- Ayunan trapesium
- Ayunan "l"
- Ayunan "e"
- Ayunan "i"



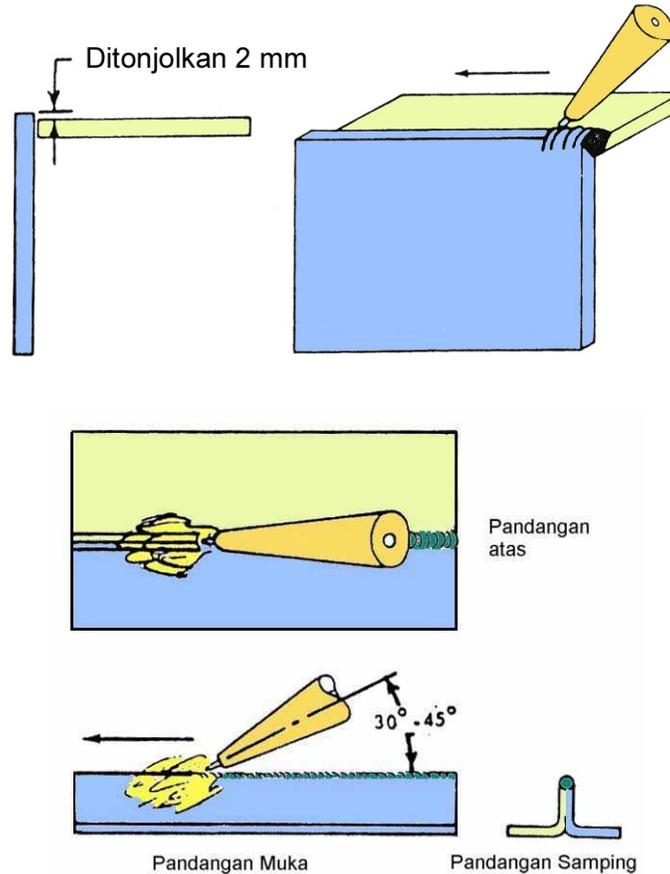
Gambar 7.39. Teknik Ayunan *Nozzle*

### Mengelas tanpa bahan tambah

- Kampuh sudut luar dapat dilas tanpa menggunakan bahan tambah, bahan tambah diambil dari benda kerja itu sendiri.

## Teknik Bodi Otomotif

- Benda kerja yang berada pada posisi vertikal ditonjolkan sedikit ke atas untuk dijadikan sebagai bahan pengisi kampuh.
- Kedudukan *nozzle*  $30^{\circ}$  –  $45^{\circ}$  terhadap bidang kerja.
- Kecepatan gerakan brander agak lambat.



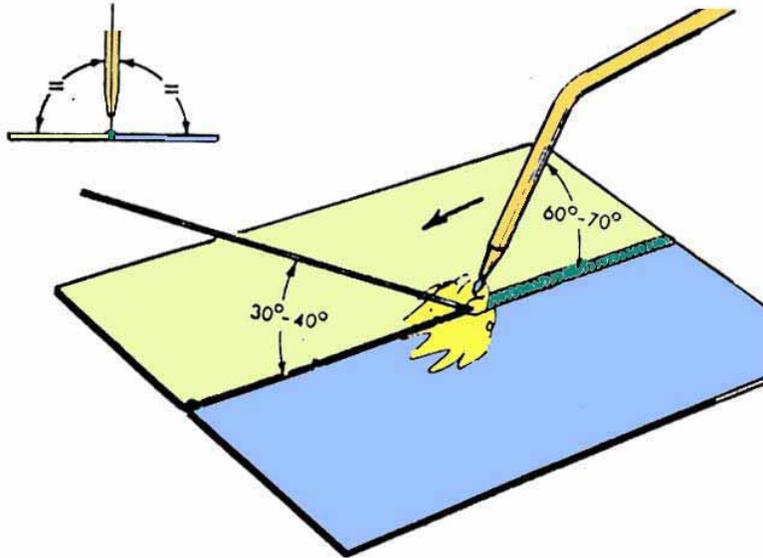
Gambar 7.40. Mengelas Tanpa Bahan Tambah pada Kampuh Sudut Luar

### Mengelas Posisi Mendatar (*Flat*)

#### Kampuh I

- Kemiringan *nozzle* antara  $60^{\circ}$  –  $70^{\circ}$ .

- Kemiringan bahan tambah antara  $30^{\circ}$  –  $40^{\circ}$ .
- Bahan tambah dipanasi hingga mencair, dan digerakkan mengayun ke samping (kiri-kanan) untuk mengaduk kawah lasan.



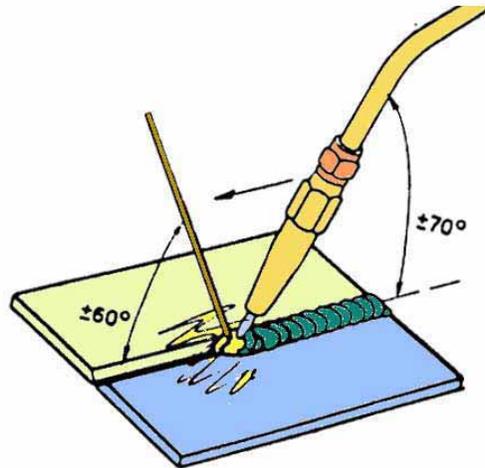
Gambar 7.41. Mengelas Kampuh I Pada Posisi *Flat*

### Kampuh V

- Pada saat mengelas kampuh V, harus diperhatikan agar cairan las tidak menetes di muka nyala api las.
- Kemiringan *nozzle*  $70^{\circ}$ , sedangkan bahan tambah dimiringkan  $60^{\circ}$  terhadap jalur lasan.
- Pada saat mengisi jalur lasan, *nozzle* dan bahan tambah dijauhkan – didekatkan ke kampuh secara bersamaan dengan arah gerakan yang berlawanan.

Contoh :

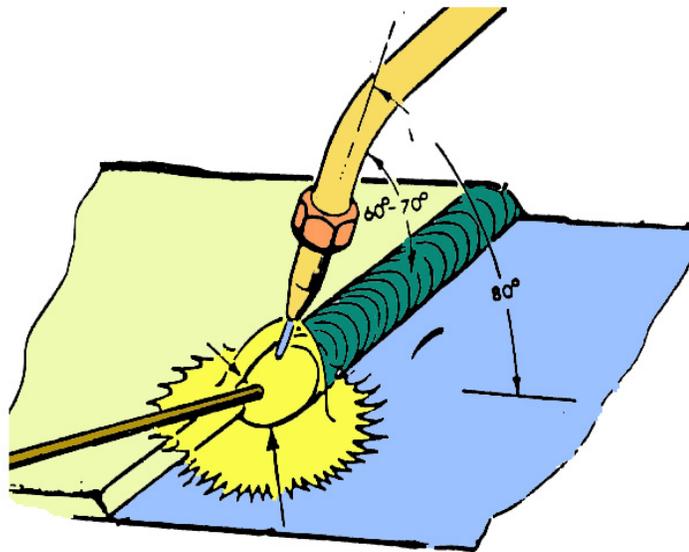
Saat *nozzle* dijauhkan, bahan tambah didekatkan ke kampuh, dan sebaliknya; dilakukan secara kontinyu hingga alur lasan selesai.



Gambar 7.42. Mengelas Kampuh V Posisi *Flat*

### Kampuh Berimpit

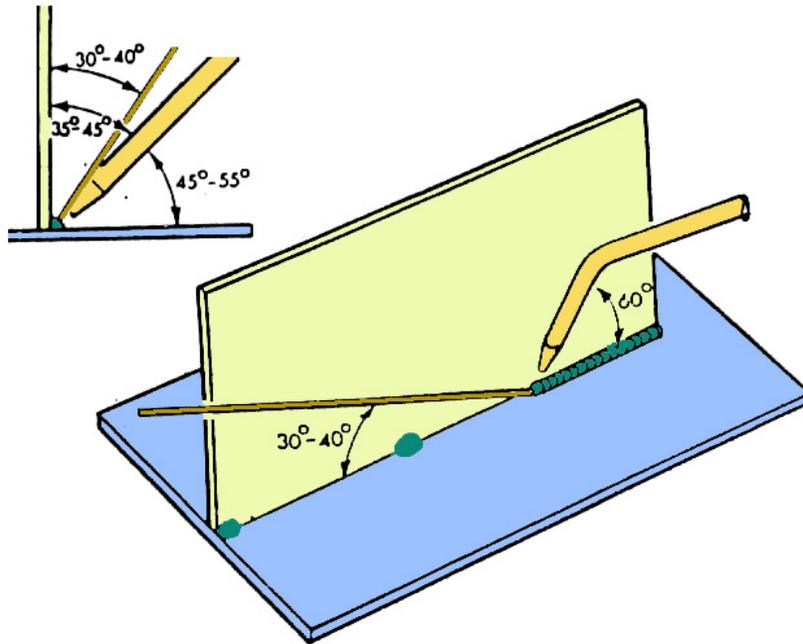
- Nyala api las diarahkan ke sudut kampuh agar pencairan terjadi pada kedua benda kerja.
- *Nozzle* dimiringkan membentuk sudut  $80^{\circ}$  terhadap permukaan benda kerja dan  $60^{\circ} - 70^{\circ}$  terhadap jalur lasan.
- Bahan tambah dimiringkan  $30^{\circ} - 40^{\circ}$  terhadap jalur lasan.



Gambar 7.43. Mengelas Sambungan Berimpit Pada Posisi *Flat*

### Kampuh T

- Posisi benda kerja diatur sedemikian rupa agar kampuh membuat sudut  $45^\circ$  terhadap bidang horisontal.
- Sebelum melakukan pengelasan, buat titik-titik las pengikat (*tack weld*) beberapa tempat.
- Sudut jalan bahan tambah berkisar antara  $30^\circ - 40^\circ$  terhadap jalur lasan.

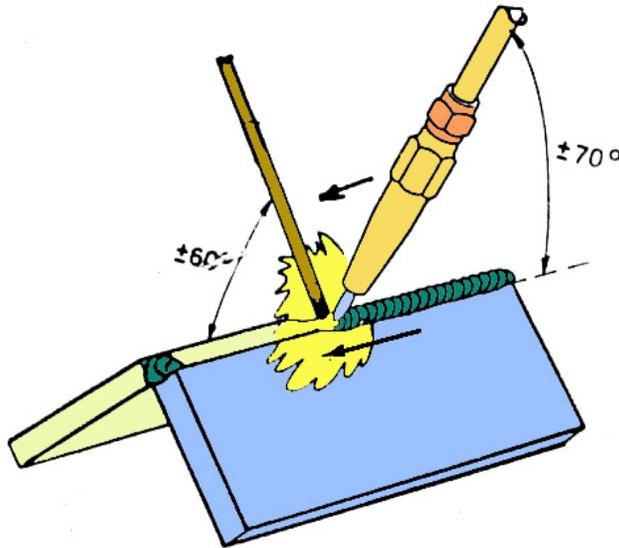


Gambar 7.44. Mengelas Kampuh T Posisi *Flat*

## Teknik Bodi Otomotif

### Kampuh Sudut Luar

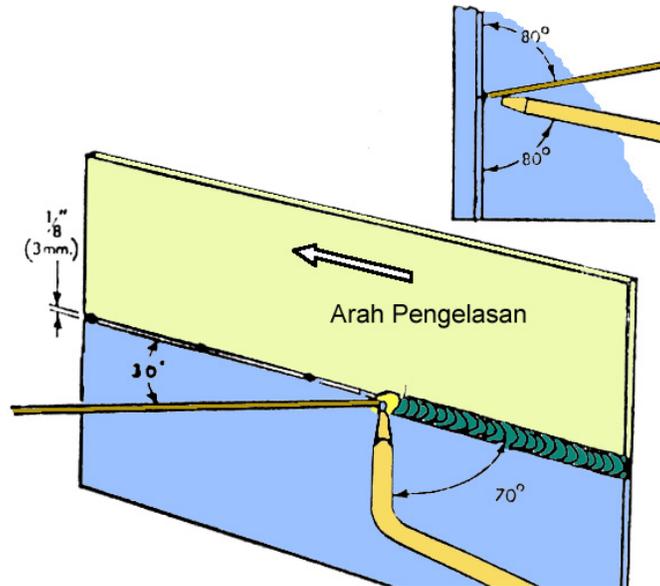
- Nyala api las diarahkan ke tengah kampuh.
- *Nozzle* digerakkan sepanjang jalur sambungan.
- Kemiringan *nozzle* sekitar  $70^\circ$  terhadap jalur lasan.
- Kemiringan bahan tambah sekitar  $60^\circ$  terhadap jalur lasan.



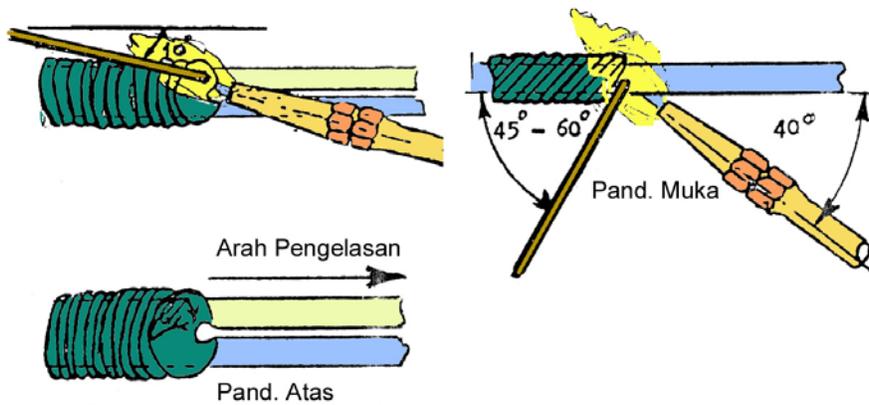
Gambar 7.45. Mengelas Kampuh Sudut Luar Posisi *Flat*

### Mengelas Posisi Horisontal

- Pada pengelasan posisi horisontal, cairan las cenderung mengalir ke bawah. Oleh karena itu posisi *nozzle* dimiringkan ke bawah  $10^\circ$  dari garis horisontal seperti pada gambar.
- Apabila cairan las terlihat akan meleleh, jauhkan nyala api las dari kawah lasan.
- Ayunan *nozzle* dilakukan sekecil mungkin.
- Untuk pengelasan arah mundur (ke kanan), lakukan ayunan *nozzle* dengan kecepatan 2 atau 3 langkah per detik.



Gambar 7.46. Mengelas Posisi Horizontal Arah Maju (Kiri)

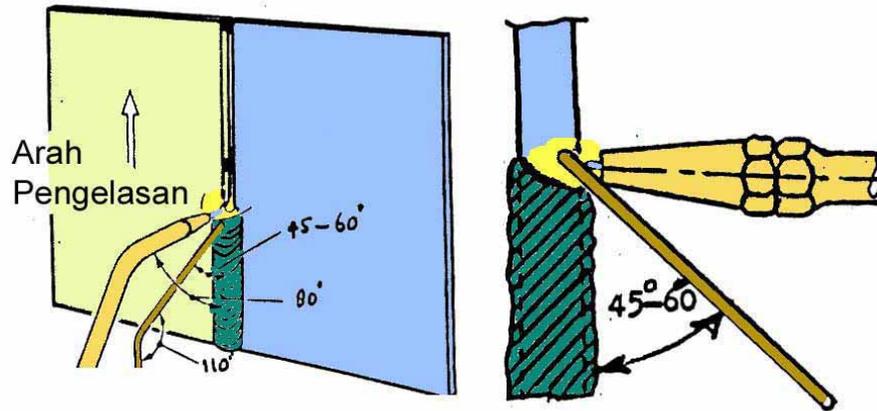


Gambar 7.47. Mengelas Posisi Horizontal Arah Mundur (Kanan)

## Mengelas Posisi Vertikal

- Bahan tambah diposisikan di antara nyala api las dengan kawah cair. Sudut bahan tambah  $45^{\circ} - 60^{\circ}$  dan sudut *nozzle*  $80^{\circ}$  terhadap jalur lasan.

## Teknik Bodi Otomotif



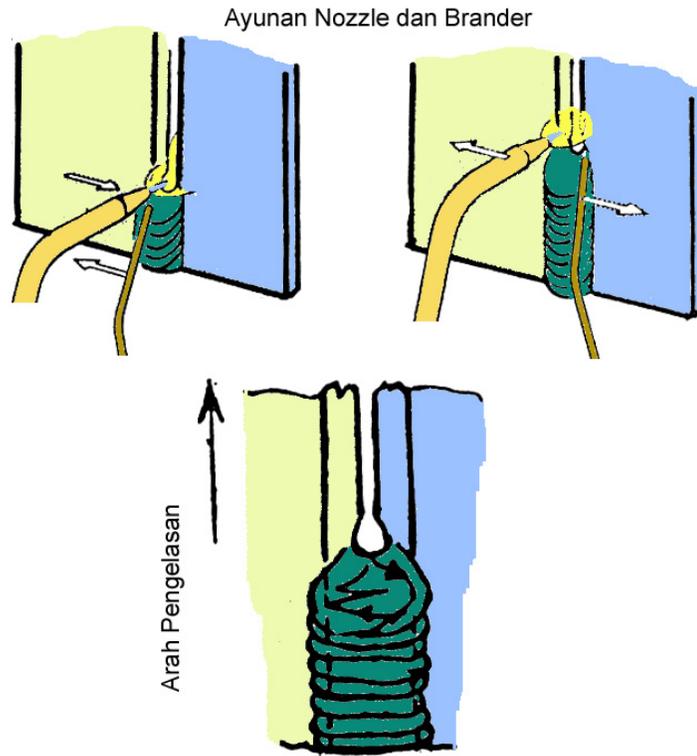
Gambar 7.48. Posisi *nozzle* & bahan tambah pengelasan posisi vertikal

- Pengelasan dimulai dengan mencairkan las titik pengikat bawah untuk membentuk rigi-rigi las, kemudian dilakukan pengelasan ke arah atas.



Gambar . 7.49. Memulai Pengelasan Posisi Vertikal

- *Nozzle* dan bahan tambah diayun ke samping (kiri-kanan) dengan arah gerakan berlawanan.



Gambar 7.50. Gerakan ayunan *nozzle* & bahan tambah pengelasan posisi vertikal

- Pada akhir jalur lasan, bahan tambah diposisikan di sebelah atas *nozzle*.



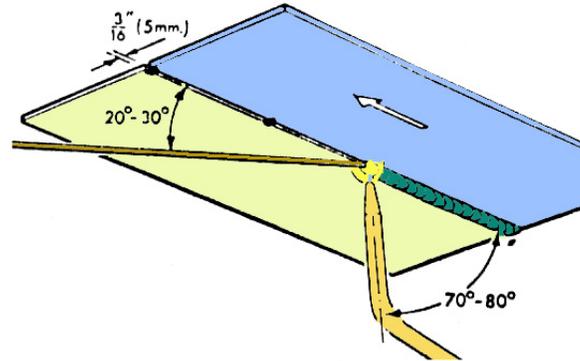
Gambar . 7.51. Mengakhiri jalur lasan pengelasan posisi vertikal

## Teknik Bodi Otomotif

### Pengelasan Posisi Atas Kepala (Overhead)

Pengelasan Arah Maju (Ke Kiri).

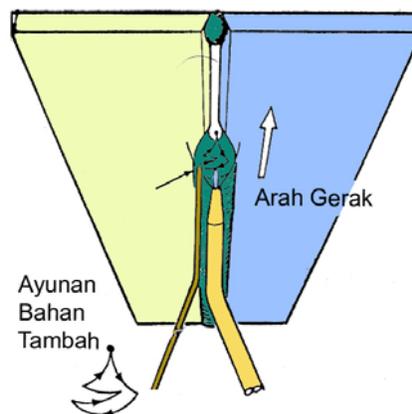
- Posisi *nozzle* dan bahan tambah sebagaimana diperlihatkan pada gambar.
- Pengelasan arah maju dilakukan untuk menyambung benda kerja dengan ketebalan mencapai 6 mm.



Gambar . 7.52. Pengelasan Arah Maju Posisi *Overhead*

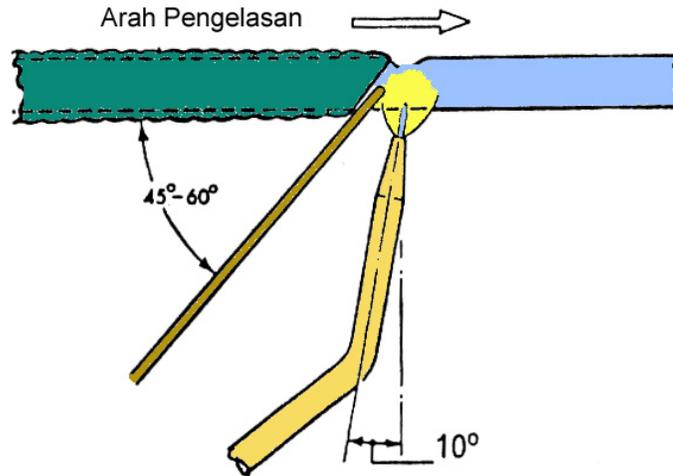
Pengelasan Arah Mundur (Ke Kanan)

- Pengelasan arah mundur dilakukan untuk benda kerja dengan ketebalan lebih dari 6 mm.
- *Nozzle* tegak lurus dengan benda kerja, dengan kemiringan 10° terhadap jalur lasan.
- Bahan tambah berada di belakang nyala api las, dengan kemiringan antara 45° – 60° terhadap jalur lasan.
- Ayunkan bahan tambah menyilang 2 sampai 3 kali, kemudian naik dan turun seperti pada gambar, kemudian tahan kawat di dalam kampuh.



Gambar 7.53. Pengelasan Arah Mundur Posisi *Overhead*

- Nyala api las memberi gaya dorong cairan kawah lasan masuk ke dalam kampuh.



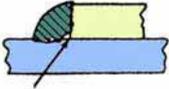
Gambar 7.54. Dorongan Nyala Api Terhadap Kawah Lasan

### c. Kualitas Hasil Las

Tabel . 7.1. Kualitas Hasil Las

No	Hasil Las	Keterangan
1.		Rigi-rigi las yang baik
2.		Penembusan kurang dalam
3.		Akibat pemanasan berlebih, rigi-rigi terlalu dangkal dengan penggalan terlalu dalam
4.		Penempelan rigi-rigi ( <i>overlapping</i> ) harus dihindarkan
5.		Penembusan yang terlalu dalam

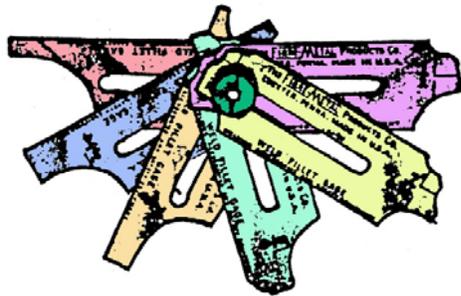
## Teknik Bodi Otomotif

6.		Terjadi keropos
----	---	-----------------

### d. Pengujian Hasil Las

Terdapat beberapa metode pengujian hasil las yang dapat dilakukan, diantaranya :

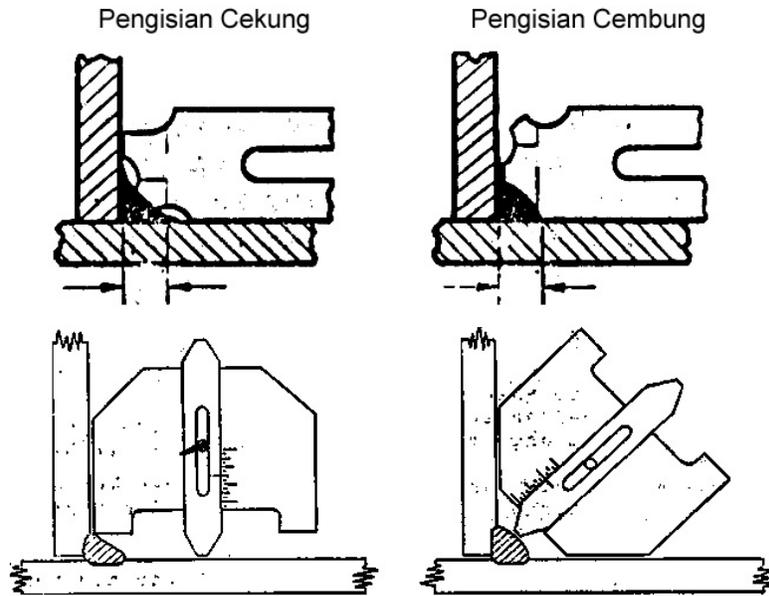
1. Pengujian secara visual. Pengujian secara visual dilakukan untuk memeriksa atau mengetahui ukuran las, bentuk penampang profil las, bentuk persenyawaan, adanya keropos, pengimpitan, kerusakan akar, dan penembusan las.
2. Pengujian Makro. Pengujian makro dilakukan menggunakan cairan kimia (*etsa, acetone*). Pengujian dilakukan untuk mengetahui keadaan perpaduan, keadaan rongga, etak dalam dan pengendapan terak.
3. Pengujian ukuran rigi-rigi. Pemeriksaan dilakukan dengan mengukur batas-batas luar rigi-rigi las.



Mal Rigi-rigi

Gambar 7.55. Mal Rigi-rigi

Pengujian ukuran rigi-rigi hanya dilakukan bila kekuatan kampuh las tidak menjadi masalah utama. Pengukuran rigi-rigi dilakukan menggunakan pengukur rigi-rigi las, untuk menunjukkan kecembungan dan kecekungan rigi-rigi las. Alat pengukur rigi-rigi las dapat mengukur rigi-rigi las antara  $\frac{1}{4}$  - 1 inch.

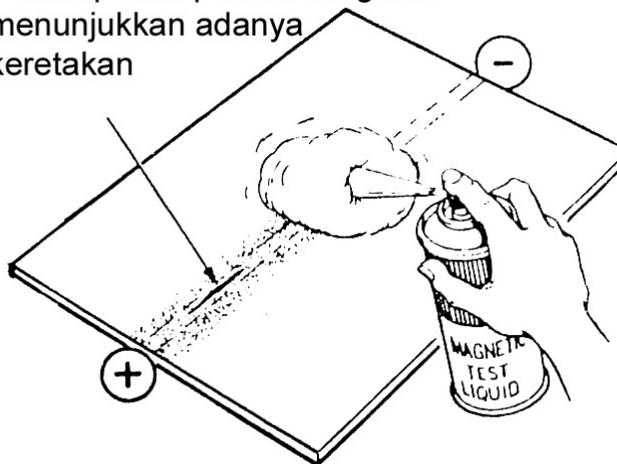


Gambar 7.56. Pengujian Ukuran Rigi-Rigi Lasan

4. Pengujian magnetis.

Pengujian magnetis biasa dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya keretakan dalam jalur las, berdasarkan prinsip medan magnet. Rigi-rigi las yang telah dibersihkan ditaburi serbuk magnet, kemudian medan magnet ditimbulkan dengan meletakkan magnet kutub positif dan negatif diantara rigi-rigi las. Keretakan akan ditunjukkan oleh adanya pemisahan jalur serbuk magnet. Apabila jalur serbuk magnet tersebar merata, berarti rigi-rigi las baik.

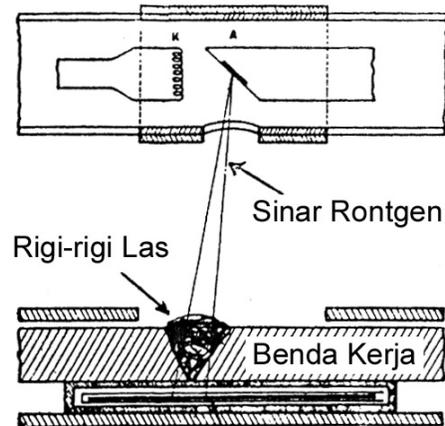
Penumpukan partikel magnetis menunjukkan adanya keretakan



Gambar 7.57. Pengujian Magnetis

### 5. Pengujian dengan rontgen.

Pengujian rigi-rigi las dilakukan menggunakan mesin rontgen untuk melihat cacat las yang mungkin ada di dalam rigi-rigi las. Rigi-rigi las disinari dengan sinar rontgen menggunakan alat rontgen dari berbagai arah untuk memastikan adanya cacat yang mungkin terjadi.



Gambar 7.58. Pengujian dengan Rontgen

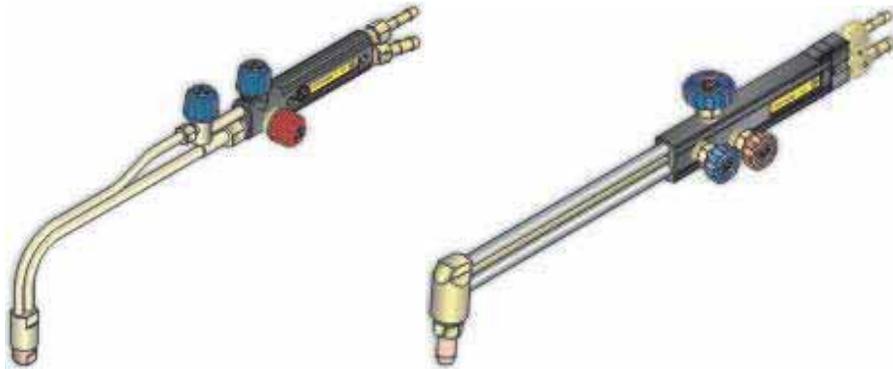
### 7.8. Pemotongan dengan *oxy-acetylene*

Memotong logam menggunakan peralatan potong *oxy-acetylene* jauh lebih cepat daripada memotong menggunakan mesin, terutama pada logam-logam yang berukuran tebal/besar. Secara keseluruhan, peralatan potong *oxy-acetylene* sama dengan peralatan las *oxy-acetylene* yang telah diuraikan di atas. Perbedaannya hanya pada konstruksi brander yang digunakan.



Gambar 7.59. Pemotongan dengan *oxy-acetylene*

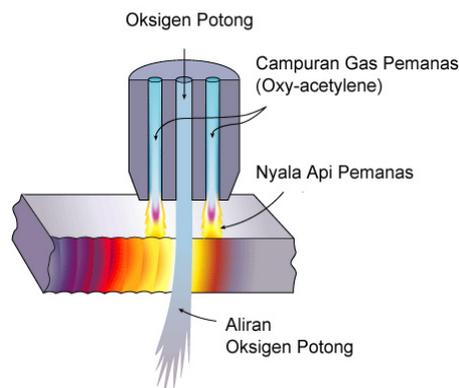
### a. Brander Potong *Oxy-acetylene*



Gambar 6.60. Brander potong tekanan rendah dan tinggi

Brander potong memiliki konstruksi yang berbeda dengan brander las *Oxy-acetylene*. Pada brander potong selain terdapat saluran untuk gas *acetylene* dan oksigen yang dicampur untuk menghasilkan nyala api pemanas, terdapat pipa saluran oksigen potong tersendiri, yang berfungsi untuk meniup lelehan logam yang terbentuk oleh pemanasan dari nyala api pemanas.

Dengan terlepasnya cairan dari benda kerja, terjadilah proses pemotongan. Pemotongan logam menggunakan alat pemotong *Oxy-acetylene* akan menimbulkan percikan api yang cukup besar, sehingga pemotongan harus dilakukan pada meja potong khusus.



Gambar 7.61. Proses Pemotongan

Brander potong yang digunakan untuk pekerjaan pemotongan dengan *Oxy-acetylene* ialah jenis injektor atau pencampur. Terdapat dua macam brander potong, yaitu : (a) brander potong tekanan tinggi, dan (b) brander potong tekanan rendah.

## Teknik Bodi Otomotif

### b. Tekanan Kerja

Tekanan kerja pemotongan lebih besar daripada tekanan kerja pengelasan. Tekanan kerja oksigen untuk pemotongan misalnya, untuk memotong pelat setebal 15 cm dibutuhkan tekanan 70 psi. Tekanan yang lebih besar dibutuhkan untuk memotong benda kerja yang lebih tebal.

Karena tekanan kerja yang tinggi tersebut, maka regulator oksigen potong berbeda dengan regulator oksigen yang digunakan pada proses pengelasan. Regulator oksigen potong harus mampu bekerja pada tekanan kerja mencapai 200 psi.

Tekanan kerja *acetylene* yang digunakan untuk memotong mencapai 30 psi. Regulator *acetylene* yang digunakan pada proses pengelasan masih mampu digunakan untuk melayani tekanan kerja pekerjaan pemotongan, sehingga regulator *acetylene* potong dapat menggunakan regulator *acetylene* yang digunakan untuk mengelas.

### c. Prosedur Pemotongan

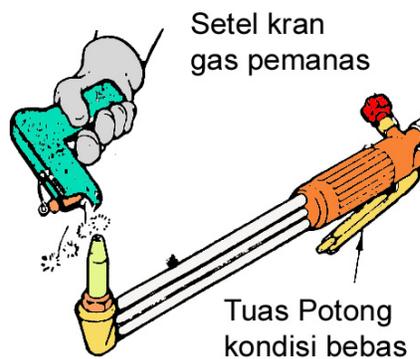
Prosedur umum yang harus dilakukan pada tahap persiapan dan mengakhiri pekerjaan pemotongan dengan *Oxy-acetylene* hampir sama dengan prosedur persiapan dan mengakhiri pada pengelasan.

*Menyalakan dan mengatur nyala api pemanas*

- a. Menutup semua kran yang terdapat pada brander potong.
- b. Mengatur tekanan kerja gas *acetylene* dengan cara sebagai berikut.
  - Membuka katup tabung *acetylene* sepenuhnya agar gas *acetylene* dalam tabung mengisi regulator.
  - Membuka katup regulator *acetylene* dan mengatur tekanan kerja gas *acetylene* sesuai dengan ukuran brander potong yang digunakan.
  - Membuka kran *acetylene* pada brander, hingga gas *acetylene* mengalir keluar melalui ujung moncong brander. Atur kembali tekanan kerja gas *acetylene* pada regulator hingga stabil sesuai tekanan kerja yang diijinkan. Tutup kembali kran *acetylene* pada brander.
- c. Mengatur tekanan kerja gas oksigen dengan cara sebagai berikut :
  - Membuka katup tabung oksigen sepenuhnya agar gas *acetylene* dalam tabung mengisi regulator.
  - Membuka katup regulator oksigen dan mengatur tekanan kerja gas oksigen sesuai dengan ukuran brander yang digunakan.

## Las Oxy-acetyline

- Membuka kran oksigen pemanas pada brander, hingga gas oksigen mengalir keluar melalui ujung moncong brander. Atur kembali tekanan kerja gas oksigen pada regulator hingga stabil sesuai tekanan kerja yang diijinkan. Tutup kembali kran oksigen pemanas pada brander.
- d. Memulai menyalakan api pemanas, dengan membuka sedikit kran *acetylene* pada brander ( $\pm 1/8$  putaran) hingga terdengar gas *acetylene* mengalir keluar dari ujung moncong brander.
- e. Arahkan moncong brander ke area yang aman, kemudian gunakan korek api las untuk menyalakan api *acetylene*. Atur nyala api *acetylene* hingga terbentuk nyala yang tidak berjelaga dan tidak terlalu besar.



Gambar 7.62. Menyalakan nyala api pemanas acetylene

- f. Membuka kran oksigen pemanas sedikit demi sedikit, perhatikan perubahan api las pada ujung moncong brander.
- Atur pembukaan kran *acetylene* dan oksigen hingga diperoleh api las yang diinginkan. Apabila api las mati, nyalakan dan atur kembali dengan cara menutup terlebih dahulu kran oksigen pemanas sebelum menyalakan api *acetylene*.
- g. Tekan tuas potong sesaat untuk mengalirkan oksigen potong, lepaskan tuas potong dan atur kembali nyala api pemanas sampai didapatkan nyala api netral.



Gambar 7.63. Nyala Api Potong Netral dan *Carburizing*

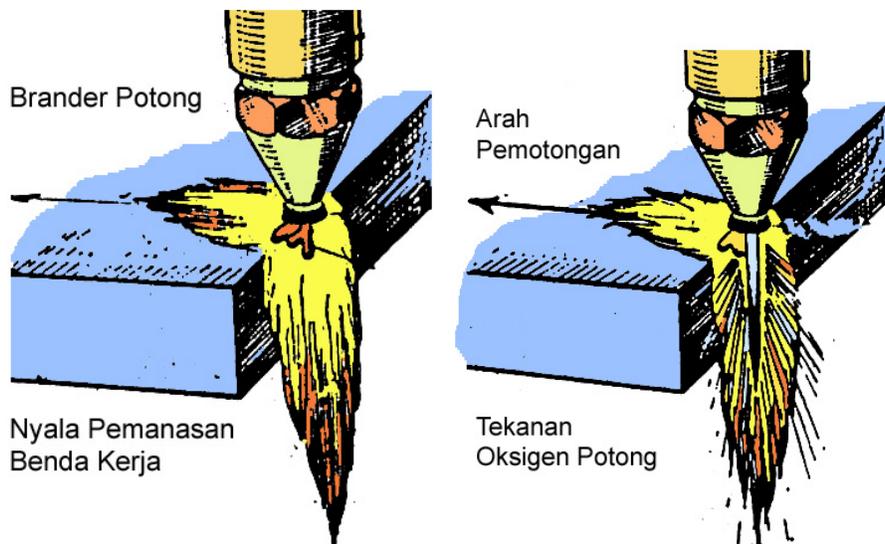
## Teknik Bodi Otomotif

### d. Teknik Pemotongan

#### Langkah Pemotongan

Pemotongan dimulai dengan cara memanaskan tepi benda kerja yang akan dipotong. Tuas potong dalam keadaan bebas (tidak ditekan) sehingga oksigen potong tidak mengalir keluar melalui *nozzle*. Jarak ujung *nozzle* ke permukaan benda kerja diatur  $\pm 10$  mm, *nozzle* diposisikan tegak lurus terhadap benda kerja.

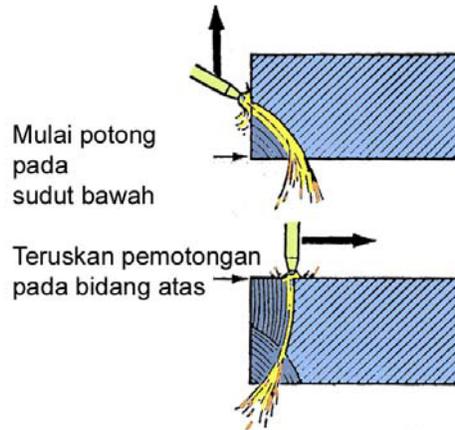
Setelah benda kerja dipanaskan hingga berwarna merah kekuningan, tuas potong pada brander ditekan untuk mengalirkan oksigen potong. Keluarnya oksigen potong bertekanan tinggi melalui *nozzle* akan mengeluarkan suara yang cukup keras. Pemotongan benda kerja segera dimulai, tekan *nozzle* ke bawah dan gerakkan perlahan dengan kecepatan yang konstan mengikuti garis potong.



Gambar 7.64. Pemanasan awal dan pemotongan

#### Pemotongan pada Logam Tebal

Apabila akan melakukan pemotongan benda kerja yang tebalnya lebih dari 50 mm, maka pemotongan diawali dengan melakukan pemotongan pada sudut bawah dari benda kerja.



Gambar 7.65. Pemotongan Logam Tebal

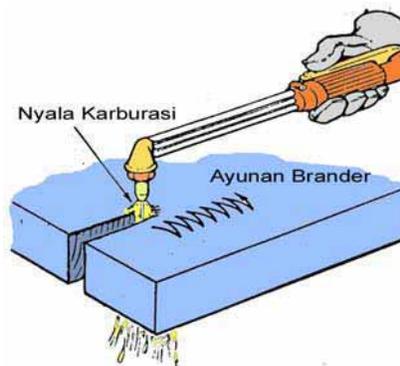
### Pemotongan pada Besi Tuang

Pada saat melakukan pemotongan benda kerja yang terbuat dari bahan besi tuang, perlu diperhatikan hal-hal berikut ini.

- Nyala api pemanas disetel *carburizing* (kelebihan *acetylene*).
- Disamping itu digunakan *nozzle* dengan ukuran yang lebih besar daripada ukuran *nozzle* yang digunakan untuk memotong benda kerja dari bahan baja pada ketebalan yang sama.

Misalnya :

Untuk pemotongan benda kerja dari bahan baja dengan ketebalan 12 mm, digunakan *nozzle* dengan ukuran 1,2 mm. Pada saat kita akan melakukan pemotongan benda kerja dari bahan besi tuang dengan ketebalan 12 mm, maka digunakan *nozzle* dengan ukuran 2 mm.



Gambar 7.66. Pemotongan besi tuang

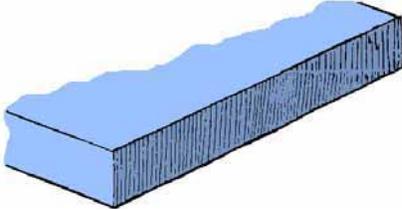
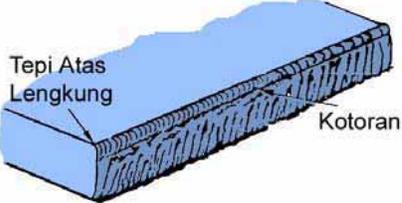
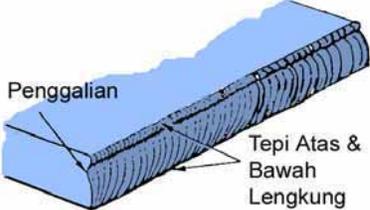
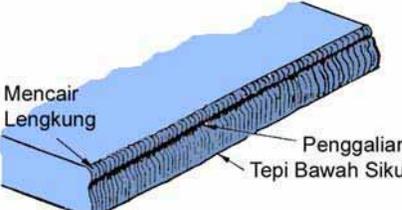
## Teknik Bodi Otomotif

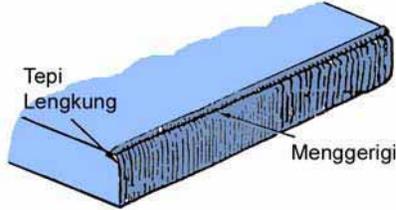
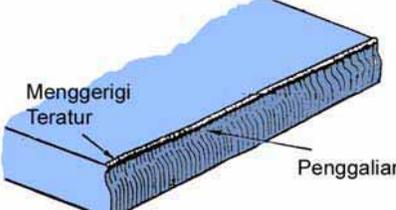
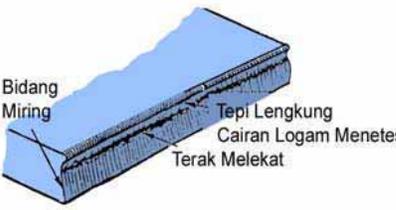
Pada saat melakukan pemotongan sepanjang garis potong, *nozzle* harus digerakkan sambil diayunkan.

### e. Kualitas Hasil Pemotongan

Tabel di bawah ini menunjukkan contoh-contoh hasil pemotongan yang mungkin terjadi, beserta faktor-faktor penyebabnya.

Tabel 7.2. Kualitas Hasil Pemotongan

No	Hasil Pemotongan	Keterangan
1.	 <p>Hasil potongan rapi dan rata</p>	<p>Bidang potongan tajam dan bersih, membentuk garis-garis lurus, sisi potong halus dan siku. Kotoran-kotoran yang ada mudah dibersihkan. Garis-garis potong vertikal dan lurus.</p>
2.	 <p>Tepi Atas Lengkung Kotoran</p> <p>Tepi atas lengkung</p>	<p>Kondisi seperti ini disebabkan karena kecepatan <i>nozzle</i> terlalu rendah. Tepi atas potongan membentuk lengkungan, bagian bawah dan bidang potong susah dibersihkan.</p> <p>Kondisi ini dapat dihindarkan dengan cara mempercepat gerakan <i>nozzle</i>, atau menambah tekanan oksigen.</p>
3.	 <p>Penggalian Tepi Atas &amp; Bawah Lengkung</p> <p>Terdapat penggalian, tepi atas dan bawah lengkung</p>	<p>Tepi atas tidak tajam dan bergerigi, terdapat penggalian serta tepi bawah lengkung. Kondisi ini disebabkan karena kecepatan <i>nozzle</i> yang terlalu tinggi. Langkah pencegahan adalah dengan mengurangi kecepatan gerakan <i>nozzle</i>.</p>
4.	 <p>Mencair Lengkung Penggalian Tepi Bawah Siku</p> <p>Bagian atas mencair lengkung, terjadi penggalian, tepi bawah siku.</p>	<p>Lengkungan dan pencairan tepi atas potongan berlebihan dan terjadi penggalian. Kondisi ini disebabkan arus oksigen yang berlebihan, dapat diatasi dengan mengurangi tekanan oksigen, atau menyetel jarak antara <i>nozzle</i> dengan pelat.</p>

5.	 <p style="text-align: center;">Tepi atas lengkung dan bergerigi</p>	<p>Terdapat penyisihan rigi-rigi dan tepi atas membulat, tetapi bidang potong terlihat baik. Kondisi ini disebabkan karena posisi <i>nozzle</i> terlalu tinggi, dapat diatasi dengan cara menyetel ketinggian <i>nozzle</i> pada jarak yang sesuai.</p>
6.	 <p style="text-align: center;">Tepi atas mengerigi teratur dan terjadi penggalian</p>	<p>Tepi atas terdapat rigi-rigi yang teratur, terdapat takikan lebar pada puncak dengan penggalian arah ke bawah.</p> <p>Hal ini disebabkan oleh tekanan potong oksigen yang terlalu tinggi, sehingga dapat diatasi dengan cara menurunkan tekanan oksigen potong.</p>
7.	 <p style="text-align: center;">Tepi atas lengkung, cairan logam menetes, terak melekat dan bidang potong miring</p>	<p>Kondisi ini disebabkan oleh pemanasan yang berlebihan, dapat diakibatkan oleh nyala api pemanas yang terlalu besar. Untuk mengatasi hal ini dapat dilakukan dengan cara mengganti <i>nozzle</i> yang lebih kecil, menyetel kembali tekanan gas dan nyala api pemanas.</p>

Tugas dan pertanyaan:

1. Lakukan pengamatan berkelompok pekerjaan mengelas *oxy-acetylene* di bengkel las terdekat dari sekolah Anda!
2. Bagaimanakah prosedur melaksanakan pengelasan *oxy-acetylene*?
3. Jelaskan keselamatan kerja dalam melaksanakan pengelasan *oxy-acetylene*!



Las merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menyambung dua bagian logam menjadi satu bagian yang kuat dengan memanfaatkan energi panas. Apabila las oxy-acetylene menggunakan panas dari gas karbit dan oksigen, pada las busur nyala listrik ini, panas diambil dari arus listrik yang mengalir diantara dua logam. Energi panas disalurkan pada ujung-ujung bagian logam yang akan disambung hingga bagian tersebut meleleh.

Pada saat yang sama bahan tambah (yang juga berada dalam kondisi meleleh) ditambahkan ke dalam lelehan kedua bagian logam yang akan disambung. Bahan tambah beserta kedua bagian logam yang dilelehkan berpadu membentuk ikatan metallurgi sehingga setelah dingin membeku dan dihasilkan ikatan sambungan yang kuat.

Selama di dalam proses pengelasan terjadi peleburan dan perpaduan antara bahan tambah dan kedua bagian logam yang akan disambung, kekuatan sambungan yang dihasilkan proses pengelasan sama dengan kekuatan bahan dasar logam yang disambung.

Las busur nyala listrik merupakan metode pengelasan yang memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber panas. Arus listrik yang cukup tinggi dimanfaatkan untuk menciptakan busur nyala listrik (*Arc*) sehingga dihasilkan suhu pengelasan yang tinggi, mencapai 4000°C. Sumber arus listrik yang digunakan dapat berupa listrik arus searah (*direct current / DC*) maupun arus bolak-balik (*alternating current / AC*).

### 8.1. Klasifikasi Las Busur Nyala Listrik

Terdapat beberapa macam las busur nyala listrik, yang diklasifikasikan sebagai berikut :

- a) Las busur listrik elektroda terbungkus (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*).
- b) Las busur listrik dengan pelindung gas (*TIG/Wolfram, MIG, CO<sub>2</sub>*).
- c) Las busur listrik dengan pelindung bukan gas.

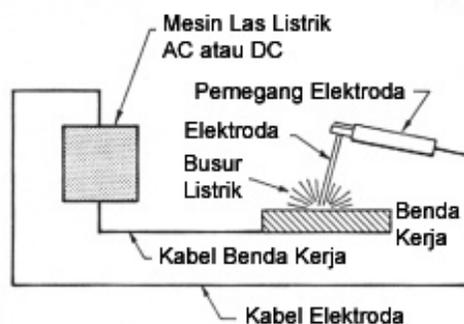


Gambar 8.1. Pekerjaan Mengelas menggunakan las busur nyala listrik

Las busur nyala listrik dengan elektroda terbungkus merupakan jenis pengelasan yang banyak digunakan, sehingga pembahasan las busur nyala listrik pada buku ini dibatasi mengenai las busur nyala listrik dengan Elektroda terbungkus (SMAW).

### **8.2. Prinsip Las Busur Nyala Listrik**

Busur nyala listrik terjadi di antara benda kerja yang akan disambung dan elektroda (dapat berupa batang atau kabel). Pada umumnya, elektroda selain berfungsi sebagai penghantar arus listrik untuk menghasilkan busur nyala listrik sekaligus berfungsi sebagai bahan tambah. Bersamaan dengan timbulnya busur nyala listrik, elektroda meleleh dan mengisi celah sambungan bagian logam yang akan disambung.



Gambar 8.2. Skema dasar las busur nyala listrik

Skema dasar las busur nyala listrik dapat dilihat pada gambar di atas. Sebuah mesin las dengan sumber tegangan AC ataupun DC, dihubungkan ke benda kerja menggunakan kabel. Ujung kabel satunya

## Teknik Bodi Otomotif

dihubungkan ke elektroda melalui kabel elektroda dan pemegang elektroda.

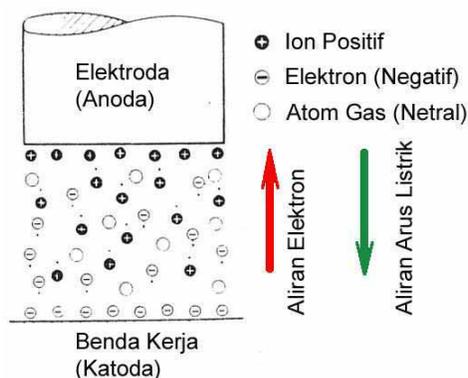
Busur nyala listrik terjadi pada saat elektroda menyentuh benda kerja, kemudian secepat mungkin ditarik kembali dan diberikan jarak tertentu dengan benda kerja. Temperatur yang dihasilkan oleh busur nyala listrik mencapai  $4000^{\circ}\text{C}$ . Panas yang dihasilkan akan melelehkan bagian benda kerja dan ujung elektroda, menghasilkan kubangan logam cair yang biasa disebut kawah lasan.

Kawah lasan yang berupa paduan lelehan benda kerja dan elektroda akan membeku pada saat elektroda bergeser sepanjang jalur sambungan yang akan dibuat, sehingga dihasilkan sambungan las yang kuat berupa paduan logam dari bahan tambah dan benda kerja yang disambung.

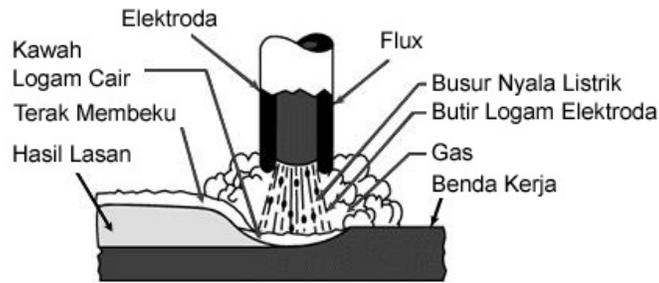
### **Pembentukan Busur Nyala Listrik**

Sumber listrik dihubungkan ke benda kerja sedemikian rupa sehingga kutub sumber yang satu terhubung ke benda kerja (berfungsi sebagai katoda), kutub yang lain dihubungkan dengan elektroda (berfungsi sebagai anoda). Pada saat elektroda didekatkan /ditempelkan ke benda kerja, akan terjadi hubungan singkat antara kutub-kutub sumber listrik.

Elektron mengalir dengan kecepatan tinggi dari kutub katoda (benda kerja) ke kutub anoda, (yang berupa elektroda) melompati ruang udara diantara katoda dan anoda. Aliran elektron menimbulkan aliran ion positif dari kutub anoda ke kutub katoda, yang kita istilahkan sebagai aliran arus listrik. Arus listrik yang melompat melalui ruang udara kita lihat sebagai busur nyala listrik. Semakin besar aliran arus listrik yang terjadi, busur nyala listrik yang tercipta juga semakin besar.



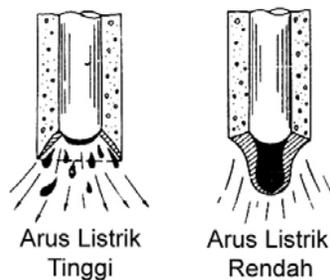
Gambar 8.3. Pembentukan busur nyala listrik



Gambar 8.4. Peleburan butiran logam oleh busur nyala listrik

Terciptanya busur nyala listrik menimbulkan panas yang sangat tinggi, sehingga ujung elektroda mencair membentuk butir-butir logam yang diantarkan oleh busur nyala listrik menuju kampuh sambungan yang dikehendaki dan menyatu dengan logam dasar yang mencair. Proses pemindahan logam elektroda itulah yang kita manfaatkan untuk melakukan pengelasan.

Apabila arus listrik yang mengalir besar, butir-butir logam akan menjadi halus. Tetapi jika arus listriknya terlalu besar, butir-butir logam tersebut akan terbakar sehingga kampuh sambungan menjadi rapuh.



Gambar 8.5. Peleburan butiran logam elektroda

Besar kecilnya butir-butir cairan logam elektroda juga dipengaruhi oleh komposisi bahan fluks yang dipakai sebagai pembungkus Elektroda. Selama pengelasan fluks akan mencair membentuk terak dan menutup cairan logam lasan. Selama proses pengelasan, fluks yang tidak terbakar akan berubah menjadi gas. Terak dan gas yang terjadi selama proses pengelasan tersebut akan melindungi cairan logam lasan dari pengaruh udara luar (oksidasi) dan memantapkan busur nyala listrik. Dengan adanya fluks, pemindahan logam cair Elektroda las menjadi lancar dan stabil.

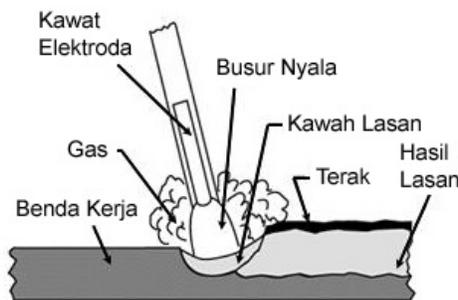
## Teknik Bodi Otomotif

### **Perlindungan Terhadap Busur Nyala Listrik**

Bagaimanapun, proses pengelasan busur nyala listrik tidak hanya sekedar menggeser elektroda sepanjang jalur sambungan. Pada suhu tinggi, logam memiliki kecenderungan mudah bereaksi terhadap zat-zat yang terkandung dalam udara, terutama terhadap oksigen dan nitrogen.

Pada saat pengelasan, apabila terjadi kontak langsung antara kawah lasan dengan udara bebas, oksid dan nitrid akan terbentuk sehingga menurunkan kekuatan dan keuletan sambungan. Oleh karenanya kebanyakan jenis las busur nyala listrik memberikan perlindungan terhadap busur nyala dan kawah lasan dengan lapisan gas pelindung, uap atau terak. Perlindungan terhadap busur nyala listrik akan mengurangi hubungan kawah lasan dengan udara bebas sehingga melindungi sambungan lasan dari proses oksidasi yang akan merusak mutu lasan.

Gambar berikut ini menunjukkan ilustrasi perlindungan busur nyala listrik dan kawah lasan pada las busur nyala listrik dengan Elektroda terbungkus. Fluks (*extruded covering*) yang digunakan untuk membungkus elektroda berfungsi menghasilkan gas dan terak. Gas berfungsi sebagai pelindung kawah lasan, sedangkan terak yang dihasilkan berfungsi untuk melindungi sambungan las dari oksidasi akibat terhubung dengan udara luar.



Gambar 8.6. Ilustrasi Perlindungan Terhadap Kawah Lasan dan Sambungan Las pada las Busur Nyala Listrik dengan Elektroda Terbungkus

### **8.3. Parameter Pengelasan**

#### **a. Tegangan dan Arus Pengelasan**

Energi listrik pada las busur nyala listrik diukur dalam tegangan (volt) dan arus (ampere). Tegangan pengelasan ditentukan oleh panjang busur nyala listrik. Panjang busur nyala listrik bergantung pada ukuran

dan jenis elektroda yang digunakan. Panjang busur nyala listrik yang baik kurang lebih setengah dari diameter elektroda. Stabilitas busur nyala listrik dapat dirasakan dari suara pengelasan yang stabil.

Arus listrik merupakan energi listrik yang lebih praktis untuk diukur dalam melaksanakan pengelasan busur nyala listrik. Besar kecilnya arus yang digunakan tergantung dari bahan benda kerja, ukuran (ketebalan) benda kerja, bentuk kampuh sambungan, posisi pengelasan, jenis elektroda, dan diameter elektroda.

Pada umumnya, arus listrik yang rendah dan diameter elektroda yang lebih kecil diperlukan untuk melakukan pengelasan benda kerja yang kecil dibandingkan benda kerja yang lebih besar pada ketebalan yang sama. Benda kerja yang tipis memerlukan arus yang lebih rendah dibandingkan benda kerja yang tebal, dan elektrode berdiameter kecil memerlukan arus yang rendah pula dibandingkan elektrode yang berdiameter lebih besar. Daerah las yang memiliki kapasitas panas tinggi akan memerlukan arus las yang besar, bahkan memerlukan adanya pemanasan pendahuluan.

### **b. Kecepatan pengelasan**

Kecepatan pengelasan tergantung dari jenis elektroda, diameter Elektroda, bahan benda kerja, bentuk sambungan, dan ketelitian sambungan. Kecepatan pengelasan berbanding lurus dengan besar arus. Kecepatan yang tinggi memerlukan arus yang besar. Semakin cepat langkah pengelasan semakin kecil panas yang ditimbulkan sehingga perubahan bentuk bahan dapat dihindarkan.

Hasil pengelasan terbaik akan didapatkan dengan cara mengatur panjang busur nyala, mengatur kecepatan pengelasan dan pemakanan elektroda (*feeding*) secara konstan sesuai dengan kecepatan lebur elektroda.

### **c. Polaritas Listrik**

Polaritas listrik ditentukan oleh bahan fluks pada elektroda, ketahanan benda kerja terhadap panas, kapasitas panas pada sambungan, dan sebagainya. Polaritas besar cocok digunakan pada pengelasan benda kerja yang mempunyai titik cair tinggi dan kapasitas panas yang besar, demikian pula sebaliknya.

### **d. Dampak Bakar**

Dampak bakar merupakan tingkat kedalaman penembusan (penetrasi) jalur lasan terhadap bidang kerja yang disambung. Kekuatan sambungan las ditentukan oleh dampak bakar. Kedalaman dampak bakar

## Teknik Bodi Otomotif

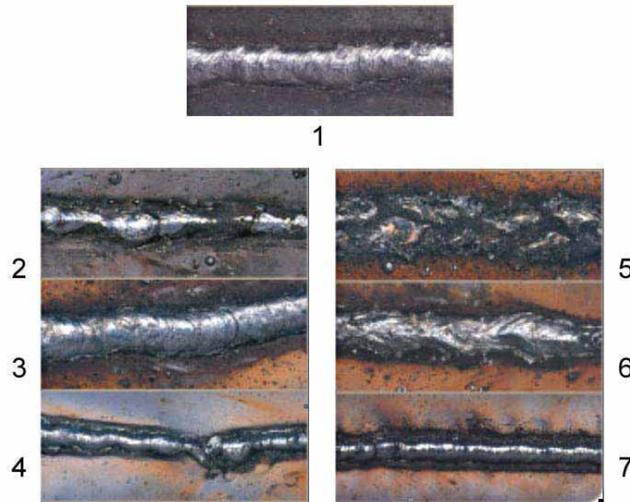
dipengaruhi oleh sifat-sifat bahan fluks, polaritas listrik, besar kecilnya arus, tegangan busur dan kecepatan pengelasan.

### e. Penyulutan Elektroda

Penyulutan elektroda dilakukan dengan mengadakan hubungan singkat pada ujung Elektroda dengan logam benda kerja yang kemudian secepat mungkin memisahkannya dengan jarak tertentu (biasanya setengah dari diameter elektroda).

Busur nyala listrik dapat dimatikan dengan mendekatkan elektroda dengan benda kerja, kemudian secepat mungkin dijauhkan. Langkah pemadaman busur listrik ini perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi kualitas lasan.

Semua parameter diatas perlu diperhitungkan pada saat melakukan pengelasan dengan las busur nyala listrik, agar didapatkan urutan manik las pada sambungan yang merata, halus, serta menghindari terjadinya takikan dan kubangan terak.



Keterangan :

1. Jalur Las Yang Baik
2. Kecepatan Pengelasan Terlalu Tinggi
3. Kecepatan Pengelasan Terlalu Rendah
4. Busur Nyala Listrik Terlalu Pendek
5. Busur Nyala Listrik Terlalu Panjang
6. Arus Pengelasan Terlalu Tinggi
7. Arus Pengelasan Terlalu Rendah

Gambar 8.7. Pengaruh kecepatan arus pengelasan terhadap hasil lasan

### 8.4. Peralatan Las Busur Nyala Listrik

#### a. Mesin Las

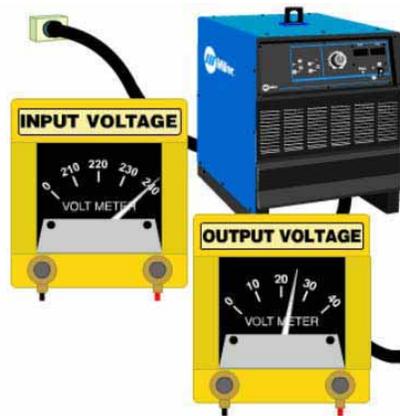
Mesin las busur nyala listrik merupakan alat pengatur tegangan dan arus listrik yang akan dimanfaatkan untuk menghasilkan busur nyala listrik. Sumber arus listrik yang digunakan dapat berupa listrik arus searah (*direct current* / DC) maupun arus bolak-balik (*alternating current* / AC).

Mesin las busur nyala listrik dengan sumber arus AC banyak digunakan. Dengan arus AC maka tidak terdapat kutub positif ataupun kutub negatif. Mesin las busur nyala listrik arus AC menggunakan tegangan rendah dan arus tinggi, misalnya 30 V – 180 A. apabila menggunakan sumber arus listrik dari jaringan listrik PLN, digunakan transformator untuk menurunkan tegangan. Pada mesin las arus AC, busur nyala listrik yang ditimbulkan tidak stabil (*berfluktuasi*), sehingga awal penyulutannya lebih susah daripada mesin las arus DC. Mesin las arus AC lebih sesuai menggunakan Elektroda terbungkus (dengan fluks) dan lebih ekonomis apabila digunakan untuk melakukan pengelasan plat-plat tipis.

#### Prinsip kerja mesin las busur nyala listrik

Mesin las busur listrik mengatur tegangan listrik yang diperlukan untuk pengelasan. Tegangan sumber listrik (misalnya dari jaringan listrik PLN) berkisar antara 220 – 250 Volt. Pada umumnya pengelasan membutuhkan sumber listrik tegangan rendah dan arus tinggi, misalnya 30 V – 180 A. Oleh karena itulah mesin las berfungsi mengatur tegangan listrik agar dapat digunakan untuk melakukan pengelasan.

Transformator penurun tegangan (*step-down*), *rectifier* dan *filter* (*stabilisator*) digunakan pada mesin las untuk mengatur tegangan *output* pengelasan.



Keterangan :

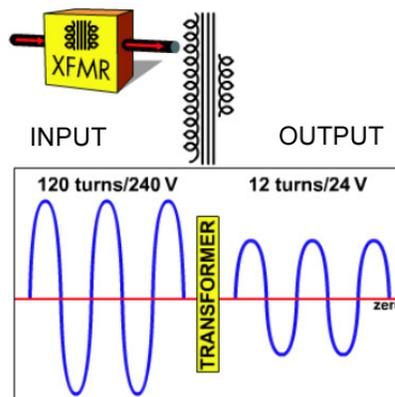
*Input Voltage* adalah tegangan listrik sumber dari jaringan listrik PLN.

*Output voltage* adalah tegangan pengelasan yang diatur oleh mesin las busur listrik.

Gambar 8.8. Mesin Las Busur Nyala Listrik

Proses kerja pengaturan tegangan pengelasan pada mesin las busur listrik dapat dijelaskan sebagai berikut :

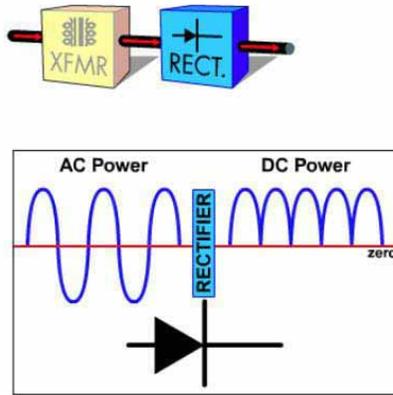
- a. *Transformator* menurunkan tegangan input agar dapat digunakan untuk mengelas



Gambar . 8.9. Penurunan Tegangan Oleh *Transformator (Step Down)*

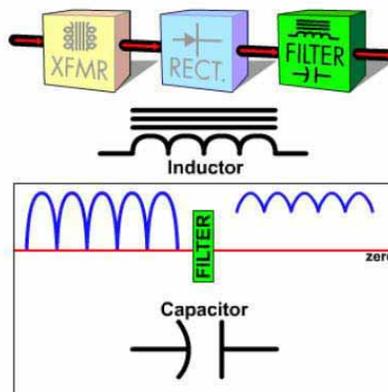
- b. *Rectifier* (dioda) digunakan untuk menyearahkan tegangan output transformator (AC ke DC).

## Las Busur Nyala Listrik



Gambar . 8.10. Penyearahan Output Oleh *Rectifier*

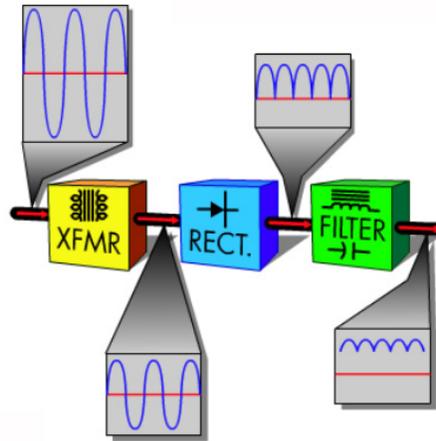
- c. *Filter* digunakan untuk meratakan tegangan output agar pengelasan lebih konsisten, dalam menstabilkan busur nyala listrik yang dihasilkan.



Gambar . 8.11. Perataan dan Penstabilan Tegangan Pada *Filter*

Secara keseluruhan, proses kerja di dalam mesin las dapat dicermati pada gambar di bawah ini.

## Teknik Bodi Otomotif



Gambar 8.12. Proses Kerja Mesin Las Secara Keseluruhan

Terdapat empat (4) mekanisme pengontrolan output pada mesin las busur nyala listrik, yaitu :

- Pengontrolan Mekanis (*Mechanical control*)
- Pengontrolan Elektris (*Mag-amp*)
- Pengontrolan *Solid State*
- Pengontrolan *Inverter*



Gambar 8.13. Mesin Las Busur Nyala Listrik

### **b. Kabel Las**

Kabel las merupakan kabel tembaga yang disekat dengan baik dan penampangnya bertambah besar seiring dengan kekuatan arus dan panjang kabel. Kabel aluminium menuntut penampang yang lebih besar. Sambungan dan penghubung kabel harus disekat baik dan menghasilkan kontak yang erat.

### **c. Pemegang Elektroda**

Pemegang Elektroda (*Electrode Holder*) harus disekat penuh terhadap arus dan konstruksinya dibuat sedemikian rupa sehingga tidak menyalurkan panas las ke tangan operator.

### **d. Elektroda (*Electrode*)**

Elektroda yang digunakan dalam las busur dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu : Elektroda polos, Elektroda inti dan Elektroda terbungkus.

#### Elektroda Polos

Sesuai dengan namanya, Elektroda polos adalah Elektroda yang tidak menggunakan fluks, sehingga hanya berbentuk kawat yang ditarik. Dengan demikian Elektroda ini tidak dapat mencegah masuknya udara ke dalam kawah lasan, yang berakibat pada rapuhnya sambungan las.

Busur api yang dihasilkan tidak stabil dan terputus-putus, penyulutannya pun sukar dilakukan. Proses pengelasan banyak menimbulkan percikan, dampak bakar dangkal, dan tidak menghasilkan terak maupun gas.

Keuntungan dari pengguna-an Elektroda polos adalah jalur las dapat diamati dengan jelas dan penyusutan relatif kecil. Elektroda polos lebih cocok digunakan untuk mesin las arus searah dengan penggunaan beban yang relatif kecil.

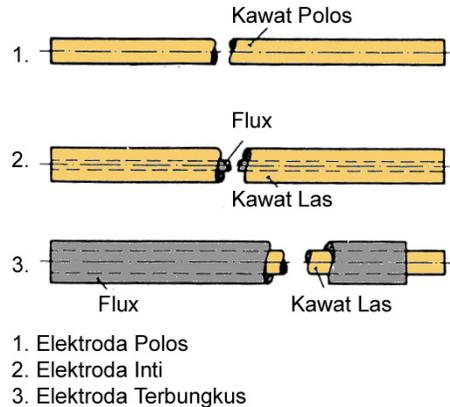
#### Elektroda Inti

Berbeda dengan Elektroda polos, Elektroda inti adalah kawat yang ditengahnya terdapat inti yang berfungsi sebagai fluks. Percikan yang ditimbulkan Elektroda inti relatif sedikit dibanding Elektroda polos.

Elektroda inti tidak tahan terhadap udara lembab, hasil pengelasan mempunyai kekuatan yang cukup tinggi, tetapi pada daerah lasan mempunyai penyusutan yang lebih besar daripada Elektroda polos.

## Teknik Bodi Otomotif

Apabila dibandingkan dengan Elektroda terbungkus, Elektroda ini mempunyai daya leleh dan kecepatan leleh yang rendah, sehingga penggunaannya terbatas pada kasus-kasus istimewa saja. Elektroda inti dapat digunakan pada mesin las arus AC maupun arus DC.



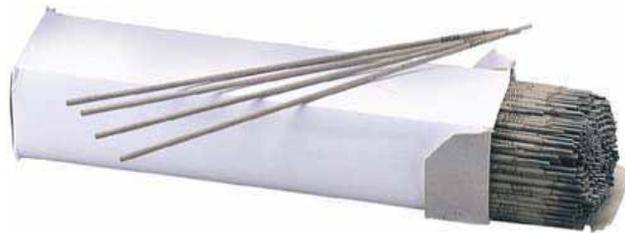
Gambar 8.14. Jenis Elektroda Las Busur Nyala Listrik

### Elektroda Terbungkus

Elektroda terbungkus merupakan kawat polos yang dibungkus dengan bahan fluks. Elektroda dengan lapisan fluks yang tipis biasanya digunakan untuk mesin las arus DC, sedangkan lapisan fluks yang tebal digunakan untuk mesin las arus AC.

Elektroda terbungkus memiliki sifat yang lebih baik apabila dibandingkan dengan Elektroda polos maupun Elektroda inti, yakni : mudah disulut, busur nyala listrik yang dihasilkan lebih stabil, dan kawah lasan terlindungi fluks dengan baik. Dengan demikian hasil pengelasan menggunakan

Elektroda terbungkus mempunyai Keuletan dan kekuatan yang sangat tinggi. Kekurangan dari penggunaan elektroda terbungkus adalah penyusutan yang tinggi pada daerah sambungan las dan kesulitan dalam mengamati jalur sambungan lasan.



Gambar 8.15. Elektroda Terbungkus

## Pengkodean Elektroda Terbungkus

Pengelompokan elektroda terbungkus yang ditetapkan oleh AWS dan JIS dituangkan dalam kode huruf dan angka, sebagai contoh :

Tabel 8.1. Pengkodean Elektroda Terbungkus

<b>E 60 1 3</b>	
	Menunjukkan jenis arus, bahan fluks, polaritas dan penetrasi yang dihasilkan. 0 : Fluks dari Natrium Selulosa Tinggi, Arus DC, Polaritas Balik. 1 : Fluks dari Kalium Selulosa Tinggi, Arus AC atau DC dengan Polaritas Rendah. 2 : Fluks dari Natrium Titania Tinggi, Arus AC atau DC, Polaritas Ganda. 3 : Fluks dari Kalium Titania Tinggi, Arus AC atau DC, Polaritas Ganda. 4 : Fluks dari Serbuk Besi Titania, Arus AC atau DC, Polaritas Ganda. 5 : Fluks dari Natrium Hidrogen Rendah, Arus DC, Polaritas Balik. 6 : Fluks dari Kalium Hidrogen Rendah, Arus AC atau DC, Polaritas Balik. 7 : Fluks dari Serbuk Besi dan Oksida Besi, Arus DC, Polaritas Lurus atau Ganda. 8 : Fluks dari Serbuk Besi Hidrogen Rendah, Arus AC atau DC, Polaritas Balik.
	Menunjukkan posisi pengelasan. 1 : Elektroda digunakan untuk semua posisi. 2 : Elektroda digunakan untuk posisi di bawah tangan dan horisontal. 3 : Elektroda digunakan untuk posisi di bawah tangan.
	Menunjukkan kekuatan / kekuatan tarik (x 1000 psi). 60 : Kekuatan / kekuatan tarik 60 x 1000 psi.
	Huruf E menyatakan Elektroda digunakan untuk las busur nyala listrik.

\* Polaritas lurus diterapkan pada posisi pengelasan horisontal, terutama untuk kampuh sudut. Polaritas ganda diterapkan pada posisi datar atau di bawah tangan.

## Teknik Bodi Otomotif

### Ukuran Diameter Elektroda

Ukuran diameter Elektroda berhubungan erat dengan arus yang diijinkan dan tebal pelat yang akan dilas. Informasi selengkapnya dapat dicermati pada tabel di bawah ini.

Tabel 8.2. Hubungan diameter Elektroda terhadap arus listrik dan tebal pelat yang diijinkan

Tebal Pelat		Arus	Diameter Elektroda	
mm	Swg	Ampere	mm	Inch
1,62	16	40 – 60	1,6	1/16
2,03	14	60 – 80	2,4	3/32
2,64	12	100	3,2	1/8
3,18	1/8"	125	3,2	1/8
3,25	10	125	3,2	1/8
4,06	8	160	4,8	3/16
4,76	3/16"	190	4,8	3/16
4,88	6	190	4,8	3/16
5,89	4	203	6,4	¼
6,35	¼"	250	6,4	¼
7,01	2	275 – 300	7,9	5/16
8,23	0	300 – 400	7,9	5/16
8,84	00	400 – 600	8,5	3/8

#### e. **Bahan Tambah (Fluks)**

Bahan fluks dibuat dari berbagai bahan mineral, antara lain oksida logam, karbonat, silikat, florida, zat organik, baja paduan, dan serbuk besi. Bahan fluks tersebut berfungsi sebagai berikut:

- Memudahkan penyulutan dan pemantap busur selama proses pengelasan berjalan.
- Meningkatkan dampak bakar (penetrasi).
- Sebagai bahan pengisi pada kampuh sambungan.
- Memperlancar pemindahan butir cairan logam elektroda.
- Pembentuk terak dan gas, melindungi cairan logam lasan dari pengaruh udara luar (sebagai deoksidator).

### 8.5. Perlengkapan Mengelas

#### Pakaian Mengelas

Pakaian mengelas diperlukan untuk melindungi tubuh pekerja selama melaksanakan pekerjaan mengelas maupun pada saat berada di lingkungan pengelasan. Pekerjaan las *busur listrik* menimbulkan radiasi, panas dan percikan bara api yang dapat menimbulkan rasa pedih dan terbakar pada kulit dan mata.

Pakailah pakaian mengelas khusus, *appron* atau pakaian yang terbuat dari bahan tahan panas dan percikan api, misalnya pakaian yang terbuat dari bahan kulit atau jeans tebal. Sarung tangan las juga diperlukan apabila dapat menambah kenyamanan dalam melaksanakan pengelasan.



Gambar 8.16. Pakaian Kerja dan Sarung Tangan Las

## Teknik Bodi Otomotif

### Topeng las

Nyala dan percikan logam cair pada las *busur listrik* memancarkan sinar ultraviolet dan infra merah. Sinar ini membahayakan pada mata. Untuk mencegah bahaya ini diperlukan topeng las. Lensa topeng las merupakan kaca gelap. Tingkat kegelapan kaca bagian dalam bervariasi, penggunaannya dapat disesuaikan menurut kenyamanan.

Panduan memilih tingkat kegelapan kaca topeng las dapat dilihat pada halaman lampiran bab ini.



Gambar 8.17. Topeng Las Busur Listrik

### Pembersih Terak

Terak (*flux*) yang melekat pada sambungan lasan dapat dihilangkan dengan mudah selagi benda kerja dan terak dalam keadaan panas. Untuk membersihkan terak diperlukan palu terak dan sikat kawat baja, disamping itu juga diperlukan tang penjepit untuk mengambil dan memegang benda kerja.

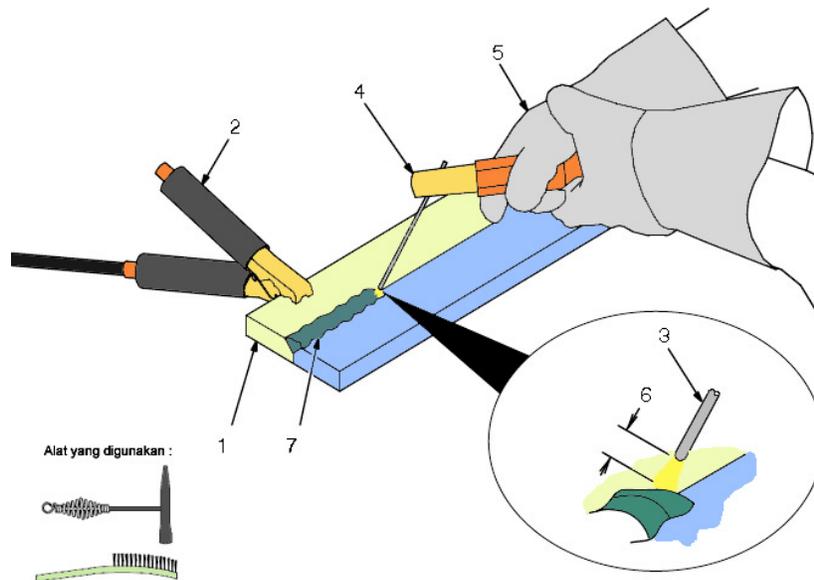


Gambar 8.18. Sikat Kawat dan Palu Terak

### 8.6.2. Persiapan Umum Pengelasan

Pengelasan dimulai bersama-sama pada saat elektroda menyentuh benda kerja. Beberapa hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Pastikan benda kerja dalam kondisi bersih sebelum dilakukan pengelasan.
2. Penjepit benda kerja (kabel kerja) diposisikan sedekat mungkin dengan benda kerja.
3. Sebelum memulai penyalaan busur nyala, pasang elektroda pada pemegangnya dengan kuat. Sesuaikan arus pengelasan dengan diameter elektroda yang digunakan sesuai rekomendasi dari pabrik pembuat elektroda.
4. Pastikan kondisi pemegang elektroda dalam keadaan baik.
5. Posisi pemegang elektroda
6. Pertahankan panjang busur nyala listrik menyesuaikan dengan diameter elektroda yang digunakan.
7. Setelah pengelasan selesai, gunakan palu terak (*chipping hammer*) dan sikat kawat untuk menghilangkan terak. Selalu bersihkan terak dan periksa kondisi ujung sambungan pada saat akan melanjutkan jalur pengelasan.



Gambar 8.19. Melaksanakan Pengelasan

### 8.6. Metode Penyalaan Busur Nyala Lisrik

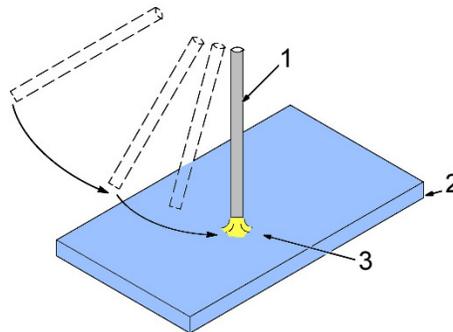
- **Teknik Penyalaan Ayun**

Ayunkan dan goreskan elektroda pada permukaan benda kerja seperti menyalakan korek api, kemudian angkat sedikit elektroda begitu menyentuh benda kerja. Apabila busur nyala mati, berarti elektroda terlalu tinggi (jauh) dari benda kerja. Apabila elektroda menempel pada benda kerja, ayunkan elektroda dengan cepat untuk melepaskannya.

Teknik penyalaan ayun biasa digunakan pada pengelasan dengan sumber arus AC.

- **Teknik Penyalaan Ketuk**

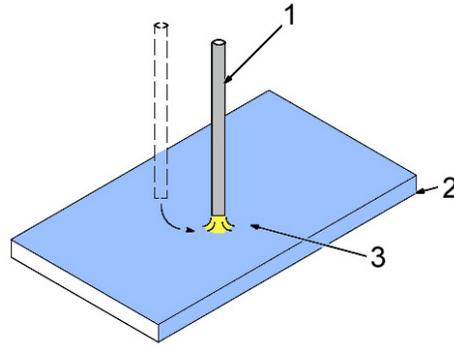
Ketukkan elektroda secara vertikal pada benda kerja, kemudian angkat sedikit untuk memulai menyalakan busur nyala listrik. Apabila busur nyala mati, berarti elektroda terlalu tinggi (jauh) dari benda kerja. Apabila elektroda menempel pada benda kerja, ayunkan elektroda dengan cepat untuk melepaskannya.



1. Elektroda
2. Benda Kerja
3. Busur nyala listrik

Gambar 8.20. Teknik Penyalaan Ayun

## Las Busur Nyala Listrik



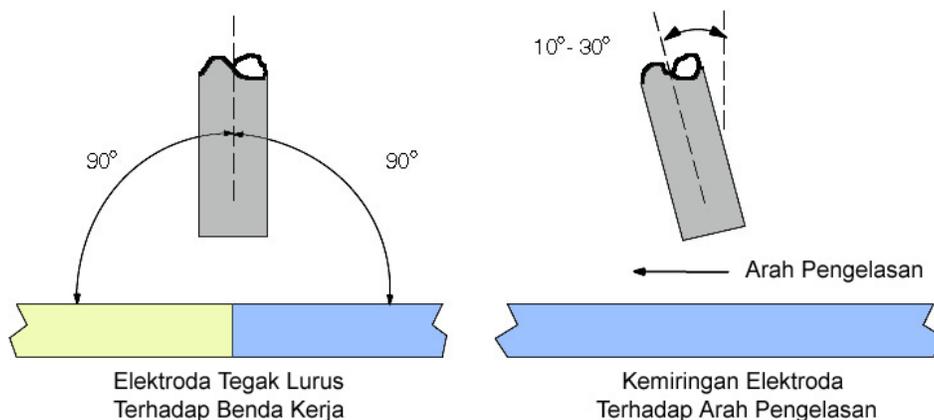
1. Elektroda
2. Benda Kerja
3. Busur nyala listrik

Gambar 8.21. Teknik Penyalaan Ketuk

- **Mengatur Posisi dan Sudut Elektroda Terhadap Benda Kerja**

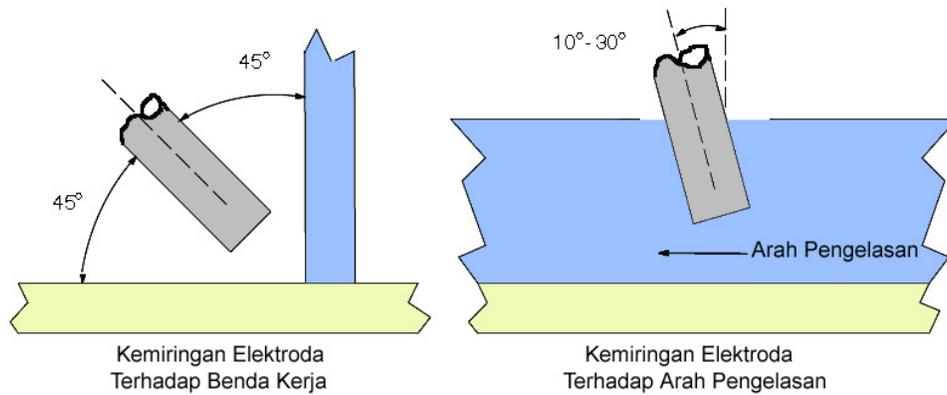
Posisikan elektroda hampir tegak lurus terhadap benda kerja dengan sedikit condong ke arah gerakan pengelasan. Hasil pengelasan terbaik akan didapatkan dengan cara mengatur panjang busur nyala, mengatur kecepatan pengelasan dan pemakanan elektroda (*feeding*) secara konstan sesuai dengan kecepatan lebur elektroda.

### Sambungan Celah (Groove Welds)



Gambar 8.22. Pengaturan Posisi dan Sudut Elektroda pada Sambungan Celah

### Sambungan Fillet (*Fillet Welds*)



Gambar 8.23. Pengaturan Posisi dan Sudut Elektroda pada Sambungan Fillet

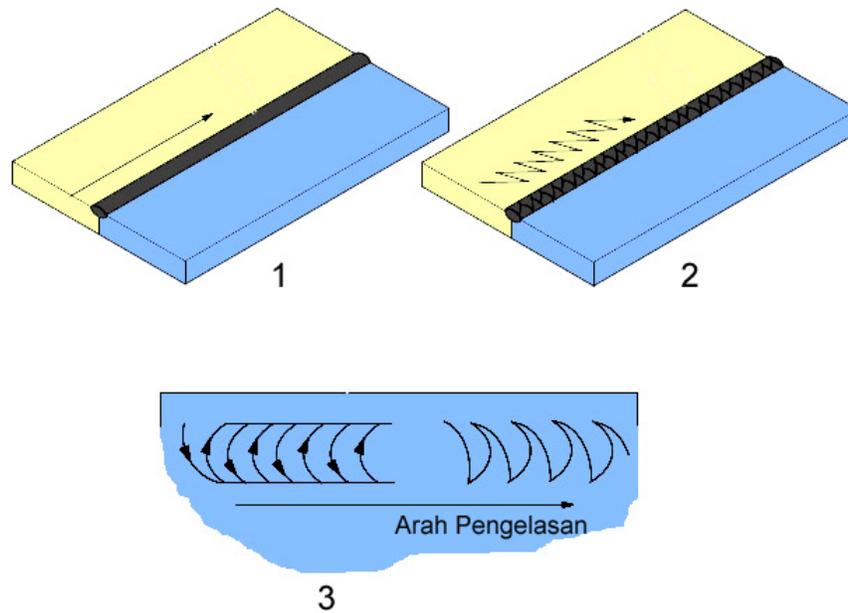
- **Gerakan/Ayunan Elektroda selama Pengelasan**

Gerakan/ayunan elektroda diperlukan untuk mengisi sambungan lasan dengan celah yang lebar.

Lakukan gerak ayunan elektroda secara bergelombang untuk menutup celah sambungan yang lebar dalam satu jalur lasan. Batas lebar ayunan elektroda maksimal 2 kali diameter elektroda yang digunakan.

1. Kampuh las gerak lurus, tanpa ayunan elektroda
2. Kampuh dengan gerak ayunan elektroda *zig-zag* (ke samping) sepanjang jalur lasan
3. Pola ayunan elektroda secara bergelombang

## Las Busur Nyala Listrik

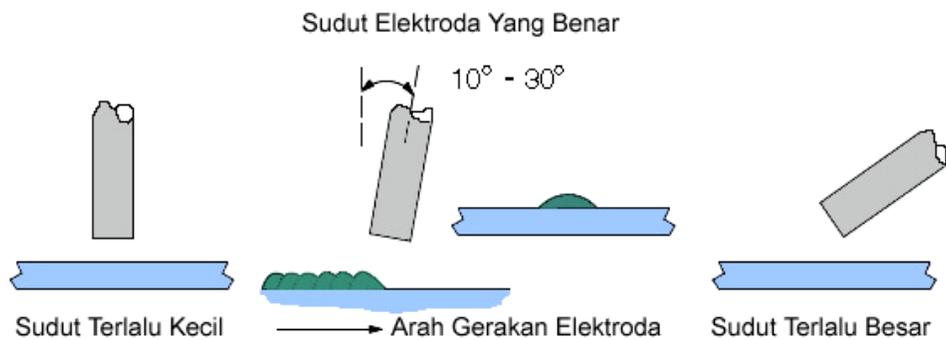


Gambar 8.24. Pola Ayunan Elektroda

- **Beberapa Hal Yang Mempengaruhi Bentuk Jalur Lasan**

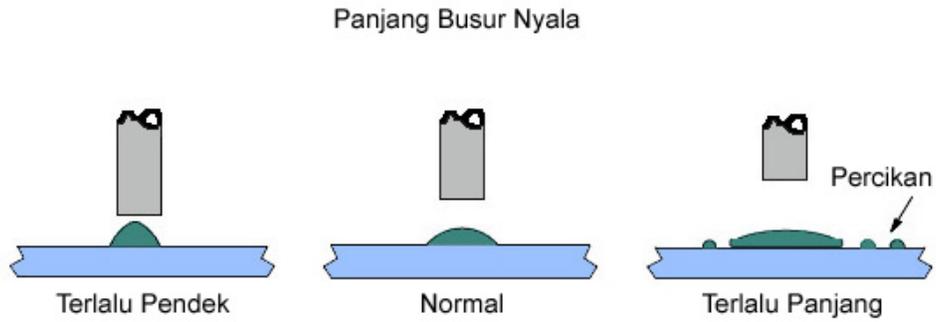
Catatan :

Bentuk jalur lasan dipengaruhi oleh sudut elektroda, panjang busur nyala listrik, kecepatan pengelasan, dan ketebalan benda kerja.

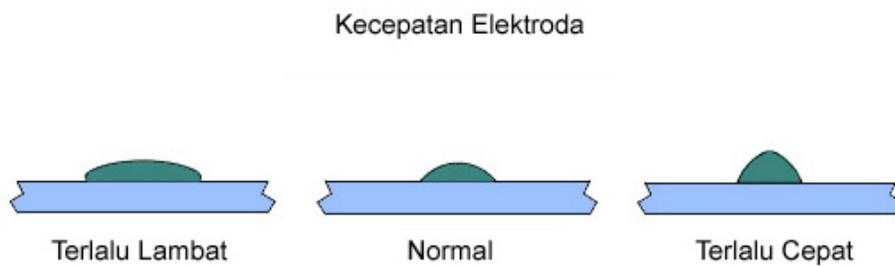


Gambar 8.25. Pengaruh Sudut Elektroda Terhadap Bentuk Jalur Lasan

## Teknik Bodi Otomotif

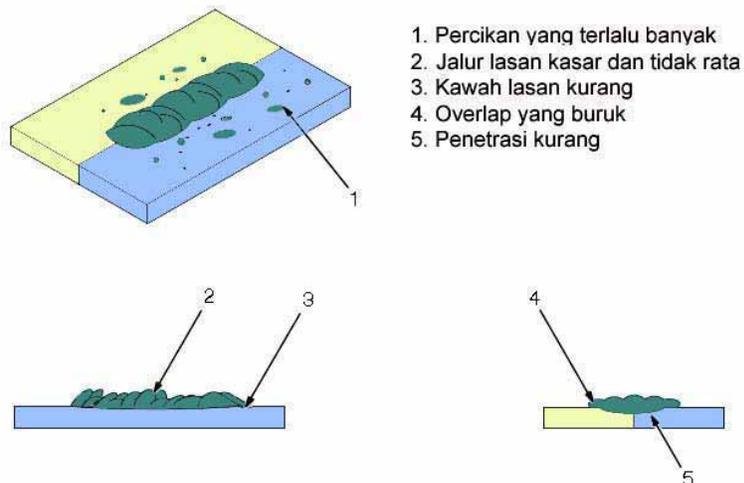


Gambar 8.26. Pengaruh Panjang Busur Nyala Terhadap Bentuk Jalur Lasan



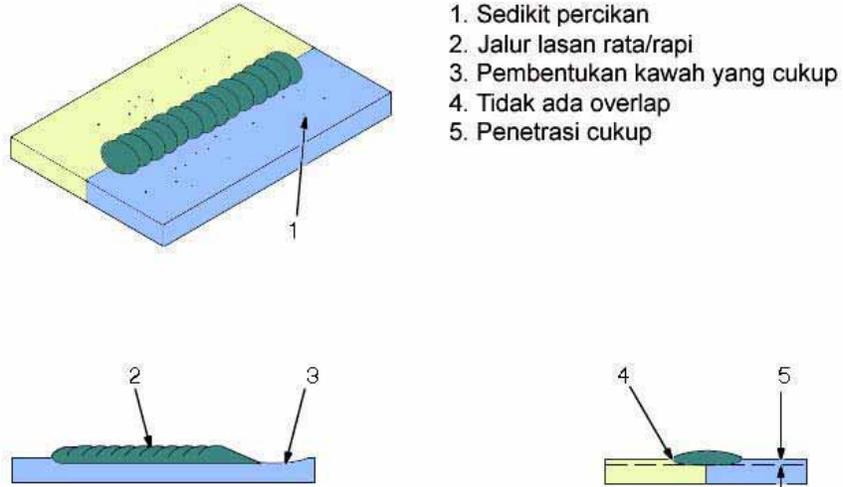
Gambar 8.27. Pengaruh kecepatan elektroda terhadap bentuk jalur lasan

- **Karakter Kualitas Lasan yang Buruk**



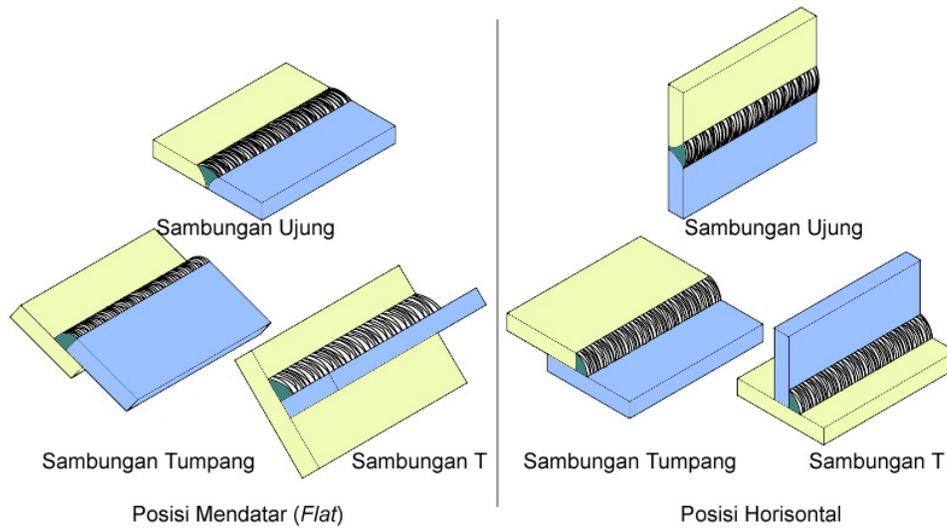
Gambar 8.28. Karakter kualitas lasan yang buruk

- **Karakter Kualitas Lasan yang Baik**

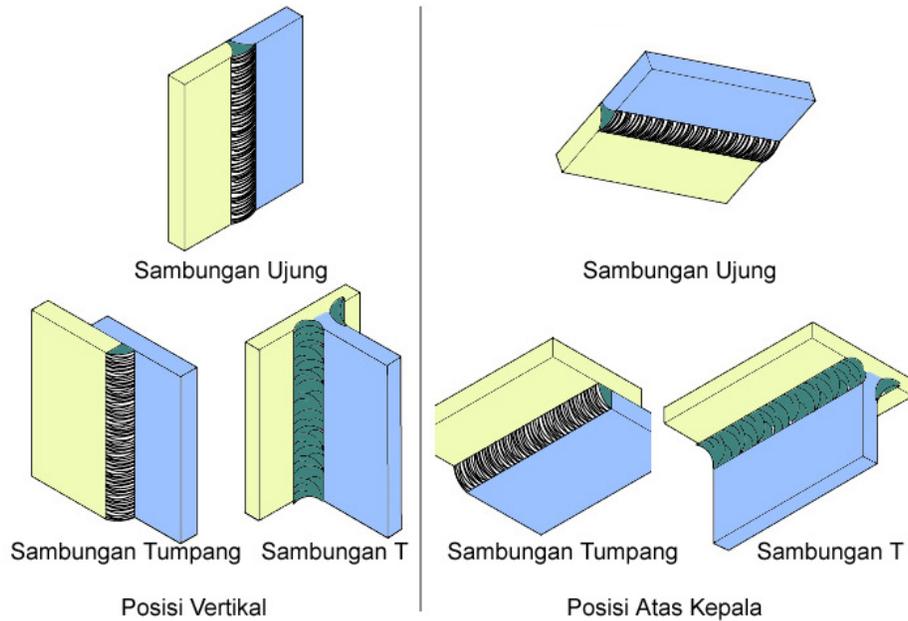


Gambar 8.29. Karakter kualitas lasan yang baik

- **Posisi Pengelasan**



Gambar 8.30. Posisi Pengelasan Flat dan Horizontal



Gambar 8.31. Posisi Pengelasan Vertikal dan Atas Kepala

### Pengelasan Posisi Datar - Sambungan Ujung

1. *Tack Welds*.

Distorsi pada benda kerja seringkali terjadi pada saat terjadi pemanasan lokal pada sambungan. Satu sisi plat yang disambung seringkali melengkung dan berubah bentuk selama pengelasan berlangsung maupun pada saat pendinginan berlangsung. *Tack welds* berfungsi mengunci posisi ujung-ujung sambungan untuk mencegah terjadinya distorsi akibat pengaruh panas lokal saat pengelasan.

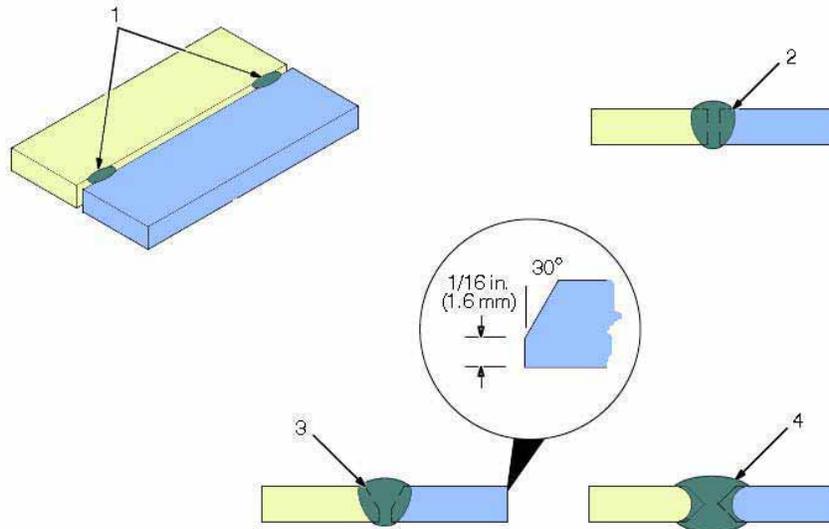
2. Kampuh Konvensional (*Square Groove Weld*).

3. Kampuh V Tunggal (*Single V-Groove Weld*).

4. Kampuh V Ganda (*Double V-Groove Weld*).

Dengan kampuh sambungan konvensional, benda kerja dengan ketebalan sampai dengan 3/16 in (5 mm) seringkali dapat langsung dilas tanpa persiapan khusus. Namun untuk mengelas benda kerja yang lebih tebal diperlukan kampuh sambungan bentuk V untuk menghasilkan pengelasan yang lebih baik. Kampuh sambungan bentuk V tunggal ataupun ganda baik diterapkan pada benda kerja dengan ketebalan antara 3/16 - 3/4 in (5-19 mm).

Pada umumnya, kampuh sambungan bentuk V tunggal digunakan pada benda kerja dengan ketebalan mencapai  $\frac{3}{4}$  in (19 mm) dan tanpa memperhatikan ketebalannya dapat dilas dari satu sisi saja. Besar sudut untuk kampuh bentuk V adalah  $30^{\circ}$ , sudut kampuh dapat dibuat menggunakan gerinda maupun alat potong lainnya.



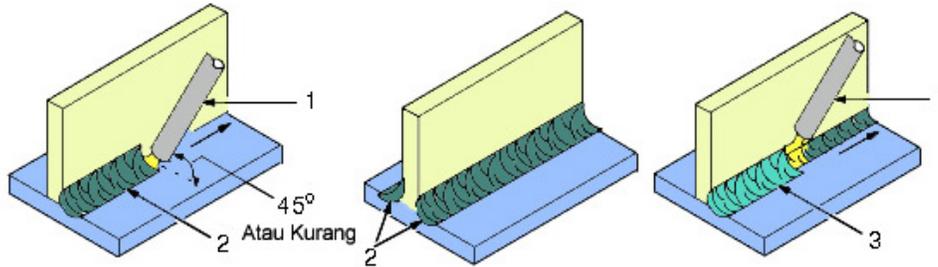
Gambar 8.32. Pengelasan Posisi Datar Sambungan Ujung

### **Pengelasan Posisi Datar - Sambungan T**

1. Elektroda.
2. Pengelasan *fillet*.

Busur nyala listrik dalam kondisi pendek dan gerakkan elektroda secara konstan pada kecepatan tertentu. Pertahankan posisi elektroda seperti pada gambar untuk memberikan peleburan sampai ke sudut sambungan. Agar didapatkan kekuatan sambungan yang maksimal, lakukan pengelasan pada kedua sisi sambungan.

3. Pengelasan berlapis. Lakukan pengelasan beberapa lapis apabila diperlukan, lakukan dengan mengayunkan elektroda menggunakan pola bergelombang. Jangan lupa bersihkan dahulu terak yang ada sebelum melakukan pengelasan untuk lapisan selanjutnya.

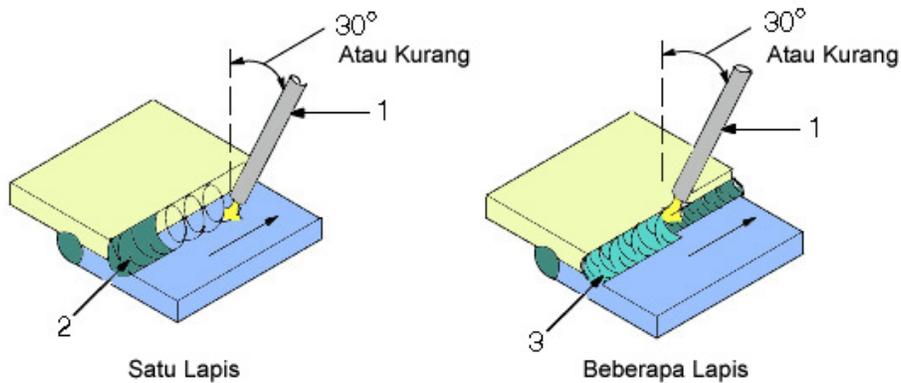


Gambar 8.33. Pengelasan Posisi Datar Sambungan T

### Pengelasan Posisi Datar - Sambungan Tumpang

1. Elektroda.
2. Satu lapis. Gerakkan elektroda mengayun membentuk gerakan memutar.
3. Beberapa lapis. Lakukan pengelasan dalam beberapa lapisan apabila diperlukan. Jangan lupa bersihkan dahulu terak yang ada sebelum melakukan pengelasan untuk lapisan selanjutnya.

Agar didapatkan kekuatan sambungan yang maksimal, lakukan pengelasan pada kedua sisi sambungan.



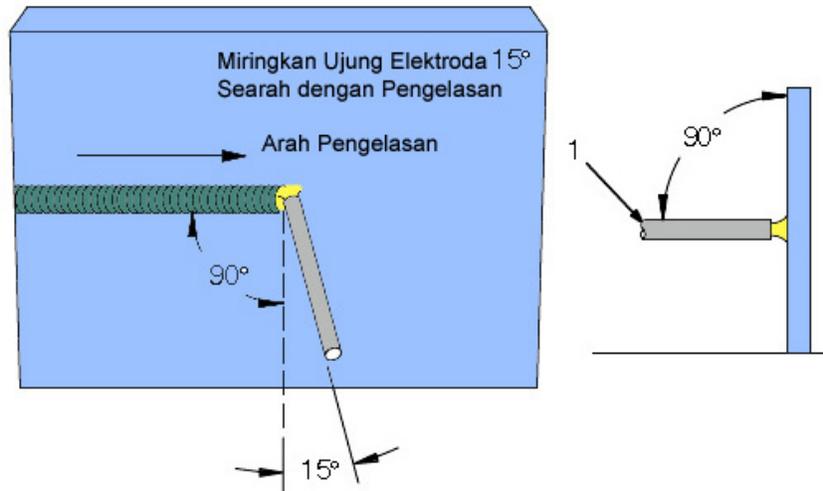
Gambar 8.34. Pengelasan Posisi Datar Sambungan Tumpang

### Pengelasan Posisi Horizontal - Sambungan Ujung

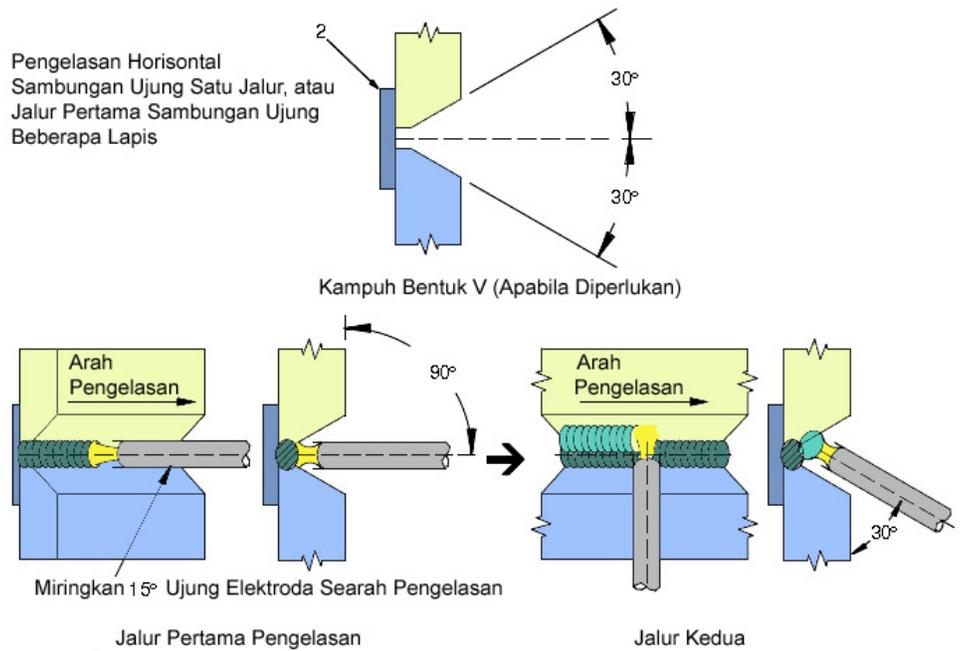
Pada pengelasan posisi horisontal, gaya gravitasi dapat mempengaruhi bentuk kawah lasan. Perlu diingat bahwa tidak semua jenis elektroda sesuai digunakan untuk melakukan pengelasan posisi horisontal.

1. Elektroda.
2. Pelat pendukung. Lakukan *tack weld* benda kerja ke pelat pendukung agar mempermudah pengelasan jalur pertama.

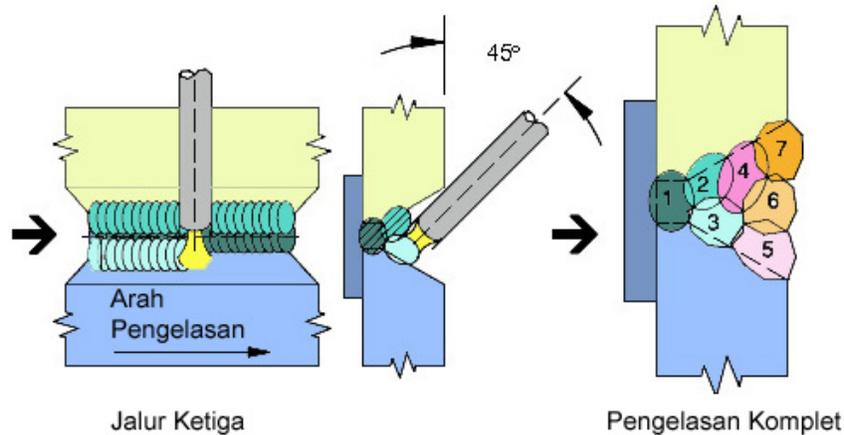
## Las Busur Nyala Listrik



Gambar 8.35. Pengelasan Posisi Horizontal - Sambungan Ujung Satu Jalur



Gambar 8.36.a. Pengelasan Posisi Horizontal Sambungan Ujung Beberapa Lapis (Jalur I dan II)



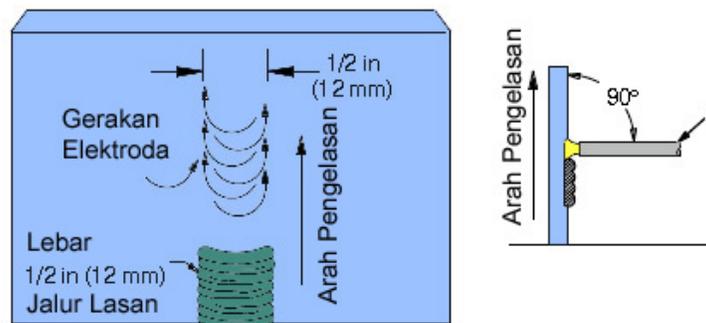
Gambar 8.36.b. Pengelasan Posisi Horizontal Sambungan Ujung Beberapa Lapisan (Jalur III hingga Komplet)

### Pengelasan Posisi Vertikal - Sambungan Ujung

Pada saat kita melakukan pengelasan posisi vertikal, gaya gravitasi akan mempengaruhi bentuk kawah lasan. Tidak semua jenis elektroda dapat digunakan untuk melakukan teknik pengelasan posisi vertikal.

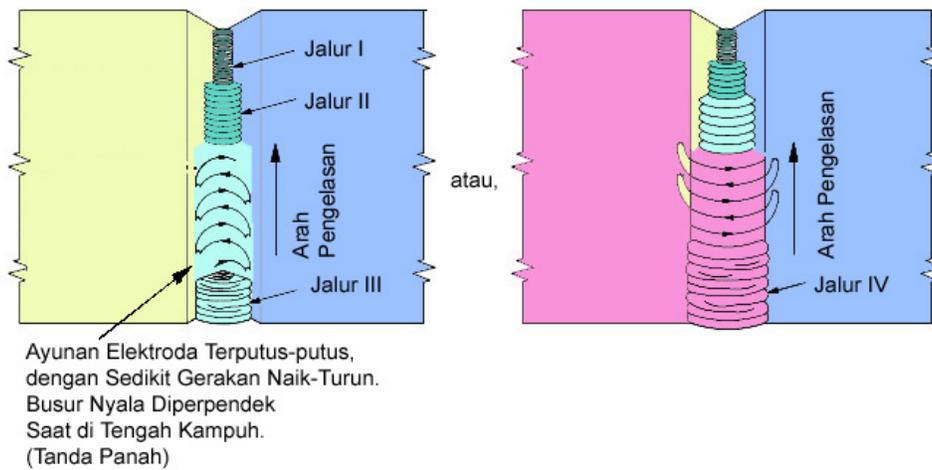
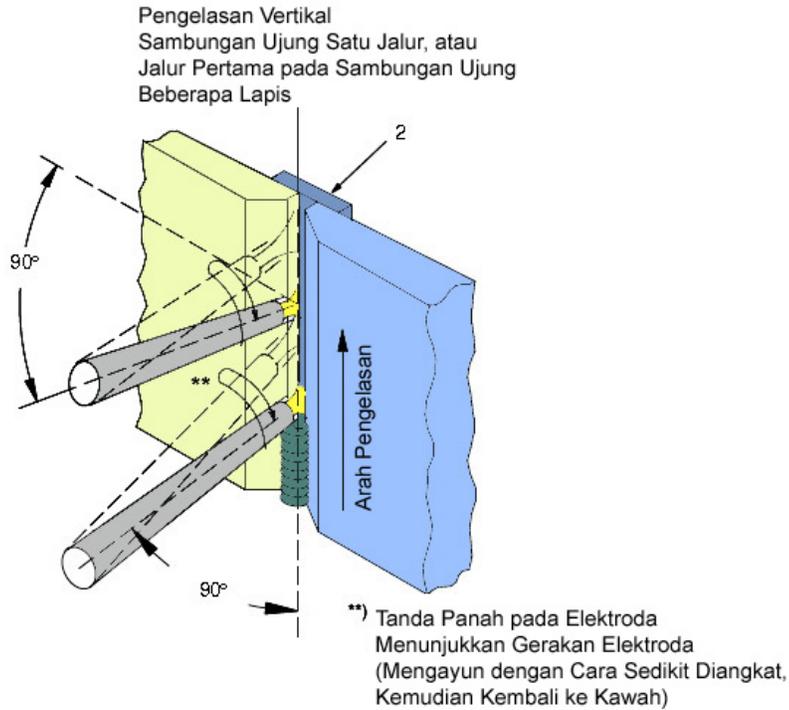
Lakukan pengelasan secara vertikal dengan cara menggiring kawah lasan ke atas, dapat pula dilakukan pengelasan ke arah bawah. Arah pengelasan ke atas lebih mudah dilakukan sebagaimana diperlihatkan pada gambar di bawah ini. Lakukan pengelasan sambungan kampuh bentuk V apabila diperlukan. Jangan lupa lakukan *tack weld* benda kerja ke pelat pendukung agar mempermudah pengelasan jalur pertama.

1. Elektroda.
2. Pelat pendukung.



Gambar 8.37. Pengelasan Posisi Vertikal Sambungan Ujung (Satu Jalur)

## Las Busur Nyala Listrik



Tahapan Jalur Pengelasan pada Pengelasan Posisi Vertikal Sambungan Ujung

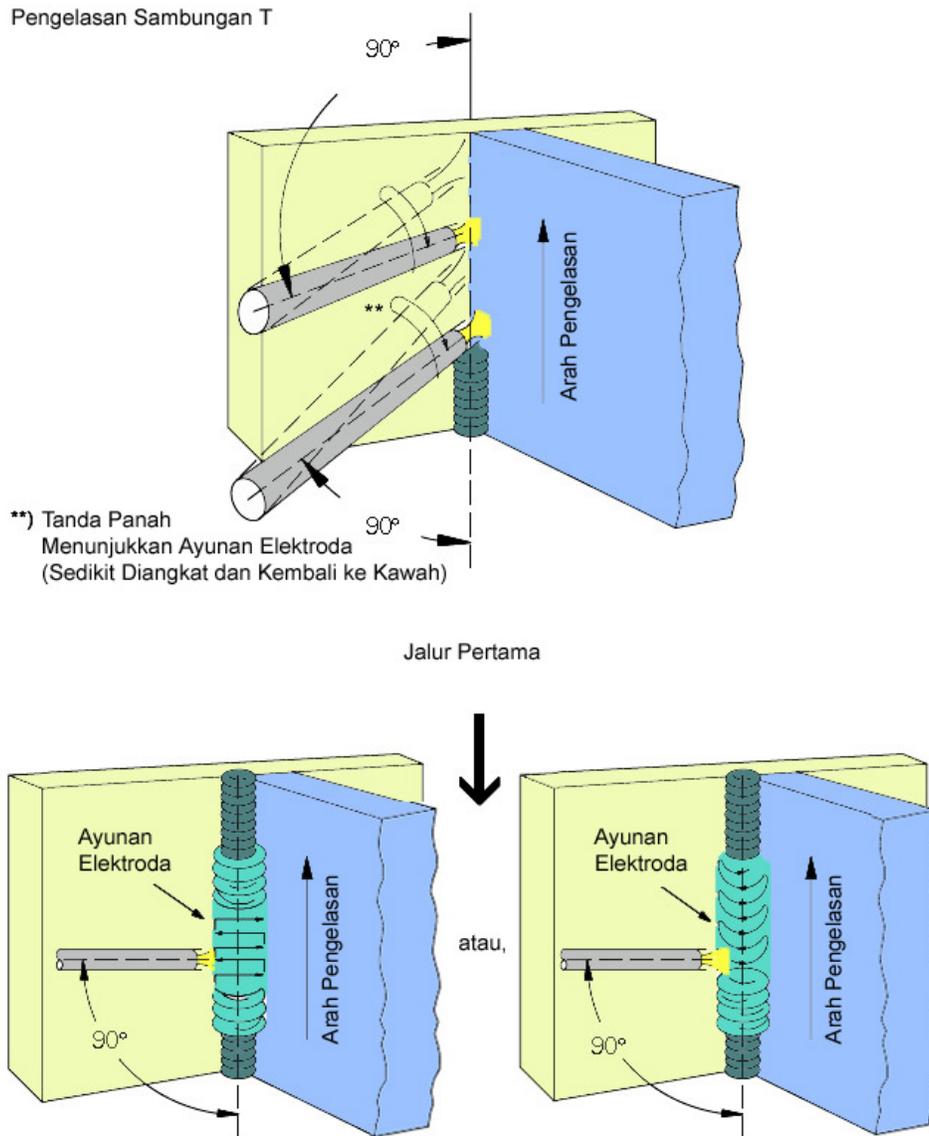
Gambar 8.38. Pengelasan Posisi Vertikal Sambungan Ujung Beberapa Lapis

## Teknik Bodi Otomotif

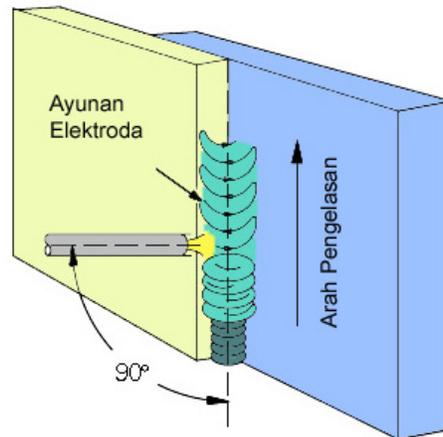
### **Pengelasan Posisi Vertikal - Sambungan T dan Tumpang**

Catatan :

Pada saat kita melakukan pengelasan posisi vertikal, gaya gravitasi akan mempengaruhi bentuk kawah lasan. Tidak semua jenis elektroda dapat digunakan untuk melakukan teknik pengelasan posisi vertikal.



Gambar 8.39. Pengelasan Posisi Vertikal Sambungan T



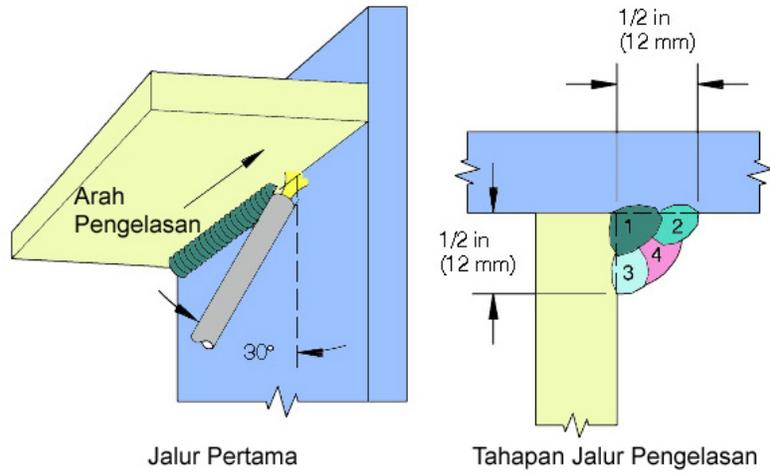
Gambar 8.40. Pengelasan Posisi Vertikal Sambungan Tumpang

### **Pengelasan Posisi Atas Kepala**

Pada saat kita melakukan pengelasan posisi di atas kepala, gaya gravitasi akan mempengaruhi bentuk kawah lasan. Tidak semua jenis elektroda dapat digunakan untuk melakukan teknik pengelasan posisi vertikal.

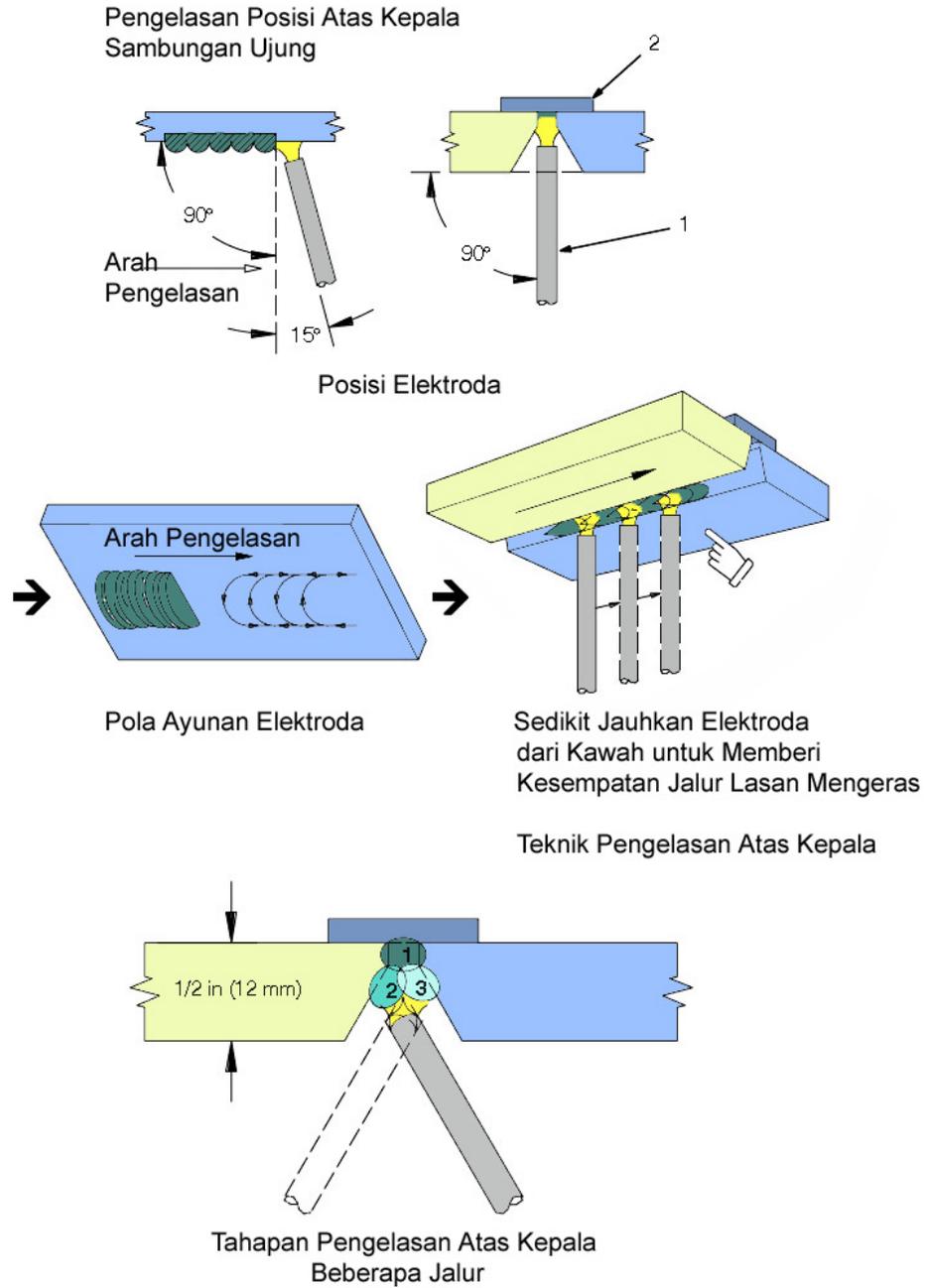
1. Elektroda.
2. Pelat pendukung.

Pengelasan di atas kepala merupakan posisi pengelasan yang paling sulit dilakukan. Lakukan pengelasan posisi atas kepala dengan cara mengayun elektroda sedikit dijauhkan dan dari kawah. Dengan cara demikian akan memberikan sedikit waktu bagi jalur lasan sedikit mengeras. Apabila diperlukan jalur lasan yang lebih lebar, lakukan pula gerakan mengayun elektroda dengan pola bergelombang. Lakukan pengelasan sambungan kampuh bentuk V apabila diperlukan. Jangan lupa lakukan *tack weld* benda kerja ke pelat pendukung agar mempermudah pengelasan jalur pertama.



Gambar 8.41. Pengelasan Posisi Atas Kepala Sambungan T

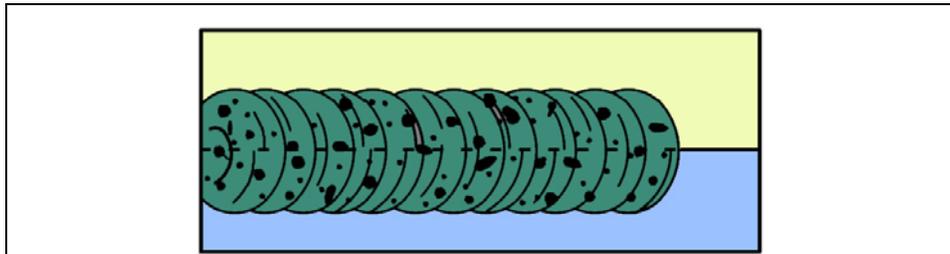
## Las Busur Nyala Listrik



Gambar 8.42. Pengelasan Posisi Atas Kepala Sambungan Ujung

## 8.7. Cacat Las dan Penanganannya

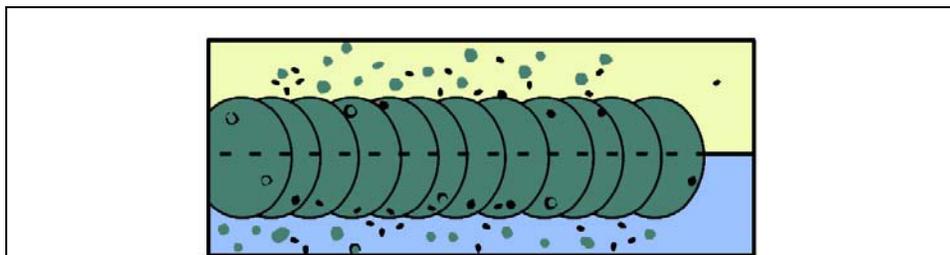
### 1. Porosity



Terdapat lubang-lubang atau rongga kecil pada jalur lasan

Kemungkinan Penyebab	Penanganan
Busur nyala listrik terlalu panjang	Kurangi panjang busur nyala listrik
Benda kerja kotor	Bersihkan benda kerja dari gemuk, minyak, kelembaban/basah, karat, cat, terak dan kotoran yang mungkin ada.
Elektroda yang digunakan lembab	Gunakan elektroda yang kering

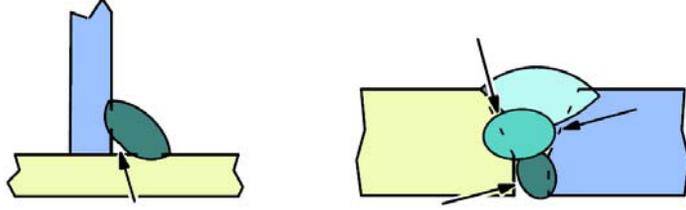
### 2. Excessive Spatter



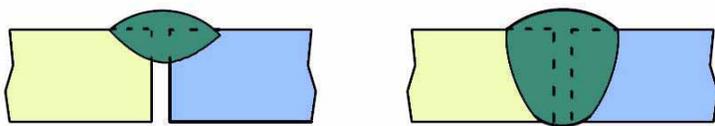
Terlalu banyak percikan logam yang mengeras di sekitar jalur pengelasan

Kemungkinan Penyebab	Penanganan
Penyetelan arus pengelasan terlalu tinggi	Turunkan arus pengelasan, atau pilih elektroda yang berdiameter lebih besar
Busur nyala listrik terlalu panjang	Kurangi panjang busur nyala listrik
Tegangan pengelasan terlalu tinggi	Turunkan tegangan pengelasan

### 3. Incomplete Fusion

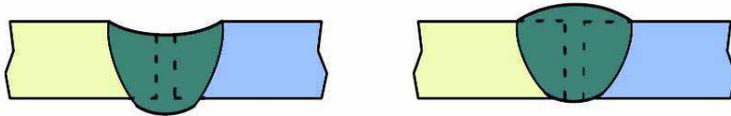
	
<p>Peleburan/penyatuan yang kurang sempurna antara jalur lasan dengan benda kerja atau dengan jalur las yang sebelumnya</p>	
Kemungkinan Penyebab	Penanganan
Panas pengelasan kurang	Naikkan arus pengelasan, atau ganti elektroda yang berdiameter lebih besar dan naikkan arus pengelasannya.
Teknik pengelasan yang salah	Tempatkan jalur pengelasan tepat pada kampuh sambungan. Sesuaikan sudut kampuh atau lebarkan kampuh agar penetrasi mencapai dasar sambungan. Apabila menggunakan teknik ayunan elektroda, tahan sesaat gerakan elektroda pada posisi tepi alur sambungan.
Benda kerja kotor	Bersihkan benda kerja dari gemuk, minyak, kelembaban/basah, karat, cat, terak dan kotoran yang mungkin ada.

### 4. Penetrasi Kurang

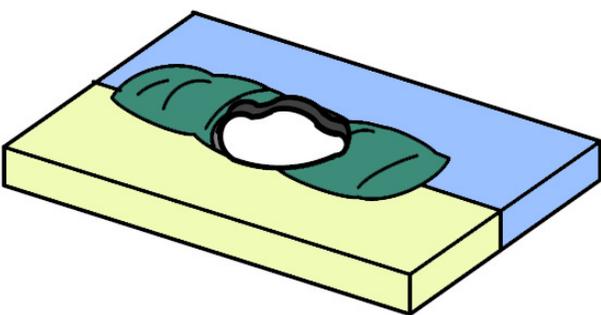
	
<p>Peleburan/penyatuan yang dangkal antara jalur lasan dengan benda kerja</p>	
Kemungkinan Penyebab	Penanganan
Celah sambungan yang kurang tepat, atau benda kerja terlalu tebal	Sesuaikan celah dan bentuk sambungan agar lasan dapat mencapai dasar alur sambungan.
Teknik pengelasan yang salah	Sesuaikan posisi elektroda terhadap benda kerja. Kurangi kecepatan pengelasan
Panas pengelasan kurang	Naikkan arus pengelasan, atau ganti elektroda yang berdiameter lebih besar dan naikkan arus pengelasannya.

## Teknik Bodi Otomotif

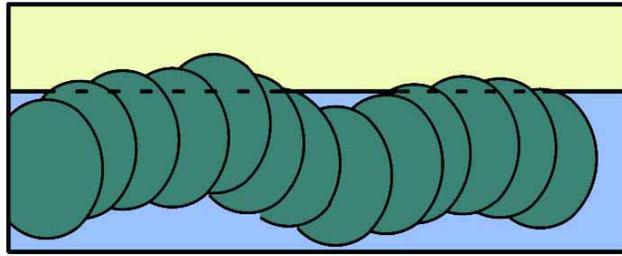
### 5. Penetrasi Berlebih

 <p>Penetrasi Yang Berlebih                      Penetrasi Cukup</p> <p>Jalur lasan menembus benda kerja dan meleleh di dasar sambungan</p>	
<b>Kemungkinan Penyebab</b>	<b>Penanganan</b>
Panas pengelasan berlebih	Turunkan arus pengelasan, dan gunakan elektroda yang berdiameter lebih kecil
Teknik pengelasan yang salah	Sesuaikan kecepatan pengelasan

### 6. Sambungan Berlubang

 <p>Jalur lasan menembus benda kerja dan menimbulkan lubang pada sambungan</p>	
<b>Kemungkinan Penyebab</b>	<b>Penanganan</b>
Panas pengelasan berlebih	Turunkan arus pengelasan, dan gunakan elektroda yang berdiameter lebih kecil. Sesuaikan kecepatan pengelasan secara konstan.

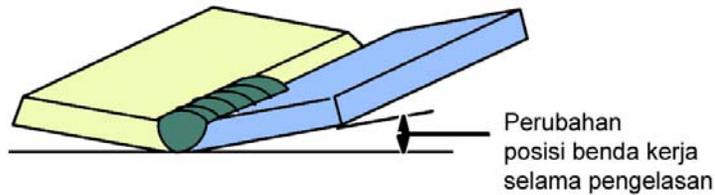
## 6. Jalur Las Bergelombang



Jalur lasan bergelombang (berkelok-kelok) dan tidak menutup kampuh sambungan dengan sempurna

Kemungkinan Penyebab	Penanganan
Gerakan pengelasan (tangan) yang tidak stabil dan terarah	Perbanyak latihan mengelas, penggunaan dua tangan agar gerakan lebih terarah.

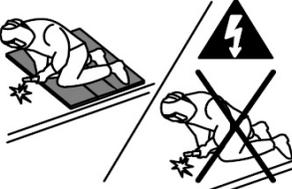
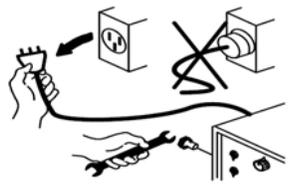
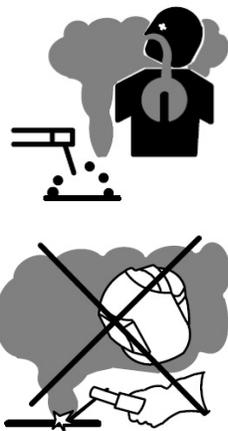
## 7. Distorsi



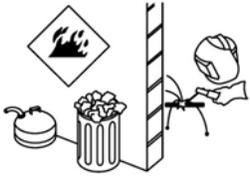
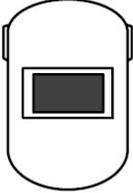
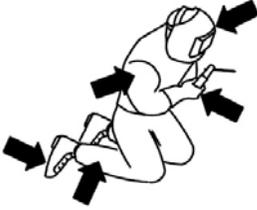
Perubahan bentuk sambungan

Kemungkinan Penyebab	Penanganan
Panas pengelasan yang berlebih	<p>Pergunakan penahan benda kerja (klem) untuk menahan benda kerja tetap pada posisinya.</p> <p>Lakukan <i>tack welds</i> di sepanjang jalur sambungan sebelum mulai mengelas.</p> <p>Turunkan arus pengelasan, sesuaikan dengan elektroda yang digunakan.</p> <p>Tingkatkan kecepatan pengelasan.</p> <p>Lakukan jalur pengelasan secara bertahap dan dinginkan benda kerja secara alami sebelum memulai pengelasan tahap berikutnya.</p>

### 8.8. Keselamatan Kerja Las Busur Nyala Listrik

	<p><b>Sengatan energi listrik dari elektroda ataupun instalasi (kabel, mesin las) dapat membahayakan jiwa.</b></p>
	<p>Pergunakan sarung tangan dan pelindung badan (apron) yang kering dan utuh. Jangan memegang elektrode dan komponen elektrik yang sedang bekerja dengan tangan kosong.</p>
	<p>Pergunakan insulator untuk melindungi diri dari sengatan listrik saat mengelas. Gunakan perlengkapan insulator yang kering dan terbuat dari bahan karet, kayu atau bahan lainnya yang dapat melindungi kita dari kontak langsung dengan lantai dan benda kerja.</p>
	<p>Cabut hubungan sumber tenaga listrik pada saat akan melakukan perbaikan pada mesin las. Secara rutin periksa kondisi kabel dari kerusakan, dan segera perbaiki atau ganti bagian kabel yang rusak. Pastikan instalasi mesin las sudah dilakukan dengan benar sesuai manual dan jaringan listrik yang ada.</p>
	<p><b>Asap pengelasan dapat membahayakan kesehatan.</b></p> <p>Pada saat mengelas, usahakan jangan menghirup asap pengelasan. Lakukan pengelasan pada area kerja yang berventilasi cukup, atau bila perlu tambahkan instalasi penghisap asap pengelasan pada tempat kerja.</p> 

## Las Busur Nyala Listrik

	<p><b>Proses pengelasan berpotensi menimbulkan kebakaran ataupun ledakan.</b></p>
	<p>Jangan melakukan pengelasan di dekat material yang mudah terbakar. Jarak minimal posisi pengelasan dengan material yang mudah terbakar adalah 35 feet (11 meter). Lakukan pengelasan di tempat lain, atau pindahkan material yang mudah terbakar tersebut.</p>
	<p>Percikan nyala las dapat menyebabkan kebakaran. Selalu sediakan alat pemadam kebakaran di area kerja. Pastikan alat tersebut selalu dalam kondisi siap pakai.</p>
	<p>Jangan melakukan pengelasan pada drum, tangki, ataupun wadah tertutup lainnya tanpa persiapan dan pemeriksaan keamanannya terlebih dahulu.</p>
	<p><b>Radiasi busur nyala listrik dapat menyebabkan rasa terbakar pada mata dan kulit.</b></p>
	<p>Pergunakan topeng las yang benar dan dalam kondisi baik.</p> <p>Pakailah pakaian pelindung badan secara komplet.</p> 

## Teknik Bodi Otomotif

	<p>Benda kerja dan perlengkapan mengelas yang panas dapat mengakibatkan rasa terbakar. Jangan menyentuh benda kerja yang masih panas setelah proses pengelasan dengan tangan kosong. Penggunaan alat penjepit benda kerja yang sesuai untuk memindahkan benda kerja. Biarkan benda kerja maupun perlengkapan mengelas mengalami proses pendinginan sebelum dipindahkan ataupun digunakan lagi.</p>
---	--

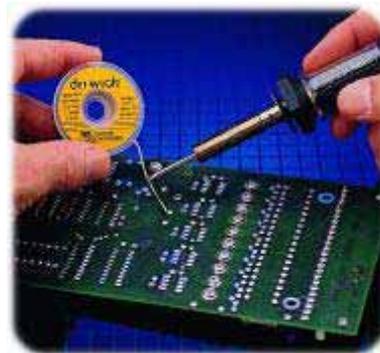
Tugas dan pertanyaan:

1. Lakukan pengamatan berkelompok pekerjaan mengelas busur nyala listrik di bengkel las terdekat dari sekolah Anda!
2. Bagaimanakah prosedur melaksanakan pengelasan busur nyala listrik?
3. Jelaskan keselamatan kerja dalam melaksanakan pengelasan busur nyala listrik!

## Bab 9

# Teknik Pematrian

Terdapat banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih proses penyambungan logam meliputi : kekuatan dan keawetan, karakter fisik komponen yang akan digabungkan, bentuk sambungan, dan tingkat produksi yang diinginkan. Pematrian ialah suatu metode penyambungan bahan logam di bawah pengaruh panas dengan pertolongan bahan tambah logam atau campuran logam. Bahan tambah (biasa disebut patri) merupakan bahan logam atau campuran logam yang mudah melebur karena mempunyai titik lebur di bawah titik lebur bahan logam yang akan disambungkan.



Gambar 9.1. Teknik Pematrian

## Teknik Bodi Otomotif

Tabel di bawah ini menunjukkan keistimewaan masing-masing metode penyambungan logam berdasarkan beberapa faktor pertimbangan.

Tabel 9.1. Pertimbangan dalam Memilih Metode Penyambungan Logam

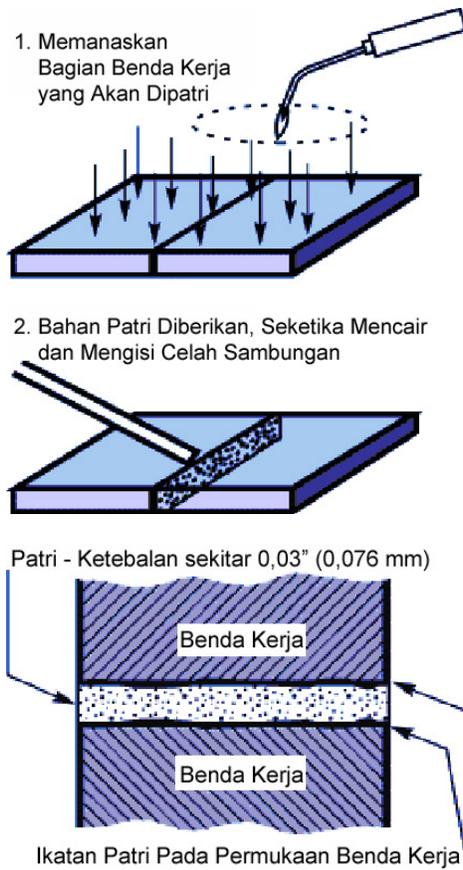
Pertimbangan	Sambungan Mekanis	Sambungan Adhesif	Pengelasan	Pematrian	
				Patri Lunak	Patri Keras
Ekonomi	BEST	BETTER	GOOD	BETTER	BETTER
Kekuatan	GOOD	GOOD	BEST	BETTER	BEST
Energi yang digunakan	BEST	BETTER	GOOD	BETTER	BETTER
Pengontrolan	GOOD	GOOD	BEST	BETTER	BEST
Fleksibilitas	GOOD	GOOD	BETTER	BETTER	BEST

*Untuk aplikasi pada umumnya, teknik pematrian (terutama patri keras) merupakan solusi yang terbaik.*

Seperti ditunjukkan pada tabel di atas, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk melakukan penyambungan logam, yaitu: sambungan mekanis (contohnya: baut, rivet), sambungan adhesif, pengelasan, dan pematrian (patri lunak dan patri keras). Semua metode di atas masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan.

Pematrian (pematrian keras) atau pengelasan cocok digunakan pada penyambungan logam apabila kekuatan dan keawetan sambungan menjadi pertimbangan utama. Apabila kekuatan sambungan tidak begitu dipentingkan, atau sambungan yang dibutuhkan tidak bersifat permanen, maka pematrian lunak, sambungan adhesif atau sambungan mekanis merupakan pilihan yang lebih cocok.

Bahan logam yang akan disambungkan tidak ikut melebur, melainkan hanya terjaring oleh bahan patri yang meleleh. Sambungan bahan logam terjadi akibat lekatan erat (ikatan) patri pada bidang sambungan, yang tidak dapat dilepaskan tanpa dipanaskan ulang atau dirusak. Pembentukan oksida yang mengganggu pada bidang pematrian dapat dicegah dengan bahan pelumer atau pelindung.



Gambar 9.2. Prinsip Pematrian

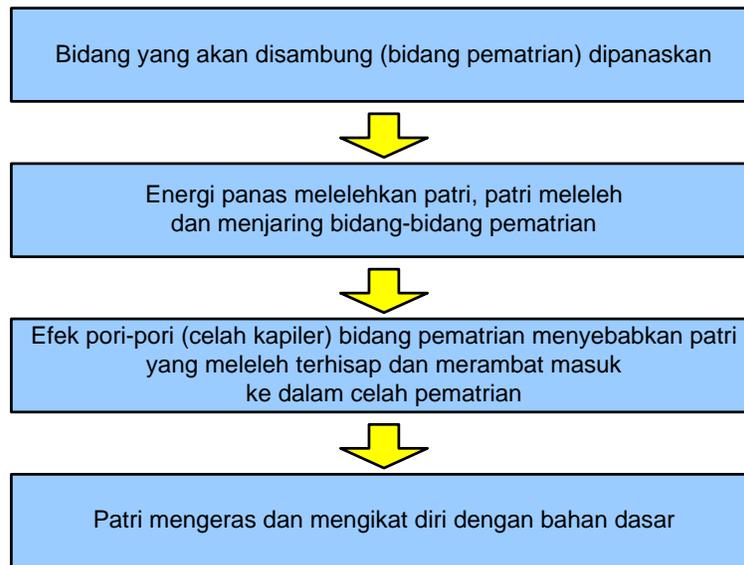
Pematrian banyak digunakan pada sambungan konstruksi yang baik untuk dipatri, namun tidak dapat dilas. Pematrian dapat dipertimbangkan untuk diterapkan pada kondisi-kondisi di bawah ini.

- Sebagai pengganti pengelasan pada konstruksi bahan yang peka terhadap suhu pengelasan yang tinggi, yang dapat mengakibatkan kerugian (merubah struktur bahan, menyebabkan pengerutan, pengoyakan, retak ataupun pecah).
- Untuk menyambung logam yang titik leburnya sangat berbeda, misalnya baja dan kuningan, tembaga, logam keras.
- Untuk menyambung benda kerja yang sangat kecil, sangat tipis atau bentuknya istimewa dan tebalnya sangat berbeda.
- Untuk pekerjaan perbaikan bagian yang sangat peka terhadap panas, misalnya perkakas.
- Untuk pagedapan (sambung-an wadah, retak-retak, dan lain-lain).

## Teknik Bodi Otomotif

### 9.1. Proses Terjadinya Ikatan Patri

Proses pengikatan di dalam pematrian hanya berlangsung pada permukaan bahan dasar yang akan disambung. Prinsip dasar yang membedakan pematrian dengan pengelasan ialah bidang pematrian dipanaskan, namun tidak sampai meleleh. Proses terjadinya ikatan patri dapat dijelaskan pada bagan berikut.



Gambar 9.3. Bagan proses terjadinya ikatan patri

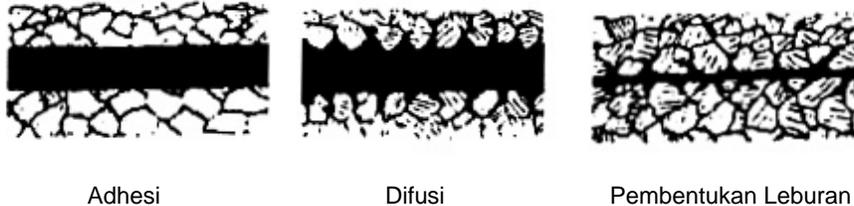
Ikatan patri tersebut ditimbulkan oleh tiga proses fisika yang secara terpisah atau bersama-sama memberikan pengaruhnya terhadap kekuatan sambungan pematrian.

- a. Adhesi (daya lekat) antara patri dan bahan dasar. Patri melekat pada bahan dasar hanya karena daya lekat, akibatnya pada beban yang kecil sambungan pematrian akan mudah terlepas satu dengan yang lainnya.
- b. Difusi (saling menyusup). Partikel patri yang terhalus menyusup ke dalam tata susun permukaan bahan dasar dan berakar (terjangkar) di sekitar batas butiran kristal. Proses ini sangat menentukan

pembentukan ikatan patri yang kokoh. Kekuatan ikatan sama besar dengan kekuatan patri.

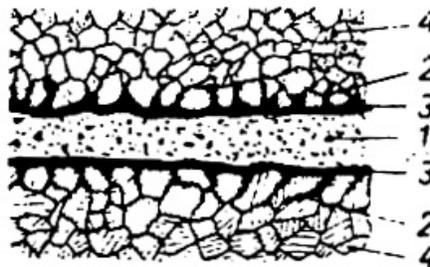
- c. Pembentukan leburan, proses pembentukan paduan antara patri dan bahan tambah. Apabila selisih titik lebur patri dan bahan dasar tidak terlalu jauh, maka dapat terjadi suatu paduan berlapis tipis di antara kedua logam tersebut.

Paduan yang terjadi memiliki kekuatan yang lebih besar daripada kekuatan patri murni, namun pembentukan leburan ini tidak selalu terjadi pada semua logam.



Gambar 9.4. Ikatan pada pematrian

Celah pematrian yang diselaraskan dengan baik dan sangat sempit akan meningkatkan kekuatan sambungan. Pada celah pematrian yang sempit hanya sedikit terdapat patri murni, sebagian besar patri telah melebur dan meresap ke dalam bahan dasar. Oleh karena itu dapat dihasilkan ikatan dengan kekuatan yang paling tinggi.



1. Patri (Murni)
2. Difusi Batas Butiran
3. Lapisan Leburan
4. Bahan Dasar

Gambar 9.5. Lapisan Suatu Ikatan Patri Normal

## Teknik Bodi Otomotif

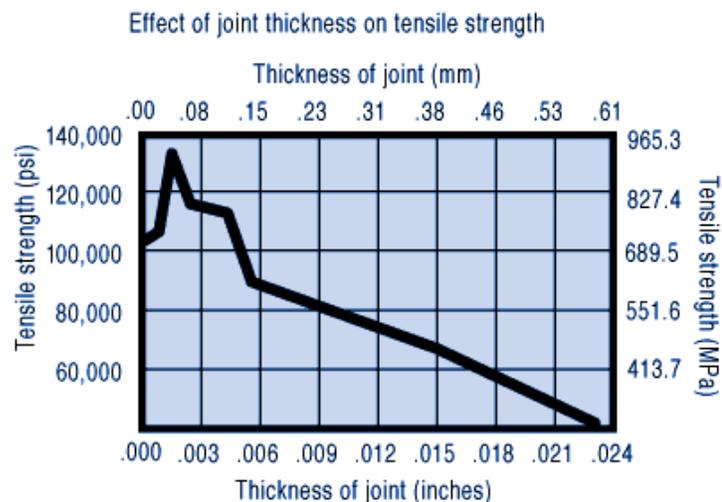
### 9.2. Prosedur dan Aturan Dasar Pada Pematrian

#### 1. Menentukan Besar Celah Sambungan

Sebagaimana kita ketahui, pematrian memanfaatkan prinsip kapilaritas untuk menghisap dan merambatkan bahan patri cair ke dalam celah pematrian. Besar celah sambungan sangat menentukan kekuatan ikatan patri. Oleh karena itu, sebelum melakukan pematrian kita harus mengatur celah pematrian yang tepat agar daya kapilaritas dapat bekerja dengan efektif.

Prinsip dasar : Celah pematrian hendaknya sempit. Patri merambat ke dalam bidang pematrian memanfaatkan efek pori-pori (kapiler), sehingga patri hanya dapat merambat pada bidang pematrian yang berdampingan dekat sekali. Apabila celah terlalu renggang, tegangan pribadi (daya kohesi) dari patri akan mencegah perambatan.

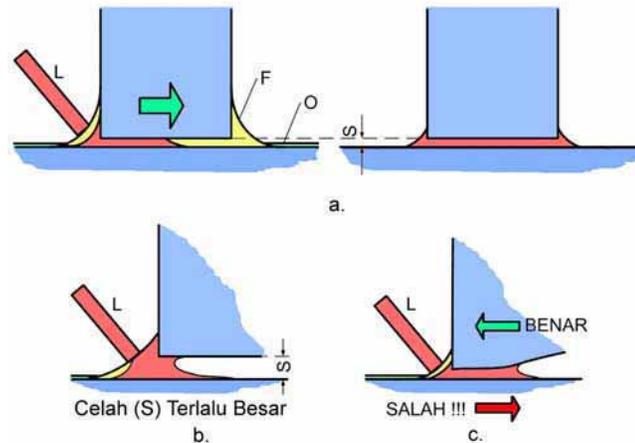
Grafik di bawah ini menunjukkan pengaruh dari variasi besarnya celah pematrian terhadap kekuatan regangan sambungan yang dihasilkan, pada pematrian baja tahan karat (*stainless steel*).



Gambar 9.6. Grafik Pengaruh Besar Celah Pematrian Terhadap Kekuatan Sambungan

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa kekuatan sambungan terbesar (135,000 psi/930.8 MPa) diperoleh pada celah pematrian 0,0015" (0,038 mm.) Apabila celah pematrian yang terlalu sempit, patri sulit merambat masuk ke celah sambungan sehingga kekuatan sambungan yang dihasilkan berkurang. Apabila celah sambungan lebih lebar dari yang diperlukan, kekuatan sambungan

akan menurun dengan drastis hingga mencapai kekuatan yang sama dengan kekuatan bahan patri itu sendiri.

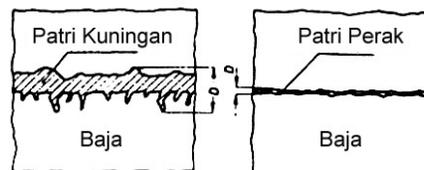


Gambar 9.7. Lebar Celah Pematrian yang Benar dan Salah

Keterangan :

- Lebar celah (S) yang benar. Patri (L) meleleh dan merambat memenuhi segenap celah. Bahan pelumer (F) mencegah pembentukan oksid (O).
- Lebar celah yang terlalu besar, mengakibatkan patri tidak dapat meresap.
- Penyaluran patri pada celah pematrian yang tidak sama besar. Celah tidak boleh membesar pada arah aliran patri, hal ini dapat menghambat perambatan patri. Arah penyaluran yang benar adalah dari celah yang lebih lebar ke arah celah yang menyempit.

Lebar celah pematrian yang diperlukan untuk memperoleh kekuatan sambungan bergantung pada jenis patri yang digunakan. Pada umumnya, semakin encer patri maka celah pematrian harus semakin sempit. Patri dari jenis tembaga dan perak yang encer menuntut celah yang lebih sempit daripada yang dibutuhkan oleh patri kuningan dan patri lunak yang kental. Kecepatan perambatan patri encer lebih besar daripada kecepatan perambatan patri kental.



Gambar 9.8. Perbandingan Celah Pematrian Berdasarkan Kekentalan Patri

Faktor lain yang harus diperhatikan dalam menentukan besar celah pematrian adalah pemuaihan bahan logam yang akan dipatri. Proses

## Teknik Bodi Otomotif

pematrian dilakukan pada suhu yang cukup tinggi, sehingga kita harus memperhatikan nilai regangan/ pemuai (sebagai contoh, perhatikan tabel *COE's coefficient of thermal expansion*) bahan logam yang akan dipatri. Hal ini terutama terjadi pada pematrian dua bahan logam yang berbeda.

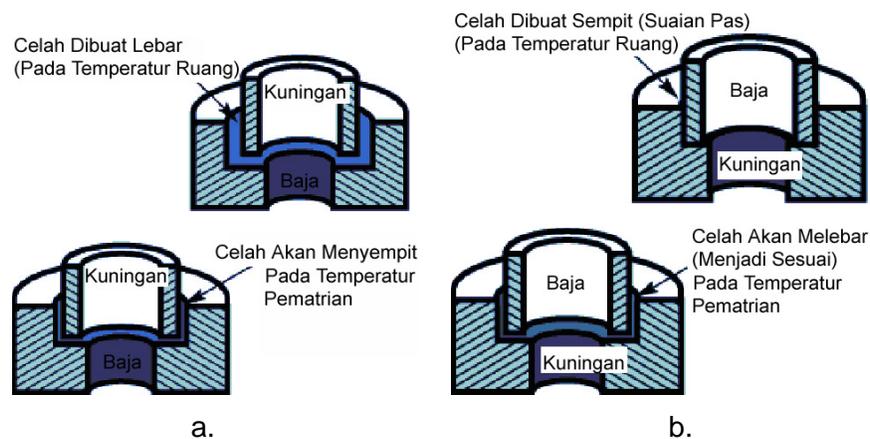
### Contoh :

Pematrian antara bushing yang terbuat dari bahan kuningan atau tembaga dengan poros yang terbuat dari baja. Konstruksi bushing berada di bagian dalam, sedangkan baja berada di bagian luar (lihat gambar 9.9.a).

Pada saat dipanasi, kuningan ataupun tembaga akan memuai lebih besar daripada baja, sehingga besar celah pematrian yang telah dipersiapkan sebelumnya akan berubah menjadi lebih sempit. Untuk mengatasi hal tersebut maka celah pematrian harus dibuat lebih lebar. Dalam kondisi ini, lapisan patri yang liat harus menyeimbangkan regangan panas yang berbeda pada bahan dasar. Semakin lebar celah, akan semakin kecil perubahan bentuk bahan patri yang diakibatkan oleh selisih regangan.

Prinsip yang sama juga berlaku pada pematrian kuningan dan baja dengan kondisi di bawah ini. Bagian luar komponen yang terbuat dari kuningan akan dipatri dengan bagian dalam komponen yang terbuat dari bahan baja (Gambar 9.9.b).

Pada saat pematrian, kuningan akan memuai lebih besar dari pada baja, sehingga celah pematrian akan melebar. Untuk mengantisipasi hal ini, maka pada saat persiapan celah pematrian harus dibuat lebih sempit.



Gambar 9.9. Pengaturan Celah Pematrian Komponen yang Koefisien Muainya Sangat Berbeda

### 2. Bidang Patrian Harus Bersih

Patri merambat lebih baik pada bidang patrian yang mengkilap. Hal ini dikarenakan daya kapilaritas hanya akan bekerja dengan baik pada permukaan bidang patrian yang bersih. Kondisi kotor pada bidang patrian yang kecil sekalipun seperti cat warna, karat, gemuk, kotoran, keringat tangan maupun kotoran oksid akan menghalangi ikatan patri dengan bahan dasar.

Kondisi tersebut akan terlihat pada munculnya gelembung patri pada keadaan cair. Oleh karenanya benda kerja harus dibersihkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pematrian. Permukaan benda kerja yang berminyak akan mengangkat flux, sehingga logam dasar tidak terlapsi flux dan teroksidasi pada saat dipanaskan. Minyak dan gemuk akan terkarbonisasi pada saat dipanaskan, dan membentuk lapisan minyak sehingga menghalangi aliran patri cair.

Langkah-langkah yang dapat ditempuh untuk membersihkan benda kerja adalah :

- a. Menghilangkan minyak dan gemuk yang menempel pada permukaan benda kerja menggunakan pelarut minyak (*degreasing solvent*), uap atau larutan pembersih alkali.
- b. Menghilangkan lapisan oksida atau kerak secara mekanis atau kimia.

Proses mekanis dapat ditempuh dengan menggunakan metode abrasif (menggunakan amplas, kikir, atau gerinda), yang dilanjutkan dengan mencuci benda kerja.

Proses kimia dapat dilakukan menggunakan larutan asam (*acid pickle treatment*). Pastikan bahwa zat kimia yang digunakan sesuai dengan bahan dan jenis benda kerja yang dibersihkan, dan setelah proses pembersihan pastikan bahwa tidak ada sisa larutan yang tertinggal pada benda kerja. Tabel larutan asam kimia (*pickling solution chart*) akan memudahkan kita memilih jenis larutan asam yang sesuai dengan benda kerja yang akan dibersihkan.

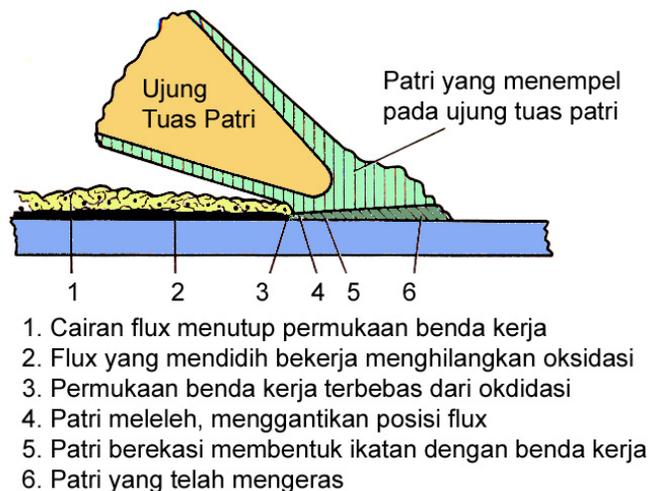
Segera setelah pengilapan, oleskan bahan kimia (bahan pelumer) pada permukaan benda kerja untuk mengantisipasi oksida terbentuk kembali oleh zat asam (oksigen dalam udara). Dapat pula dilakukan pencegahan dengan sesegera mungkin melakukan pematrian atau melakukan pematrian di bawah gas pelindung.

## Teknik Bodi Otomotif

### 3. Memberikan bahan pelumer pada benda kerja sebelum pengerjaan pematrian (untuk pematrian pada udara terbuka), atau melakukan pematrian di bawah gas pelindung.

Bahan pelumer (*flux*) merupakan senyawa kimia yang digunakan untuk melapisi permukaan sambungan benda kerja sebelum pematrian. Bahan pelumer sangat diperlukan dalam pekerjaan pematrian. Proses pemanasan benda kerja meningkatkan pembentukan oksida yang dihasilkan oleh reaksi kimia antara benda kerja yang dipanaskan dengan kadar oksigen yang terkandung dalam udara bebas. Oksida yang terbentuk akan menghambat perambatan patri cair, sehingga harus dilakukan pencegahan. Lapisan bahan pelumer pada permukaan benda kerja akan melindungi kontak benda kerja dengan udara luar, mencegah dan menyerap timbulnya oksidasi yang terjadi selama proses pemanasan, melarutkan selaput oksida yang selalu ada pada permukaan bahan dasar dan patri secara kimiawi, mengubahnya menjadi terak cair selama pematrian.

Proses kerja bahan pelumer adalah sebagai berikut. Sewaktu proses pematrian berlangsung, bahan pelumer mendesak udara keluar dari celah pematrian, dan menggiring patri cair yang mengalir ke dalam bidang pematrian yang secara kimia telah bersih. Disamping itu, bahan pelumer juga mengurangi tegangan permukaan sehingga patri cair mudah merambat.



Gambar 9.10. Proses Kerja Bahan Pelumer Pada Pekerjaan Pematrian

Selain sebagai pelindung benda kerja dari oksidasi, kondisi bahan pelumer juga dapat dijadikan indikator pemantau temperatur pematrian untuk mencegah benda kerja dari pemanasan yang

berlebihan (mencegah *overheating*). Kondisi bahan pelumer berkaitan dengan temperatur pematrian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9.2. Kondisi Bahan Pelumer Pada Temperatur Pematrian

Temperatur	Kondisi Bahan Pelumer
212°F (100°C)	Bahan pelumer terlihat seperti air mendidih.
600°F (315° C)	Bahan pelumer berubah warna menjadi putih, sedikit mengembang dan mulai stabil.
800°F (425°C)	Bahan pelumer terlihat merata pada permukaan benda kerja dan berwarna putih susu.
1100°F (593°C)	Bahan pelumer berubah warna menjadi bening seperti air. Permukaan benda kerja jelas terlihat. Periksa temperatur dengan menyentuh patri ke permukaan benda kerja. Apabila patri langsung meleleh, hal ini menunjukkan bahwa temperatur pematrian telah tercapai.

Bahan pelumer pada umumnya hanya disalurkan sebelum proses pematrian, tetapi terdapat beberapa proses pematrian yang memungkinkan dilakukannya penambahan bahan pelumer sewaktu proses pematrian berlangsung.



Gambar 9.11. Bahan Pelumer Pada Pematrian

Menurut wujudnya, terdapat bahan pelumer cair, butiran, pasta, dan gas. Beberapa Bahan pelumer dicampur dengan patri atau terbungkus dalam patri yang berbentuk pipa sehingga waktu pematrian dapat lebih singkat. Pematrian di bawah gas pelindung atau di dalam ruang hampa tidak memerlukan bahan pelumer.

Menurut susunan kimianya, tersedia banyak macam bahan pelumer yang terdapat di pasaran. Misalnya bahan pelumer serbaguna untuk pematrian lunak logam berat seperti senyawa *Zn Chlorid* atau *Zn-Ammoniumchlorid*, bahan pelumer untuk bahan yang peka terhadap

## Teknik Bodi Otomotif

oksidasi, bahan pelumer untuk periode pemanasan yang lama, dan bahan pelumer untuk mesin patri otomatis.

Pemilihan bahan pelumer ini harus disesuaikan dengan bahan dasar atau metode pematrian, disesuaikan dengan standar atau petunjuk yang ada.

### Perhatian :

Janganlah terlalu menghemat penggunaan bahan pelumer! Jumlah pelumer yang terlalu sedikit akan cepat jenuh oleh lapisan terak dan oksida yang telah larut sehingga pelumer tidak berfungsi lagi. Bahan pelumer hanya bekerja pada sebuah bidang yang benar-benar mengkilap, namun tidak dapat menyingkirkan kotoran, karat dan gemuk. Oleh karena itu bidang pematrian harus dibuat mengkilap sebelumnya dan pematrian dilakukan secepat mungkin, karena akan selalu muncul lapisan terak baru yang harus dilarutkan pula.

### **Pematrian dalam Perlindungan Gas**

Secara prinsip, kontak antara permukaan benda kerja dengan oksigen pada pekerjaan pematrian akan menimbulkan oksidasi. Selain menggunakan bahan pelumer, oksidasi dapat dihindarkan dengan cara melakukan pematrian di dalam ruangan vakum atau dalam ruangan yang dilindungi gas.

Metode ini digunakan pada pematrian keras. Gas pelindung yang dapat digunakan diantaranya adalah : nitrogen, hidrogen atau *dissociated ammonia*. Metode pematrian ini biasanya dilakukan secara utuh di dalam tungku pembakaran dengan atmosfer yang dikontrol atau dalam tungku pembakaran vakum. Tanpa adanya kontak antara benda kerja dengan oksigen, proses oksidasi dapat dihindarkan dan dihasilkan sambungan pematrian yang bersih dan bagus. Penggunaan gas pelindung juga meniadakan proses pembersihan benda kerja setelah pematrian.

Karena kelebihan-kelebihan tersebut, pematrian menggunakan gas pelindung menjadi daya tarik tersendiri bagi industri yang memperhatikan kualitas produk dan keberlangsungan industri yang berkelanjutan.

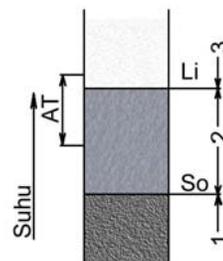


Gambar 9.12. Pematrian dengan Gas Pelindung

#### 4. Mengatur Suhu Pematrian

Suhu pematrian sangat berpengaruh terhadap kualitas sambungan pematrian yang dilakukan. Apabila suhu pematrian terlalu rendah, patri tidak meleleh sempurna sehingga patri membentuk butiran dan tidak dapat merambat. Sebaliknya apabila suhu pematrian terlalu tinggi, maka patri akan menguap.

Suhu terendah pada bidang pematrian yang masih memungkinkan pelelehan, penjarangan, perambatan dan pengikatan patri cair disebut sebagai suhu kerja (dalam gambar di bawah ini disimbulkan dengan AT). Suhu kerja pematrian harus berada di bawah titik lebur bahan dasar.



Gambar 9.13. Tahap Lebur Patri

Keterangan :

- 1 = Padat,
- 2 = Membubur (daerah peleburan),
- 3 = Cair (daerah suhu kerja AT).
- So = Titik padat (*solidus*)
- Li = Titik cair (*liquidus*)

## Teknik Bodi Otomotif

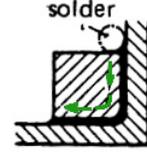
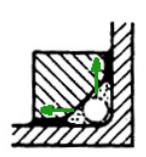
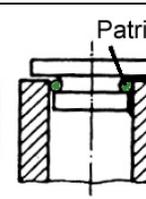
Bagian terbesar patri tidak memiliki titik lebur yang pasti, melainkan cair di dalam suatu daerah suhu tertentu, yaitu di antara titik *So* dan titik *Li*. Rentang daerah antara titik *So* dan titik *Li* disebut daerah lebur. Setiap jenis patri mempunyai daerah lebur yang berbeda-beda.

Pada titik *So*, patri mulai beralih dari wujud padat ke wujud lebur. Di dalam daerah lebur, patri sudah melebur namun belum seluruhnya, sehingga masih terdapat terdapat butiran kristal yang masih padat. Titik *Li* menunjukkan suhu peralihan wujud patri secara keseluruhan menjadi cair. Suhu kerja pematrian yang paling baik berada di sekitar titik *Li*, dimana patri berada dalam keadaan cair seluruhnya.

### 5. Teknik Penyaluran Patri

Tabel berikut ini menunjukkan teknik penyaluran patri dengan memperhatikan prinsip-prinsip dasar pematrian.

Tabel 9.3. Teknik Penyaluran Patri

No	Benar	Salah	Keterangan
1.			Patri harus dapat mengalir keluar pada ujung jalur sambungan.
2.			Patri hanya mengalir ke dalam celah yang sejajar atau menyempit.
3.			Patri tidak mengalir melalui celah yang melebar.
4.			Pada Konstruksi Sambungan ini, patri dimasukkan sebelum pematrian.

Kekuatan sebuah ikatan patri dipengaruhi oleh : kekuatan bahan patri yang digunakan, susunan campuran dan kekuatan bahan dasar, lebar celah sambungan, besar dan luas bidang pematrian, suhu pematrian dan intensitas panas yang disalurkan, bahan pelumer, daya jaring dan daya difusi bahan patri, suhu kerja, dan sifat karat. Apabila semua persyaratan teoritis terpenuhi, maka kekuatan sebuah sambungan pematrian yang sempurna dapat dianggap sama dengan kekuatan patri tanpa memperhatikan lebar celah sambungan. Dalam prakteknya kekuatan sebesar 80% dari kekuatan patri sudah dapat dianggap memadai. Pada pematrian keras dengan patri yang cocok, dapat dicapai kekuatan pematrian setara dengan kekuatan bahan dasar.

### **6. Membersihkan Sambungan Hasil Pematrian**

Sambungan hasil pematrian harus dibersihkan setelah pengerjaan pematrian selesai. Proses pembersihan sambungan pada umumnya terdiri atas dua langkah, yaitu : (a) membersihkan sisa-sisa bahan pelumer, dan (b) membersihkan benda kerja dari terak oksida yang terbentuk selama proses pematrian.

Pembersihan sisa-sisa bahan pelumer merupakan pekerjaan yang sederhana, namun penting untuk dilakukan. Sisa bahan pelumer bersifat korosif dan dapat mengurangi kekuatan sambungan apabila tidak dibersihkan dari permukaan benda kerja. Kebanyakan bahan pelumer mudah larut dalam air, maka pembersihan sisa bahan pelumer dapat dilakukan dengan cara merendam benda kerja dalam air hangat (120°F/50°C atau lebih). Cara yang terbaik adalah melakukan pembersihan saat benda kerja tersebut masih panas, namun pastikan bahwa sambungan patri telah mengeras sepenuhnya sebelum dicelupkan ke dalam air. Sisa-sisa bahan pelumer akan mengelupas pada saat benda kerja direndam dalam air, dan pembersihan dapat dipercepat dengan bantuan sikat kawat.

Pembersihan sisa bahan pelumer akan menemui kesulitan apabila proses pematrian mengalami *overheat*, sehingga sisa bahan pelumer jenuh dengan oksidasi. Biasanya pada kondisi demikian sisa bahan pelumer berubah warna menjadi hijau atau kehitaman. Satu-satunya cara yang dapat dilakukan untuk membersihkan sisa bahan pelumer pada kondisi ini adalah dengan bantuan zat kimia. Senyawa *hydrochloric acid* 25% yang dipanaskan hingga temperatur 140 – 160°F (60 – 70°C) biasanya dapat digunakan untuk membersihkan sisa-sisa bahan pelumer yang membandel. Benda kerja direndam dalam larutan selama 30 detik - 2 menit. Tidak perlu disikat, sisa bahan pelumer akan mengelupas dengan sendirinya.

## Teknik Bodi Otomotif

### Perhatian :

Zat kimia ini sangat keras, oleh karena itu dianjurkan memakai masker wajah dan sarung tangan saat mencelupkan benda kerja ke dalam larutan. Setelah benda kerja bersih dari sisa bahan pelumer, gunakan solusi kimiawi untuk menghilangkan oksida yang tertinggal pada permukaan benda kerja yang tidak terlindungi bahan pelumer saat proses pematrian. Patuhi petunjuk dari pabrik pembuat bahan patri yang digunakan.

Benda kerja yang telah dibersihkan dari sisa bahan pelumer dan oksida tidak memerlukan pengerjaan lanjut dan benda kerja siap digunakan. Amplas halus juga dapat digunakan untuk mengkilapkan sambungan. Jika benda kerja akan disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama, olesi benda kerja dengan minyak atau pelapis anti karat.

### **9.3. Klasifikasi Pematrian Secara Umum**

Teknik pematrian dikelompokkan menurut suhu lebur dan kekuatan patri, bentuk sambungan pematrian, metode dan sumber panas yang digunakan.

1. Berdasarkan suhu lebur dan kekuatan patri, pematrian dibedakan menjadi dua, yaitu pematrian lunak dan pematrian keras.

*Pematrian lunak.* Titik lebur patri lunak di bawah 450°C (840°F). Pada umumnya kekuatan patri lebih rendah daripada kekuatan bahan dasar.

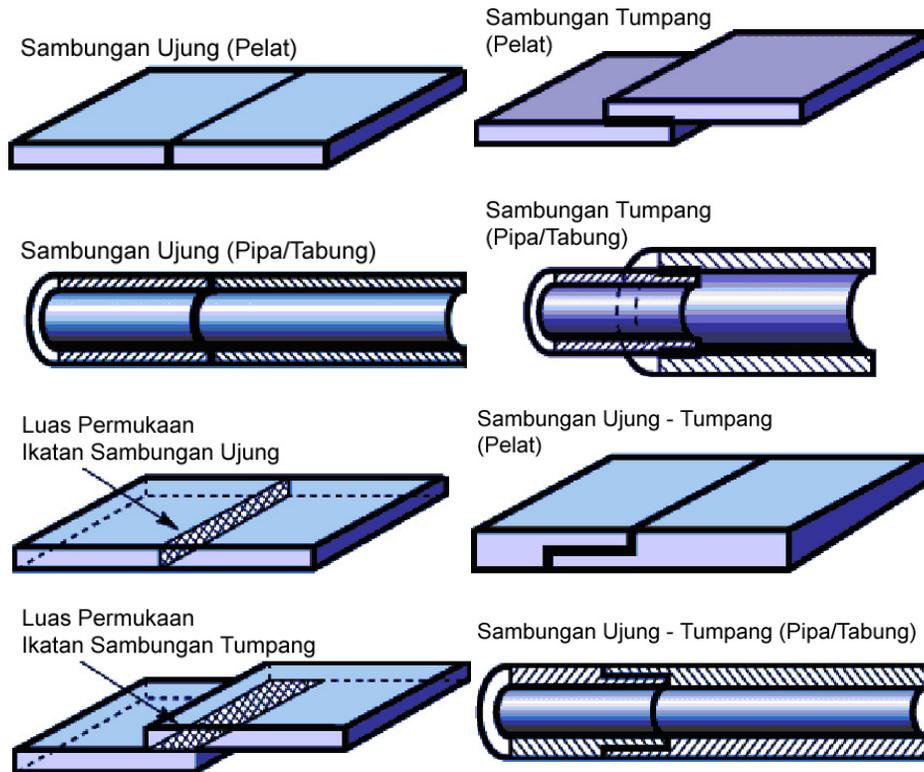
*Pematrian keras.* Titik lebur patri keras di atas 450°C (840°F). Kadang-kadang kekuatan patri sedikit lebih rendah, namun seringkali lebih tinggi daripada kekuatan bahan dasar.

2. Berdasarkan bentuk tempat sambungan, pematrian dibedakan menjadi dua, yaitu : (a) pematrian celah, dan (b) pematrian sambungan.

*Pematrian celah.* Bidang pematrian terletak sejajar satu di atas yang lainnya atau berdampingan dengan celah sempit (0,03 s/d 0,25 mm). Efek pori-pori celah sambungan akan menghisap patri yang dilelehkan sehingga terjadi proses penyambungan. Apabila perambatan patri terjadi dengan baik maka akan diperoleh suatu kekuatan sambungan yang tinggi.

Terdapat 3 macam sambungan yang dapat diterapkan pada pematrian celah, yaitu : (a) sambungan ujung (*butt joint*), (b) sambungan tumpang (*lap joint*), dan sambungan kombinasi ujung-tumpang (*butt-lap joint*).

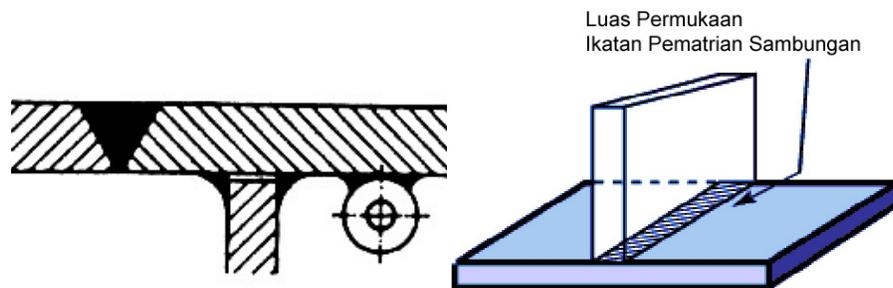
Pada pematrian celah, semua permukaan sambungan harus dipanaskan secara merata sesuai suhu yang diperlukan. Pematrian celah dapat diterapkan baik pada pematrian lunak maupun keras.



Gambar 9.14. Pematrian Celah

*Pematrian sambungan.* Bagian sambungan disiapkan dengan bentuk I, V, atau X. cara pematrian mirip dengan pengelasan leleh, patri dibubuhkan sedikit demi sedikit hingga sambungan terpenuhi seluruhnya.

Pematrian sambungan hanya diterapkan pada pematrian keras.



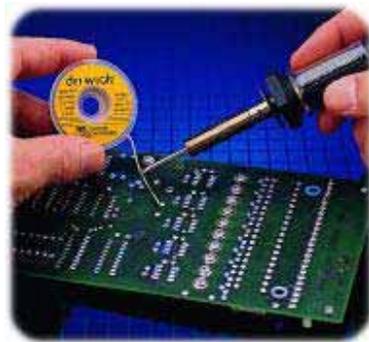
Gambar 9.15. Pematrian Sambungan

## Teknik Bodi Otomotif

3. Berdasarkan metode dan sumber panas, pematrian dibedakan sebagai berikut.

### *Pematrian dengan Tuas Patri.*

Merupakan pematrian dengan patri yang diletakkan, atau pematrian bidang yang disepuh awal dengan seng, tuas patri dijalankan dengan tangan atau mesin. Metode pematrian ini memerlukan bahan pelumer, dan cocok diterapkan pada pematrian lunak. Keuntungan metode ini adalah daerah pemanasan kecil, sehingga pengerutan benda kerja akibat panas menjadi sangat kecil.



Gambar 9.16. Pematrian dengan Tuas Patri

### *Pematrian dengan Api.*

Pematrian menggunakan alat pembakar yang digerakkan dengan tangan (pembakar patri, brander las dengan api lunak). Pada umumnya pada pematrian ini dibutuhkan bahan pelumer. Metode pematrian dengan api dapat diterapkan pada pematrian lunak maupun keras.



Gambar 9.17. Pematrian dengan Api

### *Pematrian Tungku.*

Merupakan pematrian yang dilakukan di dalam tungku tahapan, tungku menerus atau tungku rendam yang dipanaskan dengan gas atau listrik. Benda kerja dibubuhi bahan pelumer dan patri, kemudian dimasukkan ke tungku untuk dipanaskan hingga solder meleleh. Pematrian tungku diterapkan pada pematrian keras.

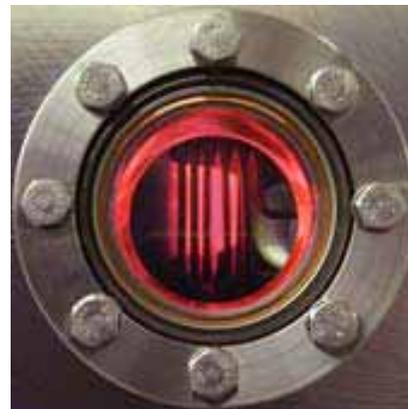
### *Pematrian Tungku di bawah Gas Terlindung.*

Metode ini banyak diterapkan pada pengerjaan beruntun. Benda kerja yang dibubuhi patri dipanaskan di dalam tungku yang dipenuhi gas pelindung. Gas pelindung berfungsi mencegah terjadinya proses oksidasi pada bagian yang dipatri. Dengan demikian pada pematrian ini tidak lagi diperlukan bahan pelumer.



Pematrian Baja Metode Kumbaran Induksi di dalam Ruang Pemanas dengan Gas Argon

Gambar 9.18.a. Pematrian Tungku di Bawah Gas Pelindung



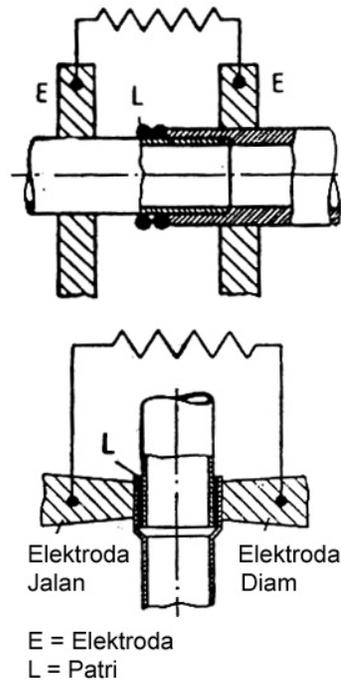
Pematrian Keras pada Ruang Vakum dari *Stainless Steel*

Gambar 9.18.b. Pematrian Tungku di Bawah Gas Pelindung

## Teknik Bodi Otomotif

### *Pematrian Tahanan.*

Merupakan metode pematrian dengan memanfaatkan energi panas yang dihasilkan dari tahanan listrik. Metode ini diterapkan pada pematrian lunak dan keras, misalnya pematrian tumpu kawat telanjang, pelat tipis dan pipa.



Gambar 9.19. Pematrian Tahanan

### *Pematrian Selam.*

Merupakan metode pematrian dengan cara menyelamkan benda kerja yang telah dibubuhi bahan pelumer ke dalam suatu patri cair. Keuntungan pematrian selam adalah benda kerja dapat diberikan pemanasan terlebih dahulu sebelum penyelaman. Metode ini dapat digunakan pada beberapa pengerjaan secara serentak, misalnya pada pematrian ujung kumparan segmen kolektor. Pematrian selam dapat diterapkan pada pematrian lunak maupun keras.

### *Pematrian Rendaman Garam.*

Merupakan metode pematrian benda kerja di dalam suatu kubangan garam cair yang dipanaskan dengan energi gas, minyak ataupun listrik. Garam cair juga dapat berfungsi sebagai pelindung oksidasi, sehingga pada pematrian ini tidak diperlukan lagi bahan pelumer. Metode ini dapat diterapkan untuk pematrian serentak, pematrian pada bagian yang sulit dijangkau, dan untuk pengerjaan beruntun.

### *Pematrian Imbas (Induksi).*

Merupakan pematrian dengan arus frekuensi menengah atau tinggi yang diimbaskan. Penghantar yang mengalirkan arus pengimbas tidak menyentuh benda kerja, benda kerja dipanaskan oleh arus pusar yang diimbaskan.



Gambar 9.20. Pematrian Imbas

Patri dimasukkan dalam jumlah dan bentuk tertentu (selaput, kawat, atau solder tabur). Pemanasan berlangsung sangat cepat dan terbatas pada daerah pematrian yang dikehendaki. Metode ini diterapkan pada pengerjaan beruntun bagian-bagian tipis dari bahan baja atau paduan yang mengandung nikel.

### *Pematrian Sepuh.*

Merupakan pematrian dengan metode galvanis, mekanis atau kimia. Patri berupa lapisan tipis (0,003 – 0,02 mm) diletakkan di atas benda kerja yang telah diolesi bahan pelumer, atau dapat pula disemprotkan sesaat sebelum pematrian. Metode ini mampu menghemat waktu terutama pada pengerjaan beruntun.

Pada proses produksi barang-barang secara massal, digunakan mesin patri otomatis yang dapat melakukan pekerjaan beruntun secara terus menerus, mulai dari tahap awal pematrian sampai pengambilan kembali bagian-bagian yang telah selesai dipatri.

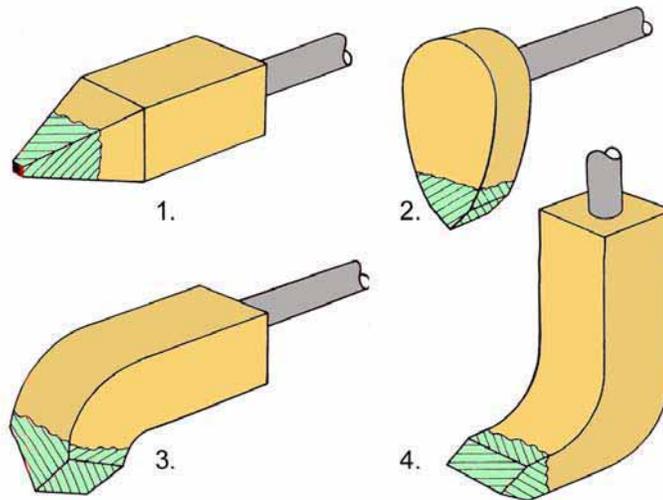
## Teknik Bodi Otomotif

### 9.4. Peralatan Pematrian

#### 1. Tuas Patri.

Digunakan hanya untuk pematrian lunak dan pekerjaan pematrian kecil yang hanya membutuhkan sedikit energi panas. Pada pematrian dengan tuas patri, area yang dipanaskan kecil sehingga benda kerja hanya mengalami sedikit pengerutan.

Tuas patri terbuat dari tembaga, yang merupakan penghantar panas yang baik, tahan panas, memiliki sifat kontak yang baik dengan patri timah-timbal, kecenderungan oksidasi kecil, dan ringan (paling berat 1 kg). Terdapat dua jenis tuas patri, yaitu tuas patri runcing dan tuas patri martil yang disesuaikan dengan jenis pekerjaannya.



1. Tuas Patri Runcing/Pahat  
2,3,4. Tuas Patri Martil/Beliung

Gambar 9.21. Tuas Patri

#### 2. Pemanas Tuas Patri.

Tuas patri dipanaskan secara tidak langsung dengan pemanas arang kayu, gas, minyak, atau listrik. Tuas patri tidak boleh dipanaskan di dalam api tempa karena belerang arang akan mengotori tuas patri. Pemanasan tuas patri secara langsung dapat dilakukan menggunakan gas (*acetylene, propane, buthane*), atau menggunakan energi listrik.



Gambar 9.22. Tuas Patri Listrik (Solder Listrik)

Pemanasan langsung memiliki keuntungan dimana pekerjaan pematrian dapat berlangsung terus-menerus (tidak terputus), persiapan lebih cepat, pekerjaan pematrian lebih mudah diawasi dan penghangusan arang lebih sedikit.

### 3. Pembakar Patri.

Digunakan pada metode pematrian api, terutama jika pemanasan dengan tuas patri tidak memadai dan bidang yang harus dipanasi lebih besar. Api pembakar dapat menggunakan api gas propan-udara, api gas acetylene-udara, ataupun api las *oxy-acetylene*, ukuran api disesuaikan dengan jenis pematrian dan kebutuhan panas. Pematrian lunak membutuhkan panas lebih sedikit, sedangkan pematrian keras membutuhkan panas lebih banyak.

### 4. Gas Pembakar.

Gas pembakar yang diperlukan untuk pembakar patri maupun untuk memanasi tuas patri dikemas dalam tabung baja (gas tabung), sehingga memudahkan apabila diperlukan pemindahan lokasi kerja.

### 5. Mesin Patri Otomatis.

Mesin patri otomatis digunakan pada pekerjaan massal berskala besar dan beruntun secara terus menerus, mulai dari tahap awal pematrian sampai pengambilan kembali bagian-bagian yang telah selesai dipatri.

## Teknik Bodi Otomotif



Gambar 9.23. Berbagai Model Mesin Patri Otomatis

### 9.5. Pematrian Lunak pada Logam Berat

Pematrian lunak sering diistilahkan sebagai *cold soldering*, atau juga sering disebut dengan istilah *soldering*. Titik lebur patri lunak di bawah  $450^{\circ}\text{C}$  ( $840^{\circ}\text{F}$ ). Pada umumnya kekuatan patri lebih rendah daripada kekuatan bahan dasar. Pematrian lunak diterapkan apabila jalur sambungan patri harus dikedapkan dengan baik atau tidak harus terlalu pejal dan tidak boleh dikenai beban suhu yang terlalu tinggi.

Metode pematrian lunak yang biasa digunakan adalah pematrian tuas, pematrian api, pematrian rendam (pada pengerjaan beruntun), dan pematrian tahanan. Bentuk sambungan pematrian yang dapat diterapkan adalah pematrian celah.

#### Bahan Pelumer untuk Pematrian Lunak Logam Berat

Pengkodean bahan pelumer untuk pematrian lunak logam berat (DIN 8511) adalah : F-SW ... (F merupakan kode untuk bahan pelumer, S merupakan kode logam berat, dan W menunjukkan kode untuk pematrian lunak).

Tabel 9.4. Pengkodean Bahan Pelumer Pematrian Lunak

No	Kode	Keterangan
1.	F-SW 1	Contohnya adalah senyawa <i>Zn Chlorid</i> basah atau <i>Zn-Ammoniumchlorid</i> (air patri). Sisa bahan pelumer jenis ini menimbulkan karat sehingga harus segera disingkirkan seutuhnya dari permukaan benda kerja setelah pematrian.

		Penggunaannya serbaguna untuk hampir segala macam pekerjaan pematrian lunak, terutama pada pematrian lunak benda kerja dari bahan pelat logam putih, nikel, baja, timah, tembaga, dan kuningan.
2.	F-SW 2	Contohnya adalah senyawa <i>Zn-Chlorid-Ammoniumchlorid</i> di dalam pengolahan organis (misalnya <i>Glykol</i> , <i>vaselin</i> , atau gemuk). Sisa bahan pelumer jenis ini mengakibatkan karat pada kondisi tertentu. Bila perlu, sisa bahan pelumer ini harus disingkirkan dari permukaan benda kerja setelah pematrian.
3.	F-SW 3	Contohnya adalah damar (kolofonium), gemuk patri, <i>stearin</i> , lemak. Sisa bahan pelumer ini tidak menimbulkan karat sehingga tidak harus disingkirkan dari permukaan benda kerja setelah pematrian.

### 9.6. Pematrian Keras Pada Logam Berat

Pematrian keras sering diistilahkan sebagai *hard soldering*, atau juga dikenal dengan istilah *brassing*. Titik lebur patri keras di atas 450°C (840°F). Kadang-kadang kekuatan patri sedikit lebih rendah, namun seringkali lebih tinggi daripada kekuatan bahan dasar.

Pematrian keras digunakan apabila ikatan harus kokoh dan tahan suhu tinggi, sebagai alternatif apabila suatu konstruksi tertentu tidak dapat dilakukan pengelasan. Suatu jalur sambungan patri keras yang baik dapat dilenturkan dan dimartil. Kekuatan jalur sambungan patri pematrian keras banyak dipengaruhi oleh pembentukan paduan antara patri dan bahan dasar (terjadi difusi dan leburan), pemilihan patri, dan pengaturan besar celah sambungan.

Metode pematrian yang dapat digunakan adalah pematrian api, pematrian benam, pematrian kubangan garam, pematrian tungku, pematrian imbas dan pematrian tahanan listrik.

Hampir semua logam yang titik leburnya diatas 500°C dapat dipatri keras. Contohnya adalah : baja, besi tuang, besi tuang tempa, tembaga, kuningan, perunggu, paduan tembaga-seng, paduan perak-nikel-tembaga, nikel, paduan nikel, logam ringan, logam keras. Logam mulia hanya dapat dipatri keras.

#### Tegangan panas pada pematrian keras

Akibat suhu kerja yang tinggi (terutama pada pematrian api), terjadi pemanasan setempat pada bahan dasar. Pendinginan yang berlangsung cepat setelah pematrian akan mengakibatkan tegangan panas pada

## Teknik Bodi Otomotif

bahan dasar. Untuk mencegahnya proses pendinginan harus berlangsung secara lambat, atau dilakukan perlakuan panas terhadap bahan dasar (terutama baja paduan tinggi) sesudah pematrian keras.



Gambar 9.24. Contoh Sambungan Hasil Pekerjaan Pematrian Keras

### **Patri Keras untuk Logam Berat**

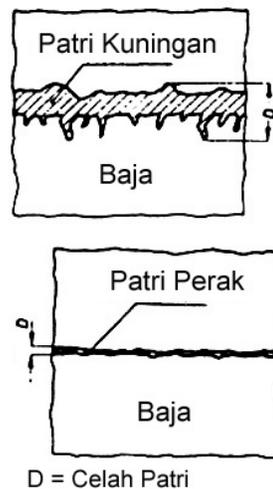
Sesuai dengan banyaknya macam logam dasar, terdapat sejumlah besar jenis patri keras dengan suhu kerja berkisar antara 600 – 1100°C. Pemilihan bahan patri berdasarkan atas ketentuan standar, ataupun menurut anjuran pembuat bahan patri. Pada pematrian keras, kebanyakan digunakan patri dari tembaga dan perak.

- a. Patri keras tembaga. Terdapat beberapa jenis patri keras tembaga, diantaranya adalah patri tembaga-timah, tembaga-seng, tembaga-nikel-seng, tembaga fosfor. Semakin tinggi kadar tembaga, maka patri akan semakin padat, liat, kental dan suhu kerja patri juga semakin tinggi. Kadar kandungan seng, timah, nikel atau fosfor sangat menentukan suhu lebur dan suhu kerja patri.

- b. Patri keras perak. Patri keras perak terdiri atas tembaga (Cu), perak (Ag), seng (Zn), Mangan (Mn), nikel (Ni), dan sedikit tambahan bahan lain. Beberapa jenis patri keras perak mengandung cadmium (Cd) untuk menurunkan titik lebur. Semakin tinggi kandungan Cd, maka semakin rendah suhu kerja patri.

Patri keras perak dikelompokkan ke dalam dua kategori, yaitu : (a) patri keras perak dengan kandungan perak di bawah 20%, dan (b) patri keras perak dengan kandungan perak di atas 20%.

Karakter patri keras perak secara umum adalah sangat encer dan mampu mengalir ke dalam celah yang sangat sempit, mampu menghasilkan sambungan yang sangat kuat, liat, tahan karat, rata, dan putih yang pada tepi pelat logam akan membentuk rongga cekung kecil yang indah dan tidak memerlukan pengerjaan lanjut. Kemudahan aliran memungkinkan kecepatan kerja yang tinggi sehingga menghemat waktu kerja. Karena keencerannya, patri keras perak tidak dapat mengisi atau menutup celah sambungan yang lebar, sehingga menuntut celah patri yang lebih sempit dibandingkan dengan patri kuningan.



Gambar 9.25. Perbandingan Celah Patri Kuningan & Perak

Oleh karena mahal, maka patri keras perak hanya digunakan dalam pematrian untuk mekanika presisi.

Tabel 9.5. Jenis-jenis Patri Keras Tembaga

No	Jenis Patri	Kandungan	Karakter	Penerapan
1.	Patri keras tembaga	Terbuat dari tembaga tungku lebur yang mengandung zat	Sangat mudah dibentuk, menghasilkan jalur sambungan yang	Pematrian celah dalam pembuatan perkakas dari bahan baja-baja. Celah pematrian :

## Teknik Bodi Otomotif

		asam (F-Cu) atau tembaga tungku lebur yang tidak mengandung zat asam (SF-Cu), dengan sedikit tambahan fosfor guna penguraian oksidasi.	kedap, tahan asam, tahan karat dan suhu tinggi. Setelah pematrian dapat segera dilakukan pengerasan.	0,25 – 0,4 mm. Bahan pelumer yang cocok : F-SH 3.
2.	Patri keras tembaga-timah (patri perunggu)	Terbuat dari tembaga dan timah dengan sedikit tambahan fosfor.		Pematrian celah, terutama untuk pematrian keras pipa baja. Bahan pelumer yang cocok : F-SH 2.
3.	Patri keras tembaga-seng (patri kuningan)	Terbuat dari tembaga dan seng dengan sedikit tambahan silisium, timah, mangan, besi. Untuk keperluan istimewa, seringkali ditambahkan perak dan nikel.	Daya regang tinggi, kekuatan batas menengah, dan kekerasan rendah.	Merupakan patri keras yang paling banyak dipakai, patri serbaguna yang murah dan baik untuk hampir semua logam berat. Penerapan pada pematrian celah dan sambungan. Bahan pelumer yang cocok : F-SH 2.
4.	Patri keras tembaga-nikel-seng (patri perak baru)	Terbuat dari tembaga, nikel, dan seng dengan sedikit tambahan silisium.	Menghasilkan jalur sambungan tahan panas dan berkekuatan tarik tinggi (hingga 800 N/mm <sup>2</sup> ). Menghasilkan lapisan patri yang tahan pukul, tahan aus dan karat.	Cocok untuk pematrian celah 0,25 – 0,3 mm dan pematrian celah sambungan baja, nikel, paduan nikel, tuangan temper, besi tuang. Bahan pelumer yang digunakan : F-SH 2.

Tabel 9.6. Jenis-jenis Patri Keras Perak

No	Jenis Patri	Kandungan	Karakter	Penerapan
1.	Patri keras perak dengan <i>cadmium</i>	Paduan perak dengan <i>cadmium</i>	Mempunyai daerah leleh yang sempit, sangat encer dan membutuhkan celah yang sangat sempit hingga 0,1 mm. Mampu menghasilkan sambungan yang kedap. Mudah hangus, sehingga memerlukan penanganan	Diterapkan pada pematrian benda kerja presisi yang membutuhkan pengedapan.

			yang hati-hati.	
2.	Patri keras perak tanpa <i>cadmium</i>		Mempunyai daerah leleh yang lebar, dan lebih kental.	Cocok untuk pematrian keras pada celah yang lebih lebar dari 0,1 mm.
3.	Patri keras perak-nikel-mangan	Paduan perak-nikel-mangan dengan tambahan sedikit fosfor (0,02-0,03%).	Memiliki kekuatan hingga 500 N/mm <sup>2</sup> , dan keuletan tinggi. Kandungan fosfor yang kecil meningkatkan kemudahan pencairan dan menjamin ikatan patri yang sangat kuat, tahan hangus dan mampu menahan beban getaran.	Banyak digunakan pada pematrian keras logam yang sulit dipatri ( <i>wolfram, molybdenum</i> ), terutama untuk melekatkan logam keras pada baja.

### Bahan Pelumer untuk Pematrian Keras Logam Berat

Pengkodean bahan pelumer untuk pematrian keras logam berat (DIN 8511) adalah : F-SH ... (F merupakan kode untuk bahan pelumer, S merupakan kode logam berat, dan H menunjukkan kode untuk pematrian keras).

Senyawa bor pada bahan pelumer mengandung asam bor yang melarutkan oksid logam, terdiri atas borax bakar dan borax tabur. *Borax bakar* (borax = natron berasam bor) dibebaskan dari air dengan pemanasan.

Penggunaannya dioleskan di atas bidang pematrian dengan terlebih dahulu dibuat bubur (dilarutkan di dalam air atau spiritus). Kelebihan penggunaan borax bakar yang berbentuk bubur adalah dapat dioleskan secara merata pada bidang yang akan dipatri.

Karena borax bakar peka terhadap kelembaban, oleh karena itu penyimpanannya harus dihindarkan dari tempat yang lembab dan disimpan pada wadah yang kedap udara.

*Borax tabur* merupakan campuran antara borax bakar (60%), kalium asam arang (20%), dan garam dapur (20%). Campuran senyawa bor dengan fluorid, chlorid, ataupun fostat disesuaikan dengan keperluan pematrian dan bahan dasar masing-masing.

#### Perhatian :

Asam bor memiliki dampak yang kuat dan merusak logam, penggunaannya untuk suhu kerja yang tinggi. Karena dapat merusak

## Teknik Bodi Otomotif

logam, sisa bahan pelumer ini harus disingkirkan setelah pematrian. Selaput kaca yang tersisa dari borax harus disingkirkan dengan perkakas yang runcing.

Tabel 8.7. Pengkodean Bahan Pelumer Pematrian Keras

No	Kode	Keterangan
1.	F-SH 1	Senyawa bor, fluorid; suhu kerja antara 550 – 800°C.
2.	F-SH 2	Senyawa bor, untuk suhu kerja di atas 800°C.
3.	F-SH 3	Senyawa bor, fostat; suhu kerja di atas 1050°C.
4.	F-SH 4	Tidak mengandung senyawa bor, penerapan terutama di dalam konstruksi reaktor; suhu kerja antara 600 – 1000°C.

### **Pematrian di dalam Perlindungan Gas untuk Pematrian Keras**

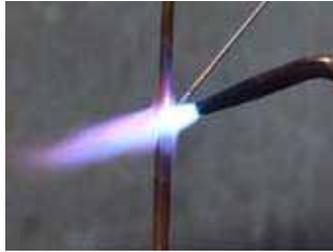
Pemilihan gas untuk proses pematrian keras dengan gas pelindung disesuaikan dengan bahan dasar maupun bahan patri yang akan digunakan. Tabel di bawah ini memperlihatkan pemilihan gas pelindung yang sesuai untuk proses pematrian keras pada beberapa kombinasi bahan dasar dan patri.

Tabel 9.8. Pemilihan Gas Pelindung

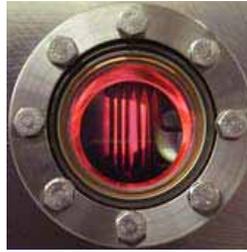
Kombinasi Bahan dasar dan Patri		Gas Pelindung Yang Sesuai				
Bahan Dasar	Bahan Patri	Vakum	Hidrogen	Nitrogen	Argon	Udara Bebas *
<i>Steel</i>	<i>Copper</i>	√		√	√	
<i>Steel</i>	<i>Silver</i>		√			√
<i>Stainless Steel</i>	<i>Copper</i>	√		√	√	
<i>Stainless Steel</i>	<i>Silver</i>		√			√
<i>Stainless Steel</i>	<i>Gold</i>	√	√			
<i>Stainless Steel</i>	<i>Nickel</i>	√	√			
<i>Aluminum</i>	<i>Aluminum</i>	√				√
<i>Copper</i>	<i>Silver</i>					√
<i>Copper</i>	<i>Silver w/Lithium</i>			√	√	
<i>Nicke / Inconel / Cobalt</i>	<i>Nickel</i>	√				

Titanium	Silver w/Lithium	√				
----------	------------------	---	--	--	--	--

\* Diperlukan bahan pelumer



Gambar 9.26. Pematrian Keras di Udara Bebas (*Open Air*)



Gambar 9.27. Pematrian keras Pada Ruang Vakum dari *Stainless Steel*



Gambar 9.28. Pematrian komponen Baja Metode Kumparan Induksi di dalam Ruang Pemanas dengan Gas Argon

## 9.7. Aplikasi Sambungan Pematrian pada Beberapa Konstruksi.

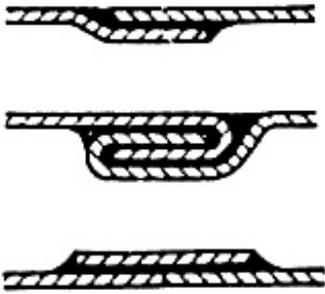
Hal penting yang harus diperhatikan dalam mempersiapkan benda kerja yang akan dipatri adalah memilih bentuk sambungan yang sesuai. Secara umum, jalur sambungan tumpang tindih dan bidang ikatan yang cukup lebar akan memberikan kekuatan sambungan baik.

### 1. Pematrian Sambungan Pelat

Tabel 9.9. Pematrian Sambungan Pelat

No.	Konstruksi	Keterangan
1.		<p>Apabila memungkinkan, hendaknya diterapkan jalur sambungan tumpang tindih. Jalur sambungan tumpang tindih merupakan konstruksi sambungan yang sederhana. Lebar jalur sambungan tumpang tindih yang dibutuhkan tergantung dari tebal pelat. Lebar jalur sekurang-kurangnya 4 sampai 8 kali tebal pelat.</p>
2.		<p>Sambungan lipatan mampu menghasilkan kekuatan yang sangat tinggi.</p>

## Teknik Bodi Otomotif

3.		<p>Apabila dikehendaki sambungan pelat yang rata, dapat diterapkan sambungan dengan perendahan, atau ikatan dampingan.</p>
----	---	--

### 2. Pematrian Ikatan T

Tabel 9.10. Pematrian Ikatan T

No.	Konstruksi	Keterangan
1.		<p>Pada pematrian lunak, sambungan tumpu tidak sesuai karena bidang penyolderan yang sempit tidak dapat memberikan kekuatan yang tinggi. Untuk memperluas bidang sambungan dapat diatasi dengan menekuk pelat sehingga membentuk siku.</p>
2.		<p>Sambungan tumpu dan sambungan berjalan lipatan dapat diterapkan pada pematrian keras.</p>

### 3. Pematrian Sambungan Sudut dan Dinding Alas

Konstruksi ini banyak diterapkan pada bingkai dan dinding dari kaleng atau wadah yang terbuat dari bahan pelat.

Tabel 9.11. Pematrian Sambungan Sudut dan Dinding Alas

No.	Konstruksi	Keterangan
1.		Sambungan lantai atau sudut menghasilkan ikatan yang sederhana dan pada umumnya menghasilkan kekuatan ikatan yang memadai.
2.		Sambungan lantai atau sudut yang dibingkai atau dilipat menghasilkan kekuatan ikatan yang sangat baik.

#### 4. Pematrian Suku Konstruksi Pada Dinding Pelat

Tabel 9.12. Pematrian Suku Konstruksi Pada Dinding Pelat

Konstruksi	Konstruksi
<p>Sambungan untuk siku pelat</p>	<p>Sambungan pada pegangan tangan</p>
<p><u>Keterangan :</u></p> <p>Sambungan untuk siku pelat dan pegangan tangan seperti terlihat pada gambar di atas memerlukan kekuatan yang besar, terutama apabila ikatan tersebut memperoleh beban tarikan dan lenturan. Teknik yang benar untuk melakukan sambungan pematrian adalah dengan cara membuat celah pada pelat penyambung untuk siku pelat yang disisipkan melaluinya, kemudian bagian siku yang menjulur ditekek dan dipatri.</p>	

**5. Pematrian Benam Tap, Batang dan Pipa Silindris**

Tabel 9.13. Pematrian Benam Tap, Batang dan Pipa Silindris

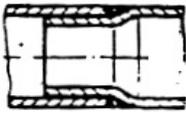
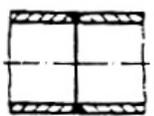
No.	Konstruksi	Keterangan
1.		Ikatan tumpu tidak menghasilkan kekuatan yang baik, terutama terhadap beban lentur. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan tap, batang atau pipa dipatrikan membenam ke dalam kubang atau coakan.
2.		Apabila selain kekuatan yang baik juga dituntut kedekatan, maka tap, batang atau pipa disekrupkan dengan ulir yang disepuh seng, kemudian dilakukan pematrian.

**6. Pematrian Pipa**

Terdapat beberapa teknik yang dapat dilakukan untuk melakukan pematrian pada sambungan pipa seperti terlihat pada gambar di bawah.

Tabel 9.14. Pematrian Pipa

No.	Konstruksi	Keterangan
1.		Penyambungan pipa menggunakan soket.
2.		Ujung pipa yang diperbesar membentuk soket.

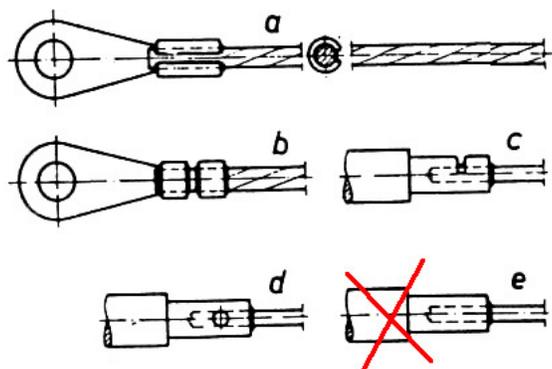
3.		Ujung pipa yang diperkecil. (Hanya cocok untuk sambungan konstruksi, tidak cocok digunakan untuk sambungan pipa saluran (cairan, gas) karena terdapat penyempitan di dalam pipa).
4.		Pematrian celah sambungan.
5.		Pematrian tumpu.
6.		Suaian kerucut.

Keterangan :

Pematrian celah sambungan, pematrian tumpu, dan suaian kerucut hanya cocok diterapkan pada pematrian keras.

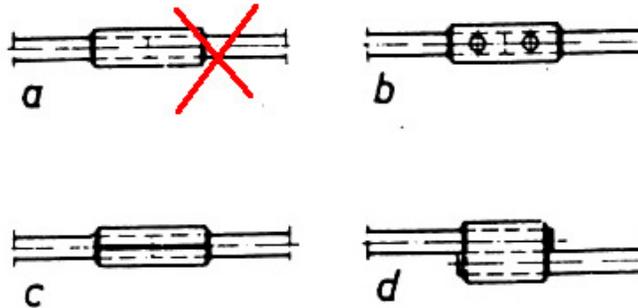
### 7. Pematrian Ujung Kabel dengan Sepatu Kabel

Kekuatan pematrian yang diperoleh pada lubang sambungan dengan celah dan lubang (gambar a – d) lebih baik karena patri akan mengalir lebih baik.



Gambar . 9.29. Pematrian Ujung Kabel dengan Sepatu Kabel

### 8. Pematrian Ujung-ujung Kawat dan Kabel Yang Tebal



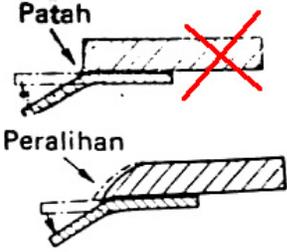
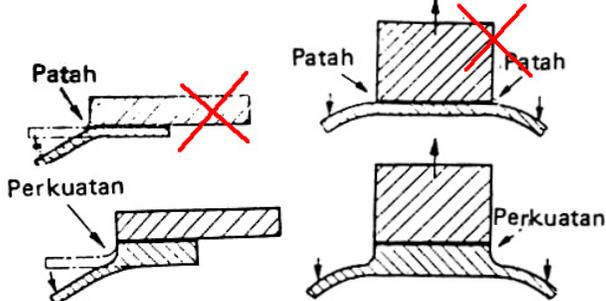
Gambar 9.30. Pematrian Ujung-ujung Kawat dan Kabel Yang Tebal

Pematrian ujung-ujung kawat dan kabel yang tebal dapat dilakukan dengan selubung pelat (dari bahan kuningan dan sejenisnya). Meskipun pematrian dengan teknik ini mampu menghasilkan kekuatan ikatan yang cukup baik, namun sambungan yang dihasilkan hendaknya tidak diberi beban tarik yang terlalu tinggi.

### 9. Pematrian Bagian yang Tebalnya Sangat Berlainan dan Menampung Beban Tinggi

Pematrian untuk bagian ini hendaknya berlangsung sedemikian rupa, untuk menghindari lonjakan perubahan atau pemusatan tegangan pada ujung sambungan. Lonjakan perubahan/pemusatan tegangan akan menyebabkan terjadinya retakan atau patahan pada ujung-ujung sambungan pada saat dikenai beban. Teknik yang terbaik untuk mengatasi kondisi ini adalah dengan memberikan penguatan dengan cara mengalihkan ujung jalur sambungan ataupun memberikan penebalan permukaan bidang sambungan. Dengan demikian jalur sambungan terbebas dari beban. Pembebanan yang terbesar akan dialihkan pada bahan dasar.

Tabel 9.15. Pematrian Bagian yang Tebalnya Sangat Berlainan

No	Konstruksi	Keterangan
1.		Teknik mengalihkan ujung jalur sambungan.
2.		Memberikan perkuatan dengan penebalan.

### 9.8. Keselamatan Kerja

Proses pematrian seringkali menghasilkan gas-gas yang dapat membahayakan kesehatan. Gas-gas ini dapat ditimbulkan oleh reaksi logam benda kerja terhadap panas, terhadap bahan pelumer, ataupun terhadap fluorid yang terkandung dalam bahan pelumer. Ikutilah petunjuk-petunjuk di bawah ini agar dapat terhindar dari bahaya yang ditimbulkan oleh gas-gas pada proses pematrian.

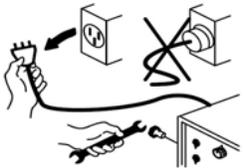
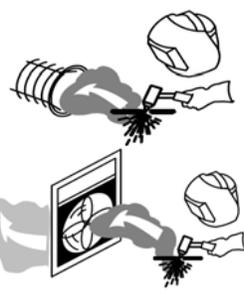
1. Bersihkan benda kerja sepenuhnya. Permukaan benda kerja yang masih terkontaminasi dapat meningkatkan timbulnya gas yang berbahaya, ataupun dapat menyebabkan bahan pelumer tidak bekerja sehingga memicu terjadinya overheat dan menimbulkan gas.
2. Pergunakan bahan pelumer yang cukup. Selain melindungi benda kerja dari oksidasi, bahan pelumer juga melindungi benda kerja dan patri dari pemanasan yang berlebih.
3. Pahami karakter benda kerja. Lapisan cadmium atau galvanis pada permukaan benda kerja mudah menguap dan menghasilkan gas

## Teknik Bodi Otomotif

beracun saat dipanaskan. Sangat dianjurkan untuk menghilangkan lapisan ini dari permukaan benda kerja sebelum melakukan pematrian.

4. Pahami karakter patri yang digunakan. Hati-hati jangan melakukan pemanasan yang berlebihan pada saat menggunakan patri yang mengandung cadmium. Bacalah petunjuk penggunaan patri berkaitan dengan temperatur yang diperbolehkan dengan teliti.

### **Bahaya dan Resiko Kerja**

	<b>Sengatan energi listrik dari instalasi (kabel, mesin pemanas) dapat membahayakan jiwa.</b>
	Pergunakan sarung tangan dan pelindung badan ( <i>apron</i> ) yang kering dan utuh. Jangan memegang komponen elektrik yang sedang bekerja dengan tangan kosong.
	Cabut hubungan sumber tenaga listrik pada saat akan melakukan perbaikan pada mesin patri listrik. Secara rutin periksa kondisi kabel dari kerusakan, dan segera perbaiki atau ganti bagian kabel yang rusak. Pastikan instalasi mesin patri listrik sudah dilakukan dengan benar sesuai manual dan jaringan listrik yang ada.
	<b>Gas yang dihasilkan dari proses pematrian dapat membahayakan kesehatan.</b> Pada saat melakukan pematrian, usahakan jangan menghirup gas yang timbul. Lakukan pematrian pada area kerja yang berventilasi cukup, atau bila perlu tambahkan instalasi penghisap pada tempat kerja. Apabila masih diperlukan, gunakan respirator untuk mensuplay oksigen pada saat bekerja.
	<b>Proses pematrian berpotensi menimbulkan kebakaran ataupun ledakan.</b>

## Teknik Pematrian

	<p>Jangan melakukan pematrian di dekat material yang mudah terbakar. Jarak minimal posisi pematrian dengan material yang mudah terbakar adalah 35 feet (11 meter). Lakukan pematrian di tempat lain, atau pindahkan material yang mudah terbakar tersebut.</p>
	<p>Percikan api yang mungkin timbul pada saat pematrian dapat menyebabkan kebakaran. Selalu sediakan alat pemadam kebakaran di area kerja. Pastikan alat tersebut selalu dalam kondisi siap pakai.</p>
	<p><b>Radiasi panas dapat menyebabkan rasa terbakar pada mata dan kulit.</b> Gunakan kacamata pengaman yang baik, terutama pada pengerjaan penggerindaan dan pemotongan. Pakailah pakaian kerja pelindung badan secara komplet.</p>
	<p>Benda kerja dan perlengkapan pematrian yang panas dapat mengakibatkan rasa terbakar. Jangan menyentuh benda kerja yang masih panas setelah proses pematrian dengan tangan kosong. Pergunakan alat penjepit benda kerja yang sesuai untuk memindahkan benda kerja. Biarkan benda kerja maupun perlengkapan pematrian mengalami proses pendinginan sebelum dipindahkan ataupun digunakan lagi.</p>

Pertanyaan:

1. Bagaimanakah prosedur dan aturan dasar pada pematrian?
2. Sebutkan aplikasi pematrian pada konstruksi bodi kendaraan!

**M**etode sambungan banyak digunakan dalam teknologi pembuatan bodi otomotif, terutama untuk menyatukan bagian-bagian panel bodi. Pengembangan teknik-teknik baru terhadap metode sambungan terus dilakukan untuk mendapatkan cara yang lebih efektif maupun sambungan yang lebih baik.

Terdapat beberapa jenis metode sambungan yang dapat digunakan, namun setiap metode sambungan hanya sesuai digunakan pada konstruksi-konstruksi tertentu. Demikian pula suatu desain sambungan tertentu seringkali mensyaratkan penggunaan metode sambungan yang khusus. Dengan demikian setiap desain yang akan dibuat maupun jenis metode sambungan yang akan digunakan harus mempertimbangkan faktor-faktor seperti: kondisi beban, efisiensi sambungan, proses pengerjaan, perawatan dan perbaikan, dan bahan yang digunakan.

Secara umum, metode sambungan dibagi menjadi dua jenis, yaitu : (a) metode sambungan menggunakan mekanisme pengunci, (contohnya: rivet, sekrup, baur dan mur, dan *push-on clips*), dan (b) metode sambungan yang tidak menggunakan mekanisme pengunci (contohnya: las, pematian, kaitan, dan perekat/adhesif).

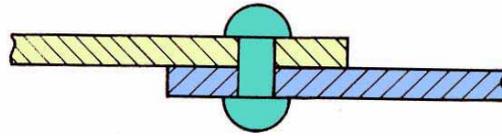
Metode sambungan yang akan dibahas lebih lanjut dalam bab ini meliputi: rivet, baut dan mur, *push-on clips*, dan perekat/ adhesif. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan, serta penggunaannya disesuaikan dengan tujuan dan karakteristik sambungan.

## 10.1. RIVET

### a. Macam Sambungan Rivet

#### 1. *Sambungan Tumpang.*

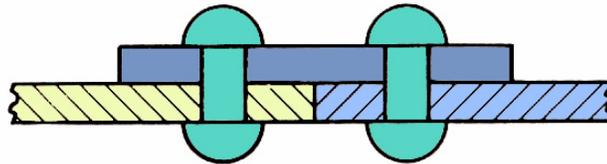
Merupakan bentuk sambungan rivet yang paling sederhana. Pelat disambung dengan posisi sambungan tumpang-tindih, rivet dipasangkan sepanjang titik tengah kampuh sambungan.



Gambar 10.1. Sambungan Tumpang

### 2. Sambungan Ujung.

Ujung-ujung pelat yang akan disambung disatukan, kemudian di sisi belakang sambungan ditambahkan pelat pengikat. Rivet digunakan untuk mengikatkan pelat pengikat dengan setiap bagian pelat yang disambung.



Gambar 10.2. Sambungan Ujung

### b. Jenis-jenis Rivet

#### 1. *Solid Rivets*

*Solid rivets* populer dengan istilah sambungan kelingan atau sambungan dengan paku keling. Kekuatan dari sebuah sambungan kelingan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya: (a) bahan benda kerja yang disambung maupun paku keling yang digunakan, (b) metode pembuatan lubang sambungan, apakah dibuat dengan bor atau pelobang (*punch*), dan (c) proses pengerjaan sambungan.

Pada pelat logam yang tipis, paku keling biasanya digunakan dalam keadaan dingin sehingga secara teori tidak terjadi distorsi. Namun pada pelat logam yang lebih tebal, paku keling dipanaskan untuk meningkatkan kekuatan sambungan yang dihasilkan. Paku keling yang digunakan pada sambungan yang dipanaskan terbuat dari bahan baja atau besi, sedangkan paku keling yang digunakan pada pengerjaan dingin dibuat dari tembaga, kuningan, aluminium, ataupun paduan aluminium. Paku

## Teknik Bodi Otomotif

keling yang terbuat dari baja banyak digunakan pada bagian-bagian utama konstruksi sambungan seperti kerangka chasis dan sub rangka.



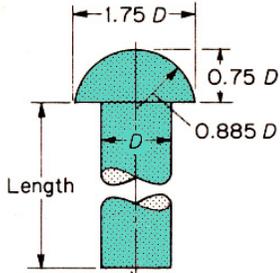
Gambar 10.3. *Solid Rivets*

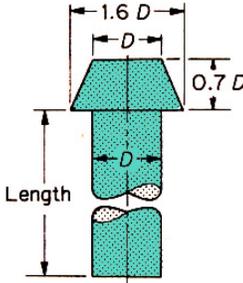
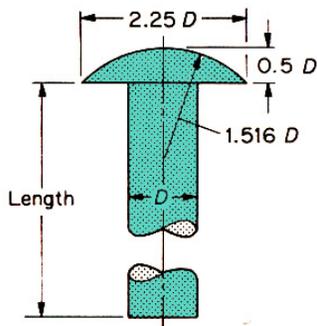
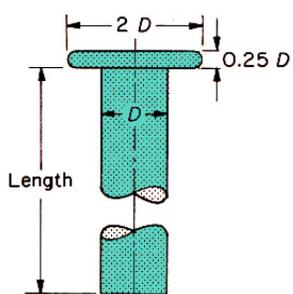
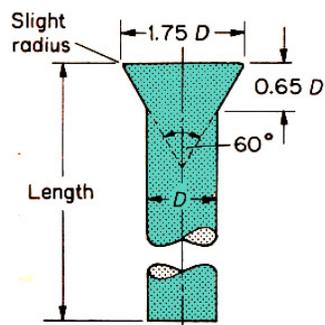
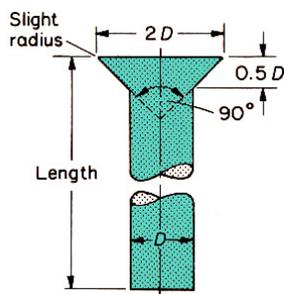
### Jenis-jenis Paku Keling

Paku keling diklasifikasikan menurut bentuk kepala, diameter dan panjangnya. Pemilihan bentuk kepala paku keling dilakukan dengan mempertimbangkan kegunaan benda kerja yang akan disambung. Pemilihan diameter paku keling dilakukan dengan mempertimbangkan kekuatan dan ketebalan komponen yang akan disambung. Pemilihan panjangnya paku keling disesuaikan dengan ketebalan komponen.

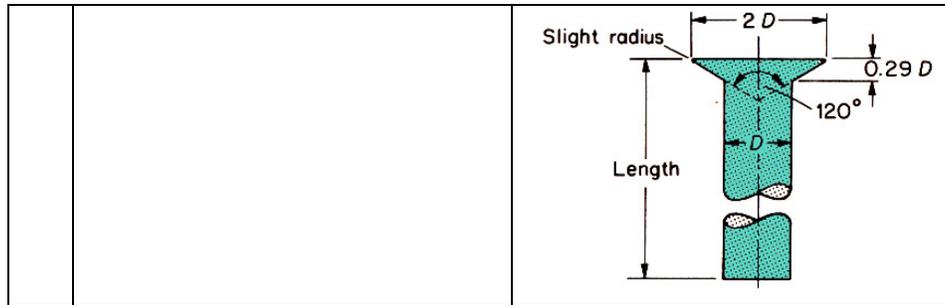
Terdapat beberapa jenis paku keling, seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 10.1. Jenis-jenis Paku Keling

No	Jenis Paku Keling	Keterangan
1.	 <i>Snap Rivets</i>	Kepala berbentuk bundar. Digunakan pada sambungan yang membutuhkan kekuatan tinggi

<p>2.</p>	 <p>Pan Rivets</p>	<p>Serupa dengan <i>snap rivets</i>, dapat digunakan pada sambungan yang menuntut kekuatan tinggi.</p>
<p>3.</p>	 <p>Mushroom Rivets</p>	<p>Kepala berbentuk jamur, digunakan pada lembaran pelat logam tipis.</p>
<p>4.</p>	 <p>Flat Head Rivets</p>	<p>Kepala berbentuk rata, digunakan untuk menyambung batang yang rata. Dapat pula digunakan untuk menyambung bagian sudut pada lembaran pelat tipis.</p>
<p>5.</p>	 <p>Countersunk Head Rivets</p>	<p>Digunakan pada sambungan yang menuntut permukaan hasil sambungan rata.</p> 

## Teknik Bodi Otomotif



### Lubang Sambungan Kelingan

Lubang sambungan kelingan dapat dibuat dengan menggunakan alat pelobang (*punch*) ataupun dengan cara dibor. Lubang yang dihasilkan dari penggunaan alat pelobang biasanya sedikit mengerucut (tirus) dan meninggalkan permukaan yang kasar, kedua kondisi ini dapat mengurangi kekuatan sambungan kelingan yang dihasilkan. Untuk meningkatkan efisiensi sambungan, kedua benda kerja disatukan kemudian dilakukan pelubangan secara bersamaan. Cara ini akan dapat mengurangi ketirusan lubang yang dihasilkan. Selain itu, permukaan benda kerja yang kasar akibat pelubangan harus dihaluskan.

Penggunaan bor menghasilkan lubang yang lebih baik dari pada menggunakan alat pelubang. Lubang yang dibuat dengan bor akan menghasilkan kekuatan sambungan rivet yang lebih baik sekitar 8% daripada sambungan kelingan dengan lubang yang dibuat menggunakan alat pelubang.

### Prosedur Pengelingan

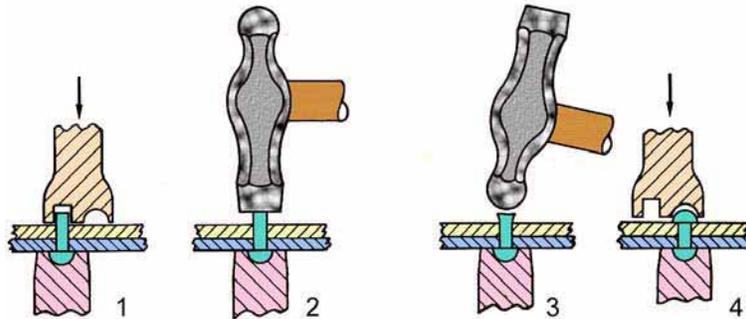
Sebelum memasang paku keling, pelat yang akan disambung dengan kelingan harus dijepit kuat-kuat dengan cara diklem agar tidak berubah posisi saat dilakukan pemasangan kelingan. Pastikan lubang-lubang sambungan pada posisi yang saling tepat (segaris, tidak bergeser).

Pada pengerjaan sambungan kelingan dengan pemanasan, lakukan pada temperatur tempa. Proses penyambungan (penggembungan akhiran paku keling) harus selesai sebelum temperatur paku keling menurun kembali (terlihat dari perubahan warna paku keling kembali kehitam-hitaman). Tujuannya adalah untuk menggembungkan batang paku keling hingga memenuhi lubang sambungan, dan secepat mungkin menyelesaikan proses penyambungan saat paku keling berada pada temperatur tempa. Pada temperatur tempa, didapatkan penyusutan rivet yang maksimal untuk menekan pelat setelah penyambungan selesai sehingga didapatkan kekuatan sambungan yang maksimal.

## Metode Sambungan

Apabila proses penyambungan belum selesai tetapi paku keling sudah tidak pada temperatur tempa, maka kekuatan sambungan yang dihasilkan akan berkurang.

Proses pengerjaan sambungan kelingan (*snap head rivets*) dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 10.4. Prosedur pengelingan

Alat pemukul yang dioperasikan dengan tenaga pneumatik banyak digunakan untuk menggembungkan akhiran paku keling. Tenaga pneumatik memberikan kemudahan dalam mengatur berat dan kecepatan pukulan yang diperlukan untuk menggembungkan akhiran paku keling secara cepat dan akurat.

Proses pengerjaan sambungan kelingan secara dingin hampir sama dengan proses pengerjaan sambungan secara panas. Hanya saja karena dikerjakan tanpa pemanasan, kemampuan plastis dari paku keling sangat kecil sehingga menyulitkan dalam menggembungkan batang paku keling maupun membentuk akhiran kelingan.

Selain itu, sambungan kelingan yang dikerjakan secara dingin tidak dapat sekuat sambungan kelingan yang dikerjakan dengan pemanasan. Hal ini dikarenakan tidak terdapat penyusutan paku keling yang dengan sendirinya akan menekan pelat secara kuat seperti halnya pada sambungan kelingan yang dipanaskan.

### **2. Bifurcated Rivets**

Merupakan jenis rivet yang konstruksinya terbagi menjadi dua bagian, yaitu bagian ujung (kepala dan batang), dan bagian akhir (pengunci).

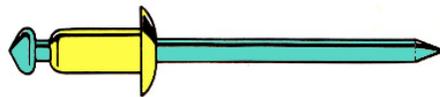
Rivet jenis ini banyak digunakan untuk menyatukan bahan-bahan lunak seperti : plastik, karet dan kulit. Rivet jenis ini tidak banyak digunakan pada industri bodi kendaraan.

## Teknik Bodi Otomotif

### 3. *Blind (Pop) Rivets*

*Blind rivets* pada awalnya (tahun 1930-an) banyak digunakan oleh industri pembuatan pesawat terbang, namun selama beberapa dekade terakhir telah banyak digunakan juga pada industri-industri permesinan. Bahkan, saat ini rivet digunakan sebagai standar metode sambungan pelat logam pada mobil, bus, dan semua jenis kendaraan komersial.

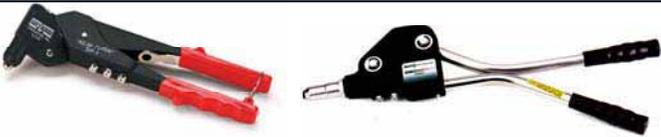
Sesuai dengan namanya, *blind rivets* (*blind* = buta, tidak dapat melihat) merupakan jenis rivet yang tetap dapat digunakan meskipun benda kerja hanya dapat dijangkau dari satu sisi saja. *Blind rivets* merupakan metode penyambungan yang sangat menguntungkan digunakan pada pekerjaan pembuatan bodi maupun pada pekerjaan perbaikan bodi mobil. Kebanyakan panel bodi hanya dapat dijangkau dari satu sisi saja, sehingga tidak memungkinkan dikerjakan dengan metode kelingan konvensional.



Gambar 10.5. Konstruksi *Blind Rivets*

### Alat Pemasang *Blind Rivets*

Tabel 10.3. Alat Pemasang *Blind Rivets*

No	Jenis Alat
1.	 Tang rivet yang dioperasikan secara manual.
2.	 Pemasang rivet portabel yang dioperasikan secara pneumatik



### 10.2. SEKRUP (SCREW)

Pada konstruksi bodi yang terdiri dari banyak bagian yang disatukan dengan penyambungan, diperlukan metoda sambungan yang kuat dan tahan selama beberapa selang waktu tertentu. Namun terkadang karena suatu alasan atau tujuan tertentu, diperlukan metode sambungan yang dapat dilepaskan kembali.

Salah satu metode sambungan yang dapat dilepaskan kembali adalah metode sambungan menggunakan sekrup. Terdapat beberapa jenis sekrup, yaitu :

1. *Self-tapping screws*. Mulai banyak digunakan sejak berlangsungnya perang dunia kedua (PD II). Sekrup jenis ini terbuat dari baja keras, didesain untuk menyambung bahan logam. Proses pemasangan sekrup jenis ini adalah dengan cara memasukkan sekrup ke dalam lubang panduan yang telah dibuat sebelumnya dengan cara dibor. Pada saat dipasangkan, ulir sekrup akan bekerja seperti halnya mata bor, membuat ulir pada benda kerja yang akan disambung sehingga dihasilkan ikatan sambungan yang sangat kuat.



Gambar 10.6. *Pozidriv head self-tapping screws*

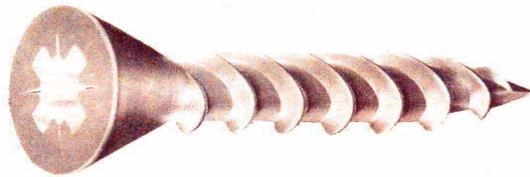
Terdapat berbagai bentuk kepala sekrup, diantaranya adalah *countersunk*, *raised countersunk*, *round-head*, *pan-head*, *mushroom-head* dan *hexagon-head*. Pada kepala sekrup terdapat alur yang digunakan untuk memasukkan ujung obeng, bentuk alur bermacam-macam : strip (minus), plus (*pozidriv head*), berbentuk bintang, dan sebagainya.

## Teknik Bodi Otomotif

*Self-tapping screws* banyak digunakan pada pembuatan bodi dan aksesoris kendaraan, yang kebanyakan hanya dapat dikerjakan dari satu sisi saja. Proses pemasangan sekrup sangat sederhana, yakni dengan membuat lubang panduan kemudian memasang sekrup menggunakan obeng. Sambungan menggunakan sekrup akan bertahan cukup lama dan dapat dilakukan bongkar pasang berulang kali tanpa mengalami penurunan kekuatan.

Seiring perkembangannya, dilakukan perbaikan terhadap konstruksi sekrup sehingga pemasangannya tidak lagi memerlukan pembuatan lubang panduan terlebih dahulu. Sekrup model ini dikenal dengan istilah *spat system screws*.

Pemasangan *spat system screws* dilakukan dengan menggunakan obeng yang dioperasikan dengan tenaga pneumatik. Tenaga pneumatik digunakan untuk menekan sekrup hingga ujung sekrup menusuk benda kerja, kemudian sekrup diputar agar ulir sekrup menembus benda kerja hingga sekrup tertanam pada benda kerja. Metode ini mampu meningkatkan kekuatan sambungan sekrup hingga 30% lebih baik dibandingkan dengan metode *self-tapping screws*.



Gambar 10.7. *Spat System Screws*

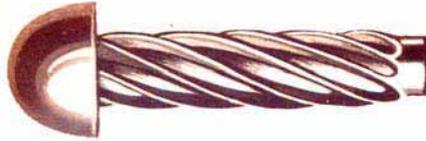
2. *Screw nails*. Konstruksi sekrup jenis ini menyerupai paku yang bagian batangnya dibuatkan ulir spiral. Sekrup dibuat dari baja keras dan digunakan untuk penyambungan antara lembaran pelat tipis ke konstruksi yang terbuat dari bahan kayu.



Gambar 10.8. *Screw Nails*

Metode pemasangannya dilakukan dengan cara dipukul menggunakan martil. Ulir spiral yang ada akan memperkuat cengkeraman sekrup sehingga menghasilkan ikatan sambungan antara bahan logam dengan kayu dengan kekuatan yang kuat.

3. *Steel hammer driven screws*. Sekrup jenis ini digunakan untuk menyambung lembaran pelat logam, sambungan yang dihasilkan sangat kuat dan sulit untuk dilepaskan kembali. Oleh karena itu sekrup jenis ini hanya digunakan pada sambungan yang bersifat permanen. Sekrup terbuat dari baja yang sangat keras, dengan bentuk kepala *countersunk* atau *round-head*.



Gambar 10.9. *Steel Hammer Driven Screws*

Proses pemasangan sekrup jenis ini adalah dengan cara membuat lubang panduan menggunakan bor atau penitik, kemudian sekrup dipasangkan dengan cara dipukul menggunakan palu. Ulir spiral yang terdapat pada sekrup akan membantu sekrup tertanam pada benda kerja yang disambung secara kuat.

4. *Set screws (= Machine Screws)*. *Set screws* hampir sama dengan baut, yakni bagian batangnya berbentuk silindris dan berulir. Bentuk kepala *set screws* berbeda dengan kepala baut, yakni berbentuk *countersunk*, *round-head*, *cheese*, ataupun *pan-heads*. *Set screws* digunakan untuk mengikat dua bagian logam menjadi satu konstruksi yang kuat, atau mengatur celah/jarak antara satu bagian dengan bagian yang lain.



Gambar 10.10. *Set Screws*

### **10.3. BAUT DAN MUR (BOLTS & NUTS)**

#### **a. Baut**

Baut digunakan secara luas dalam industri kendaraan bermotor. Pada kendaraan bermotor terdapat banyak sekali komponen yang dibuat secara terpisah, kemudian disatukan menggunakan baut dan mur agar memudahkan dilakukan pelepasan kembali saat diperlukan, misalnya untuk melakukan pekerjaan perbaikan atau penggantian komponen.

## Teknik Bodi Otomotif

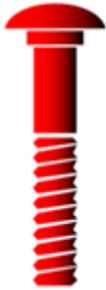
Baut biasanya digunakan berpasangan dengan mur. Bagian batang baut yang tidak berulir dimaksudkan untuk menepatkan dengan celah lubang baut, dan untuk mengurangi efek gesekan antara kepala baut dengan benda kerja dapat ditambahkan ring/washer di antara kepala baut dan permukaan benda kerja. Washer berbentuk spiral dapat digunakan pada baut untuk membantu mencegah kekuatan sambungan berkurang yang disebabkan baut mengendor akibat getaran.

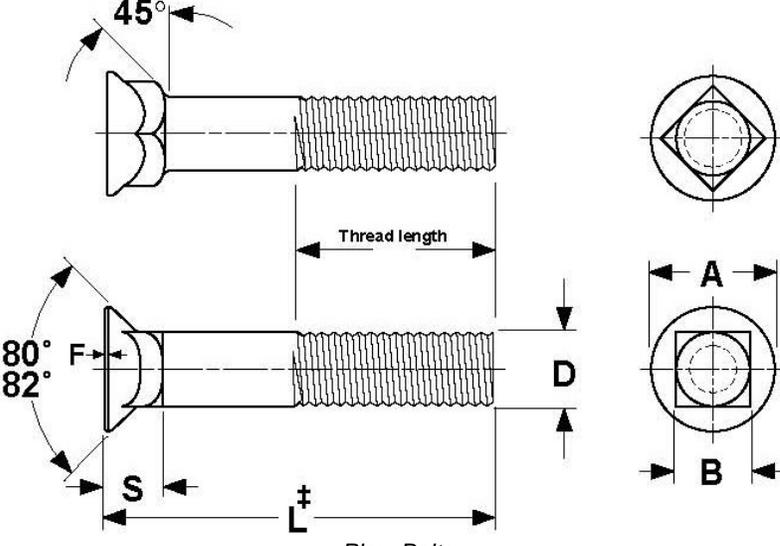
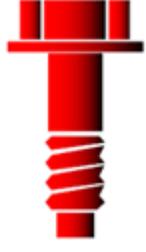
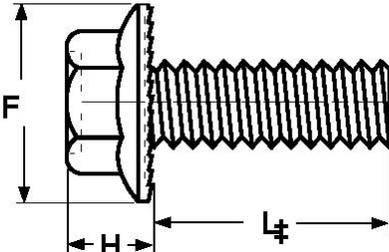
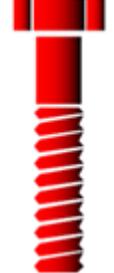
Konstruksi baut terdiri atas batang berbentuk silinder yang memiliki kepala pada salah satu ujungnya, dan terdapat alur di sepanjang (ataupun hanya di bagian ujung) batang silinder tersebut. Baut terbuat dari bahan baja lunak, baja paduan, baja tahan karat ataupun kuningan. Dapat pula baut dibuat dari bahan logam atau paduan logam lainnya untuk keperluan khusus.

Bentuk kepala baut yang umum digunakan adalah : (a) segi enam (*hexagon head*), dan (b) segi empat (*square head*). Kepala baut berbentuk segi enam merupakan bentuk yang paling banyak digunakan. Baut dengan kepala berbentuk segi empat pada umumnya digunakan untuk industri berat dan pekerjaan konstruksi.

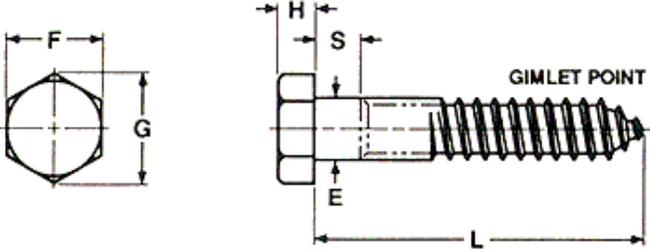
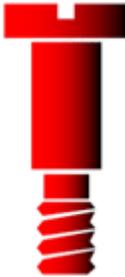
Berbagai jenis baut yang umum terdapat di pasaran adalah sebagai berikut :

Tabel 10.4. Jenis-jenis Baut

No	Jenis Baut	Keterangan
1.	 <i>Carriage bolts</i>	<p><i>Carriage bolts</i> atau juga disebut <i>plow bolts</i> banyak digunakan pada kayu. Bagian kepala <i>carriage bolts</i> berbentuk kubah dan pada bagian leher baut berbentuk empat persegi. Pada saat baut dikencangkan, konstruksi leher baut yang berbentuk empat persegi tersebut akan menekan masuk ke dalam kayu sehingga menghasilkan ikatan yang sangat kuat.</p> <p><i>Carriage bolts</i> dibuat dari berbagai bahan logam dan terdapat berbagai ukuran yang memungkinkan penggunaannya dalam berbagai pekerjaan.</p>

	 <p style="text-align: center;">Plow Bolts</p>
<p>3.</p>	 <p style="text-align: center;">Flange Bolts</p> <p><i>Flange bolts</i> merupakan jenis baut yang pada bagian bawah kepala bautnya terdapat bubungan (flens). Flens yang terdapat pada bagian bawah kepala baut didesain untuk memberikan kekuatan baut seperti halnya bila menggunakan washer.</p> <p>Dengan kelebihan tersebut maka penggunaan <i>flange bolts</i> akan memudahkan mempercepat selesainya pekerjaan.</p>  <p style="text-align: center;">Serrated Flange Bolts</p>
<p>4.</p>	 <p style="text-align: center;">Hex Bolts</p> <p><i>Hex bolts</i> merupakan baut yang sangat umum digunakan pada pekerjaan konstruksi maupun perbaikan. Ciri umum dari <i>hex bolts</i> adalah bagian kepala baut berbentuk segi enam (<i>hexagonal</i>).</p> <p><i>Hex bolts</i> dibuat dari berbagai jenis bahan, dan setiap bahan memiliki karakter dan kemampuan yang berbeda. Cara terbaik yang dapat dilakukan dalam memilih <i>hex bolts</i> yang akan digunakan adalah dengan memilih bahan <i>hex bolts</i> disesuaikan dengan persyaratan-persyaratan teknis dari konstruksi yang akan dikerjakan.</p> <p>Beberapa bahan yang digunakan untuk <i>hex bolts</i> diantaranya : <i>stainless steel</i>, <i>carbon steel</i>, dan <i>alloy steel</i> yang disepuh <i>cadmium</i> atau <i>zinc</i> untuk mencegah karat.</p>

## Teknik Bodi Otomotif

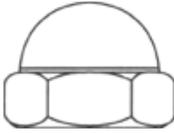
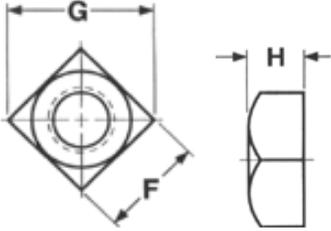
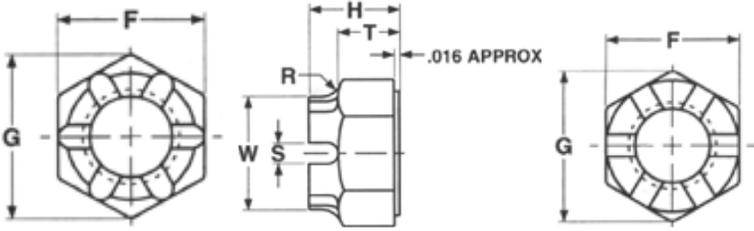
5.	 <p data-bbox="451 520 553 548">Lag Bolts</p>	<p data-bbox="618 197 1273 279">Lag bolts merupakan baut dengan ujung baut berbentuk lancip, menyerupai konstruksi sekrup. Lag bolts kebanyakan digunakan pada pekerjaan konstruksi lapangan.</p> 
6.	 <p data-bbox="428 884 576 911">Shoulder Bolts</p>	<p data-bbox="618 562 1273 674">Shoulder bolts merupakan baut yang pada umumnya digunakan sebagai sumbu putar. Konstruksi shoulder bolts memungkinkan digunakan pada sambungan maupun aplikasi yang dapat bergerak, bergeser, bahkan berputar.</p> <p data-bbox="618 678 1273 735">Shoulder bolts dapat digunakan pada berbagai komponen yang terbuat dari logam, kayu, dan bahan-bahan lainnya.</p> <p data-bbox="618 739 1273 821">Dikarenakan sering digunakan sebagai sumbu tumpuan, maka shoulder bolts dibuat dari bahan logam yang memiliki ketahanan terhadap gesekan.</p>

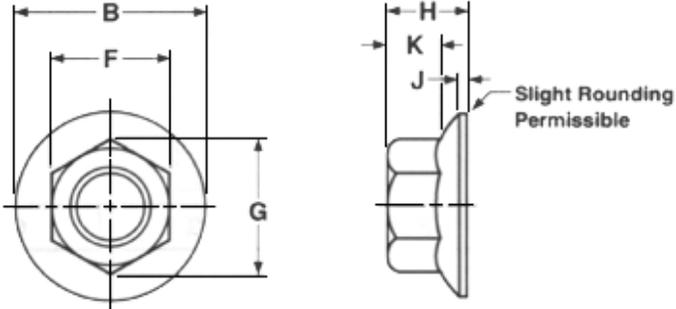
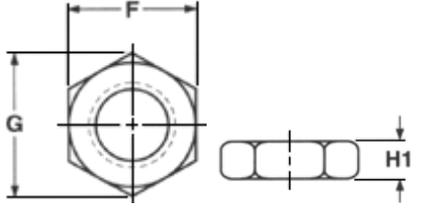
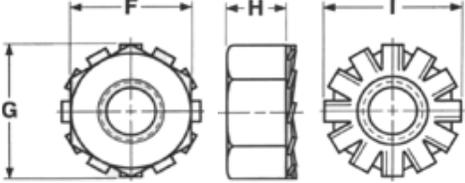
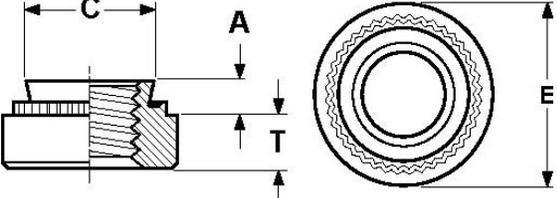
### b. Mur

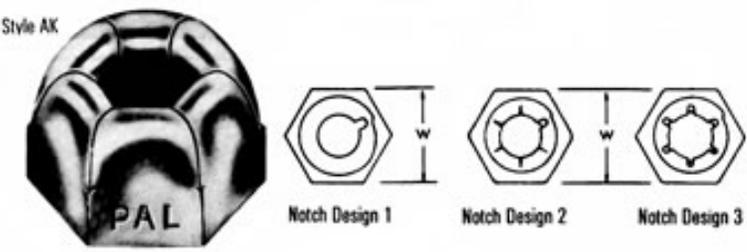
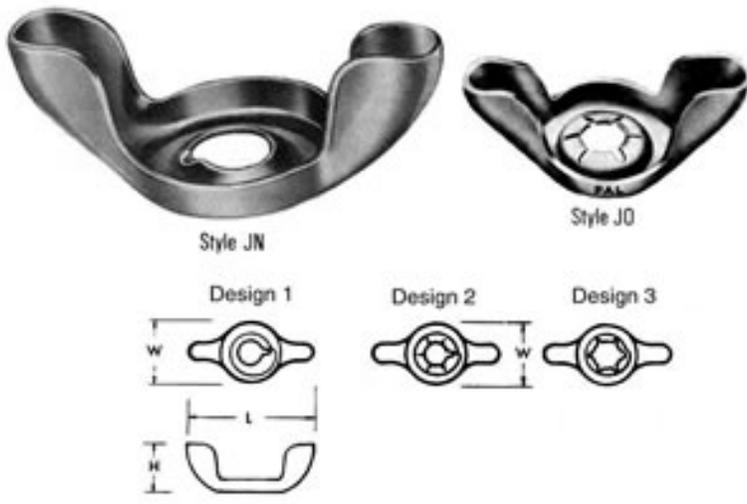
Mur biasanya terbuat dari baja lunak, meskipun untuk keperluan khusus dapat juga digunakan beberapa logam atau paduan logam lain. Jenis mur yang umum digunakan adalah :

1. Mur segi enam (*hexagonal plain nut*), digunakan pada semua industri,
2. Mur segi empat (*square nut*), digunakan pada industri berat dan pada pembuatan bodi kereta ataupun pesawat.
3. Mur dengan mahkota atau dengan slot pengunci (*castellated nut & slotted nut*), merupakan jenis mur yang dilengkapi dengan mekanisme penguncian. Tujuannya adalah mengunci posisi mur agar tidak berubah sehingga mur tetap kencang.
4. Mur pengunci (*lock nut*), merupakan mur yang ukurannya lebih tipis dibandingkan mur pada umumnya. Mur pengunci biasanya dipasangkan di bawah mur utama, berfungsi sebagai pengunci posisi mur utama.

Tabel 10. 5. Jenis-jenis Mur

No	Jenis Mur
1.	<p><b>Mur segi enam (<i>Hexagonal nut</i>)</b></p>
	<p>a.</p>  <p><i>Finished Hex Nuts</i></p>
	<p>b.</p>  <p><i>Two Piece Hex Cap Nuts</i></p>
2.	<p><b>Mur segi empat (<i>Square nut</i>)</b></p>
	 <p><i>Regular Square Nuts</i></p>
3.	<p><b>Mur dengan mahkota atau slot pengunci (<i>Castellated &amp; Slotted nut</i>)</b></p>
	 <p><i>Hex Castle Nuts</i>      <i>Hex Slotted Nuts</i></p>

4.	Mur pengunci ( <i>Lock nut</i> )
a.	 <p style="text-align: center;"><i>Serrated Flange Lock Nuts</i></p>
b.	 <p style="text-align: center;"><i>Two-Way (Bi-Way) Reversible Lock Nuts</i></p>
c.	 <p style="text-align: center;"><i>Kep ("K") Lock Nuts</i></p>
d.	 <p style="text-align: center;"><i>Nylon Insert Stop Nuts</i></p>
e.	 <p style="text-align: center;"><i>Palnut® Regular Type Lock Nuts</i></p>

f.	 <p>Style AK</p> <p>Notch Design 1      Notch Design 2      Notch Design 3</p> <p><i>Palnut® Acorn Type Lock Nuts – Open</i></p>
g.	 <p><i>Palnut® Tension Nuts</i></p>
h.	 <p>Style JN      Style JO</p> <p>Design 1      Design 2      Design 3</p> <p><i>Palnut® Wing Type Lock Nuts</i></p>

Clinch Nut (Hank Rivet Bushes)

Merupakan salah satu jenis mur yang digunakan untuk mengikat pelat logam yang tipis. Mur diikatkan pada lembaran pelat tipis dengan

## Teknik Bodi Otomotif

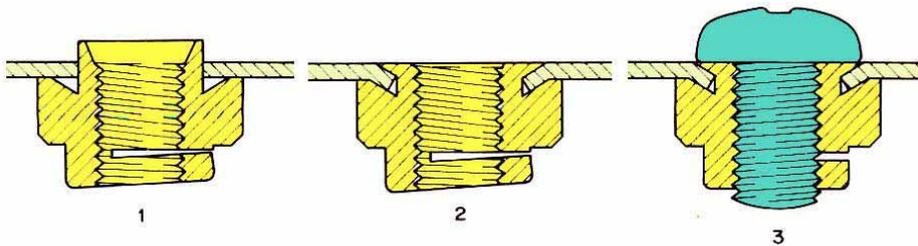
prinsip yang hampir sama dengan pemasangan rivet. Bagian kepala mur dimasukkan kedalam lubang pada pelat tipis yang telah dibuat sebelumnya, kemudian dipukul menggunakan palu sampai mengembang rata dengan pelat sehingga membentuk cincin jangkar yang mengikat mur pada pelat tersebut dengan kuat.



Gambar 10.11. *Clinch Nut*

Prosedur pemasangan *nut* adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan kepala mur ke dalam lubang pada pelat yang sudah dibuat sebelumnya.
2. Kepala mur dipukul menggunakan palu sampai mengembang rata dengan pelat sehingga membentuk cincin jangkar yang mengikat mur pada pelat tersebut dengan kuat.
3. Proses pemasangan telah selesai, sehingga memungkinkan dilakukan penyambungan pelat menggunakan baut.

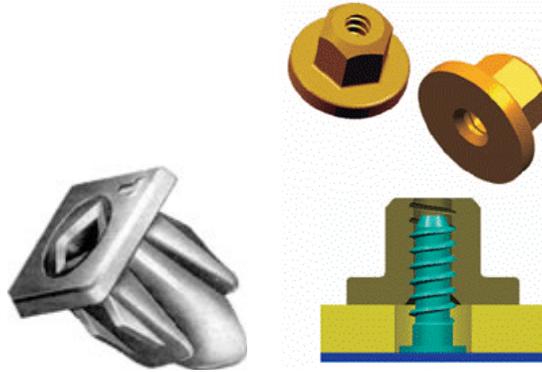


Gambar 10.12. Proses Pemasangan *Clinch Nuts (Hank Rivet Bushes)*

### Plastic Nuts

Belakangan ini mur plastik banyak digunakan sebagai pengganti mur logam konvensional. Mur plastik memiliki banyak kelebihan, yaitu : memiliki kemampuan mekanis yang baik, ringan, murah, dan tahan karat.

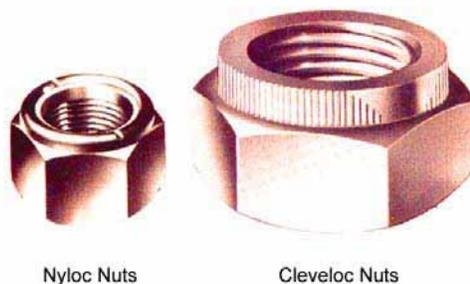
Selain itu, kelebihan lain yang dimiliki oleh mur plastik adalah kemampuan mengunci sendiri (*self-locking*) sehingga tidak lagi diperlukan penggunaan washer/ pengunci. Penggunaan mur plastik dengan desain flens yang tepat akan menjamin terjadinya kondisi pra-tekan pada mur sehingga mur akan terikat kuat tanpa memerlukan tambahan washer.



Gambar 10.13. *Plastic Nuts*

### *Nyloc & Clevelock nuts*

Merupakan mur yang dilengkapi pengunci dengan cara menambahkan *nylon* di bagian ujung mur, diameter ulir *nylon* sedikit lebih kecil daripada diameter ulir mur. Pada saat mur digunakan untuk mengikat baut, mur akan dapat diputar dengan bebas hingga ujung ulir baut mencapai ulir mur yang terbuat dari *nylon*. Mur dikencangkan lebih lanjut sampai ulir baut terikat kuat oleh ulir *nylon*. Hal ini akan menyebabkan mur mencengkeram baut dengan kuat, sehingga dihasilkan ikatan antara mur dan baut yang tahan terhadap getaran.



Gambar 10.14. Konstruksi *Nyloc* dan *Clevelock Nuts*

## Teknik Bodi Otomotif

### c. Mur Pengunci dari Baja Pelat (*Spring Steel Fasteners*)

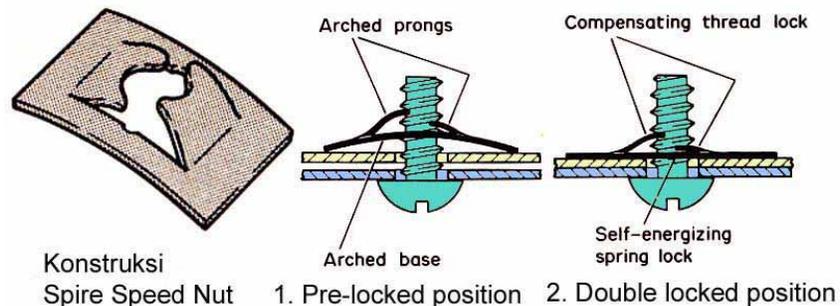
Penggunaan mur pengunci dari baja pelat memberikan kontribusi langsung pada perkembangan industri otomotif, dimana penggunaan mur jenis ini mampu meningkatkan efisiensi produksi dan waktu perakitan. Data penelitian menunjukkan bahwa lebih dari 50% total biaya pembuatan bodi kendaraan terletak pada pekerjaan perakitan. Sebagian besar disebabkan oleh waktu pengerjaan yang terbuang untuk mengambil dan merakit komponen-komponen yang cukup kecil. Penggunaan mur pengunci dari baja pelat mampu meningkatkan efisiensi pekerjaan dibandingkan dengan menggunakan metode pengencang mur dan baut pada umumnya.

Terdapat beberapa jenis mur pengunci yang terbuat dari baja pelat yang semuanya dibuat dari baja pegas yang mendapat perlakuan khusus, sehingga tetap mampu mempertahankan gaya kepegasannya dengan baik. Hal ini memungkinkan penggunaan dalam jangka waktu yang cukup lama meskipun dilakukan bongkar-pasang berulang kali sehingga sangat ekonomis.

Kelebihan lain dari mur pengunci dari baja pelat adalah mudah digunakan, mengurangi penggunaan ring dan mur, selain itu dapat digunakan untuk menggabungkan komponen-komponen yang terbuat dari bahan plastik ataupun kaca tanpa khawatir menyebabkan kerusakan komponen tersebut.

Beberapa jenis mur pengunci dari baja pelat yang terdapat di pasaran adalah :

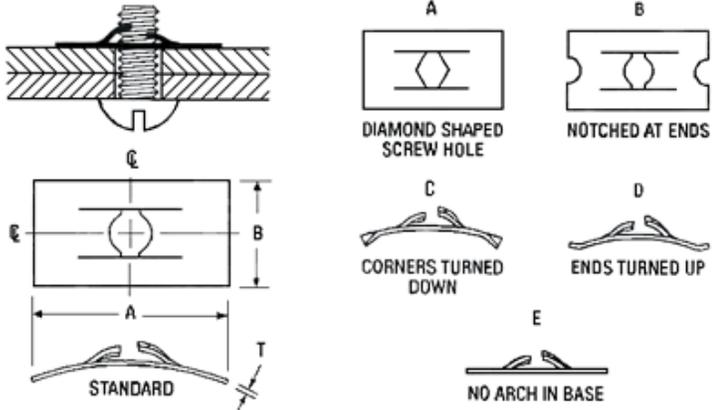
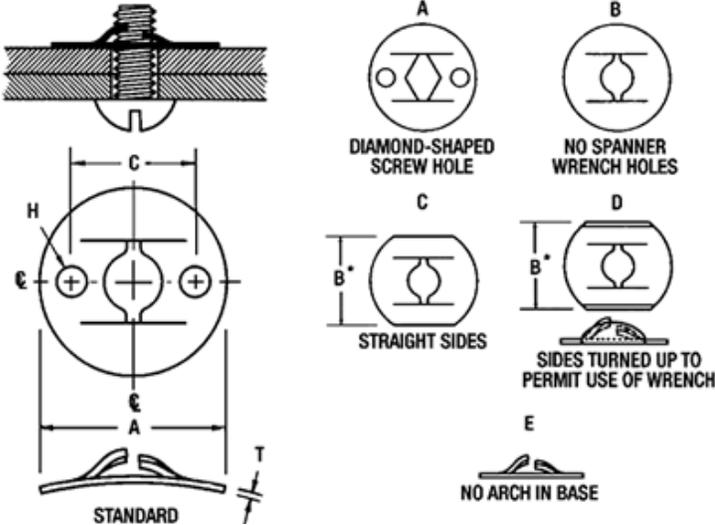
1. *Spire speed nut*. Jenis ini memiliki daya penguncian ganda yang didapatkan dari pelat dasar mur dan garpu pengunci yang dilengkungkan, memungkinkan dihasilkannya ikatan sambungan yang tahan terhadap getaran.



Gambar 10.15. Konstruksi dan Pemasangan *Spire Speed Nuts*

Jenis-jenis *Spire speed nut* yang umum digunakan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 10.6. Jenis *Spire Speed Nut*

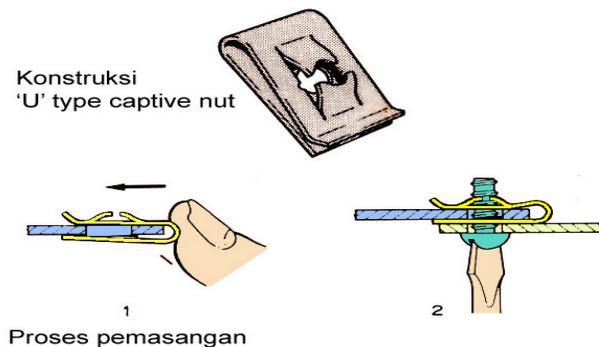
No	Jenis <i>Spire Speed Nut</i>	
1.	 <p style="text-align: center;"><i>Regular spire speed nut</i></p>	
2.	 <p style="text-align: center;"><i>Round spire speed nut</i></p>	
3.	 <p style="text-align: center;"><i>W – Type Spire Speed Nut</i></p>	 <p style="text-align: center;"><i>Twin-Type Spire Speed Nut</i></p>

## Teknik Bodi Otomotif

5. 6.	 <p data-bbox="537 436 683 499">Anchor Type Speed Nuts®</p>	 <p data-bbox="987 436 1133 499">Latch - Type Speed Nuts®</p>
----------	--	---

### 2. Captive nut "U" – type.

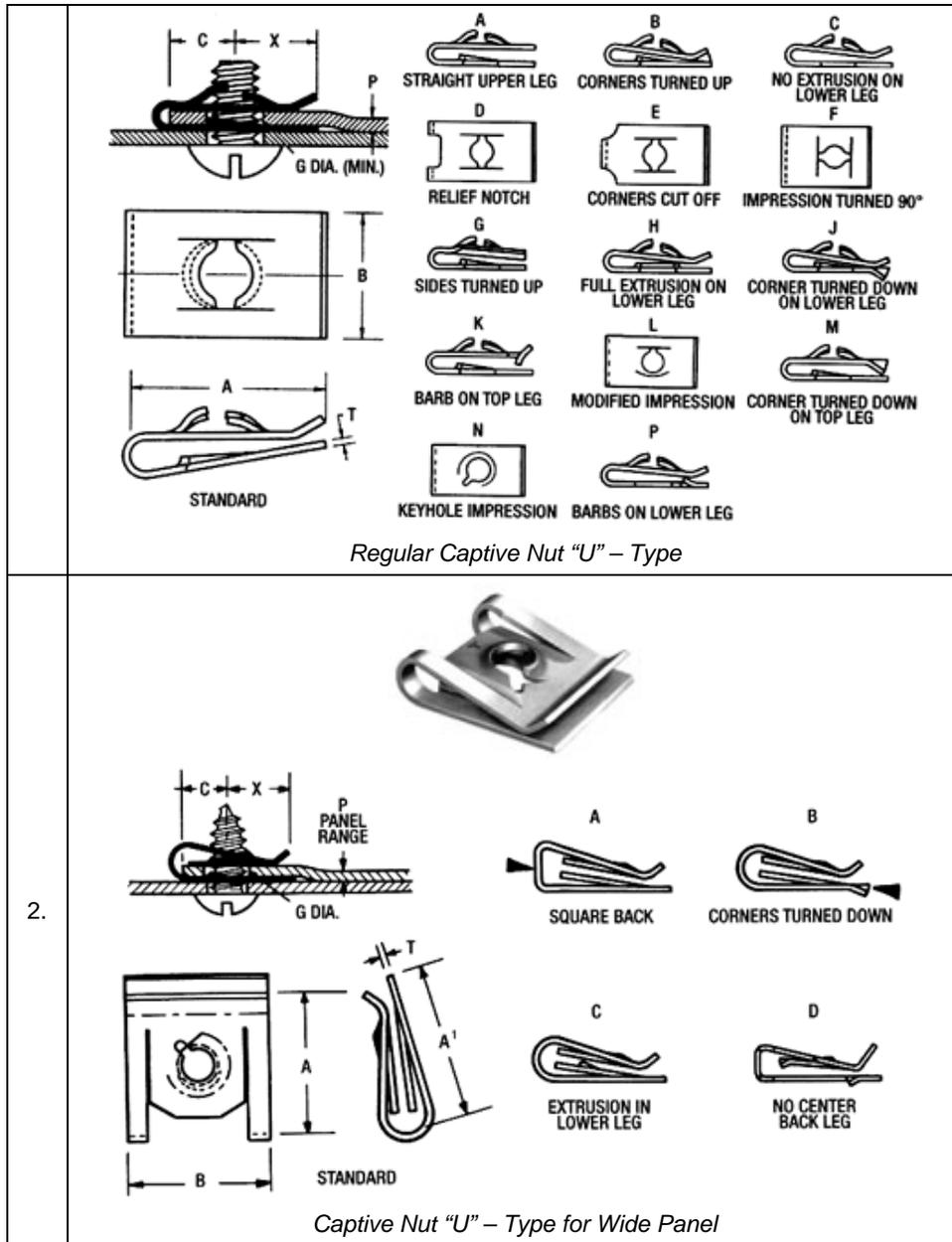
Konstruksi mur pengunci terbuat dari baja pelat yang berbentuk U. Mur pengunci jenis ini banyak digunakan untuk melakukan sambungan atau ikatan komponen-komponen pada industri kendaraan bermotor, terutama pada konstruksi sambungan yang hanya dapat dikerjakan dari satu sisi komponen (*blind assemblies*). Mur jenis ini dapat dipasang pada panel komponen menggunakan tangan, sehingga tidak diperlukan proses pengelasan ataupun penggunaan rivet. Selain proses pemasangan yang cepat dan mudah, mur pengunci jenis ini dapat dipasangkan pada panel sebelum ataupun sesudah proses pengecatan panel.



Gambar 10.16. Konstruksi dan Pemasangan Captive Nut "U" – Type

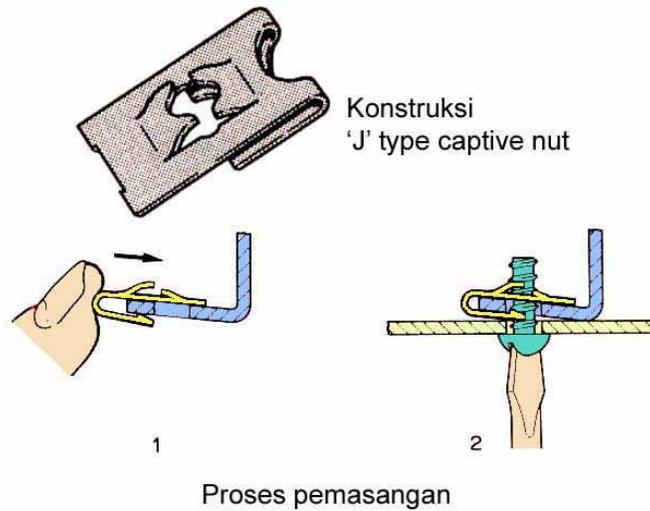
Tabel 10.7. Jenis Captive nut "U" – type

No	Jenis Captive Nut "U" – Type
1.	

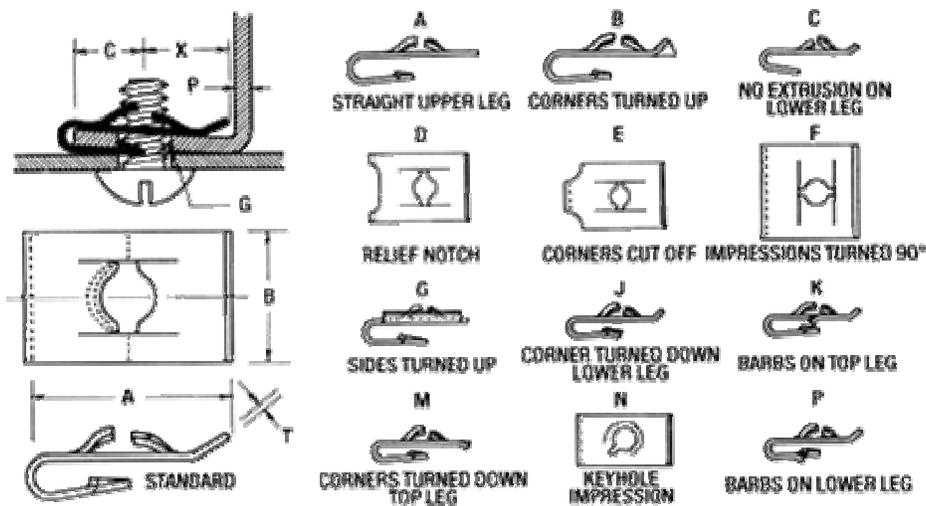


3. Captive nut "J" – type.

Konstruksi mur pengunci jenis ini mirip dengan U – type, hanya saja lidah mur dibuat tidak sama panjang, sehingga konstruksinya menyerupai hurup J.



Gambar 10.17. Konstruksi dan pemasangan *Captive nut "J" – type*



Gambar 10.18. Beberapa jenis *Captive nut "J" – type*

4. *Grip nuts.*

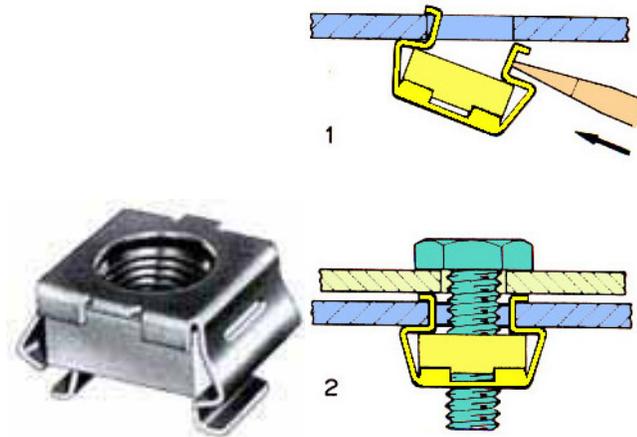
*Grip nuts* digunakan pada sambungan dengan celah/ lubang sambungan berbentuk kotak, untuk menggantikan pemasangan mur dengan metode lain yang lebih mahal (misalnya menggunakan las

## Metode Sambungan

dan sejenisnya). *Grip nuts* dapat dipasangkan pada panel dengan tangan.

Proses pemasangan :

- a. Masukkan kaki pelat pengunci grip nut ke dalam lubang pada pelat yang telah dibuat sebelumnya.
- b. Satukan kedua pelat yang akan disambung, ikat kedua pelat menggunakan baut.

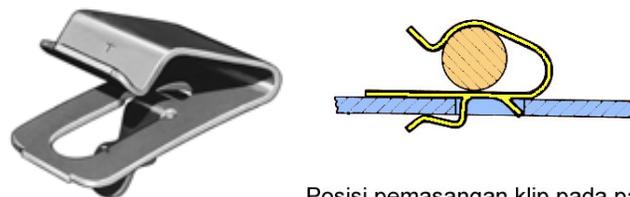


Gambar 10.19. Konstruksi dan Pemasangan *Grip Nuts*

### 5. *Cable clips*.

Jenis ini merupakan klip khusus yang digunakan untuk mengikat jalur kabel pada kendaraan bermotor.

Metode pemasangannya adalah dengan cara dijepitkan pada panel melalui lubang yang telah dibuat sebelumnya, sehingga pemasangannya tidak memerlukan baut pengikat.



Posisi pemasangan klip pada panel

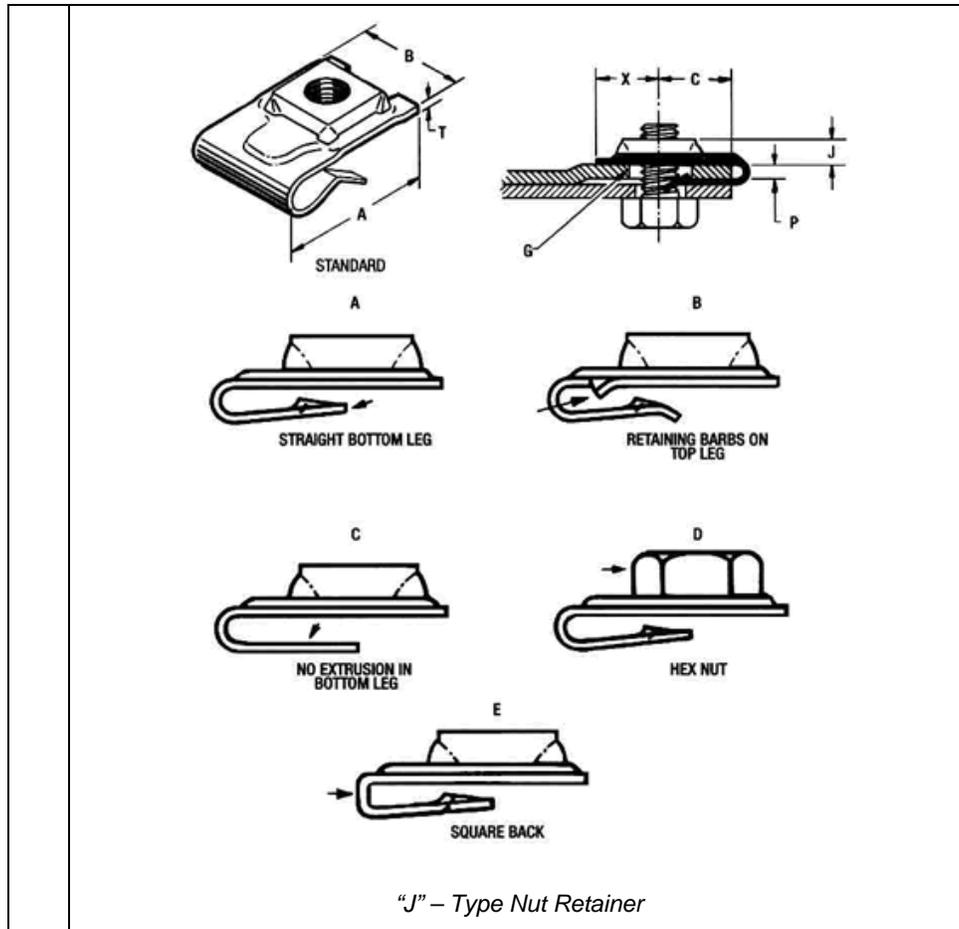
Gambar 10.20. Konstruksi dan Pemasangan *Cable Clips*

# Teknik Bodi Otomotif

Tabel 10.8. Beberapa jenis mur pengunci dari baja pelat (*spring steel fastener*) yang lain.

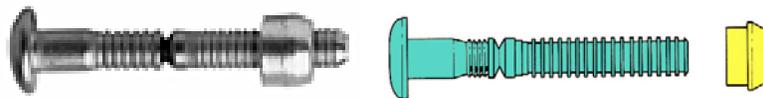
No	Jenis <i>Spring Steel Fastener</i>
1.	<p style="text-align: center;"><i>Expansion Nuts</i></p>
2.	<p style="text-align: center;"><i>Palnut® Insert Panel Retained Nut - For Plastic Panels</i></p>

<p>3.</p>	<p style="text-align: center;">"U" – Type Nut Retainer</p>
<p>4.</p>	



d. Blind Fasteners

1. The Avdelok system.



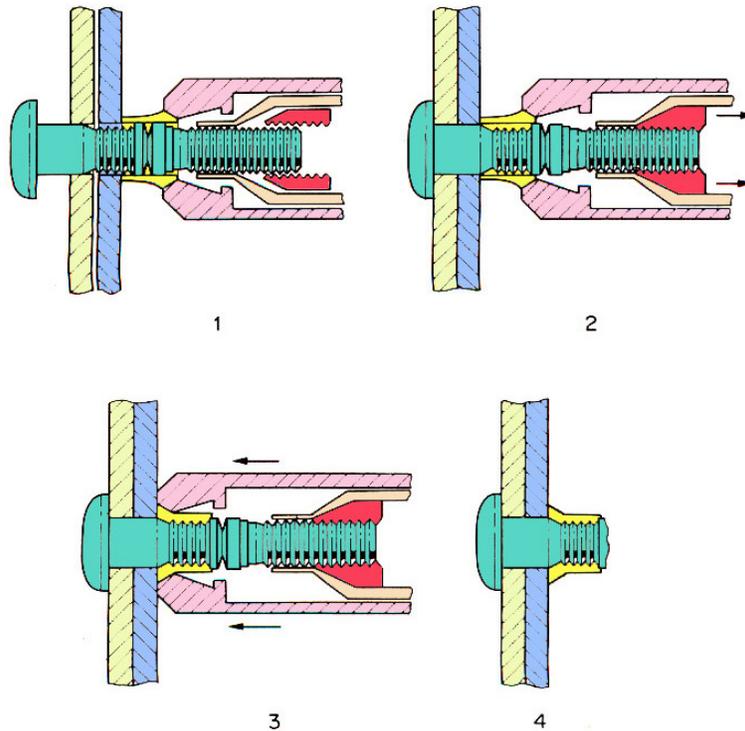
Gambar 10.21. The Avdelok System

Avdelok sebenarnya tidak termasuk *blind fasteners* karena harus dikerjakan dari kedua sisi permukaan benda kerja yang disambung, namun metode pengencang ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode rivet maupun metode baut dan mur konvensional lainnya.

## Metode Sambungan

*Avdelok* merupakan pengunci dengan kekuatan tinggi yang konstruksinya terbagi atas dua bagian, terdiri atas sebuah baut dan mur penahan yang berfungsi sebagai pengunci.

Konstruksi mur pengunci dibuat sedemikian rupa sehingga dapat berubah bentuk apabila dikenai tekanan tertentu. Konstruksi *avdelok* tersebut mampu meng-hasilkan cengkeraman yang kuat dan tahan terhadap getaran.



Gambar 10.22. Proses Pemasangan *Avdelok system*

Proses pemasangan *avdelok* sangat sederhana, yaitu menggunakan alat pemasang khusus yang dioperasikan secara manual atau pneumatik. Baut *avdelok* dipasangkan pada lubang sambungan yang telah dipersiapkan sebelumnya, selanjutnya mur penahan dimasukkan dari sisi pelat yang berlawanan. Bagian ujung alat pemasang digunakan untuk menekan mur penahan, sedangkan bagian lain dari alat pemasang bekerja menarik baut *avdelok*.

Baut tertarik dan menyatukan kedua lembaran pelat yang akan disambung. Mur penahan akan tertekan hingga berubah bentuk dan mengisi alur yang ada pada baut. Tekanan alat pemasang terus berlanjut hingga bagian ekor baut yang digunakan untuk menarik baut terputus. Posisi putusnya bagian ekor baut tersebut rata dengan

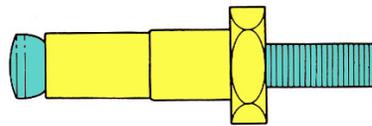
## Teknik Bodi Otomotif

permukaan mur penahan, sehingga *avdelok* tidak memerlukan pengerjaan lanjut.

*Avdelok* banyak digunakan pada braket-braket pengikat bodi ke chasis untuk kendaraan komersial.

### 2. *The Avlok system.*

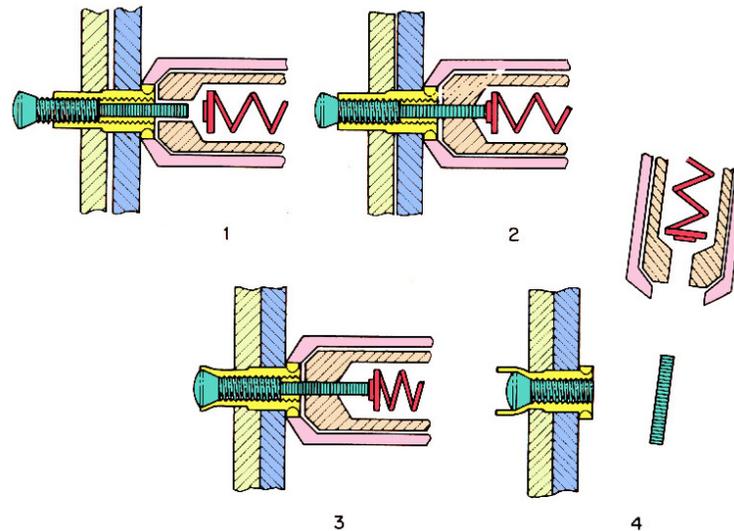
Metode *avlok* serupa dengan *avdelok*, dimana terdapat baut dan mur pengunci yang dapat berubah bentuk. Hal yang membedakan adalah proses pemasangan baut dan mur pengunci. Konstruksi baut *avlok* memungkinkan pengerjaan dilakukan hanya dari satu sisi permukaan benda kerja saja.



Gambar 10.23. *The Avlok system*

*Avlok* menghasilkan ikatan sambungan yang kuat dan tahan terhadap beban lelah.

Proses pemasangan *avlok* hampir sama dengan *avdelok*. Baut *avlok* dan mur pengunci dipasangkan sekaligus pada lubang sambungan yang telah dibuat sebelumnya, kemudian alat pemasang khusus yang dioperasikan secara manual ataupun pneumatik digunakan untuk menarik bagian ekor baut *avlok*. Bagian lain alat pemasang berfungsi menahan mur pengunci. Baut *avlok* akan tertarik dan menyatukan kedua lembaran pelat yang akan disambung. Baut akan terkunci oleh mur pengunci sehingga dihasilkan sambungan yang kuat, dan pada saat yang bersamaan bagian ekor baut akan terputus. Posisi putusnya bagian ekor baut rata dengan permukaan mur pengunci sehingga tidak diperlukan pengerjaan lanjut.



Gambar 10.24. Proses Pemasangan Avlok system

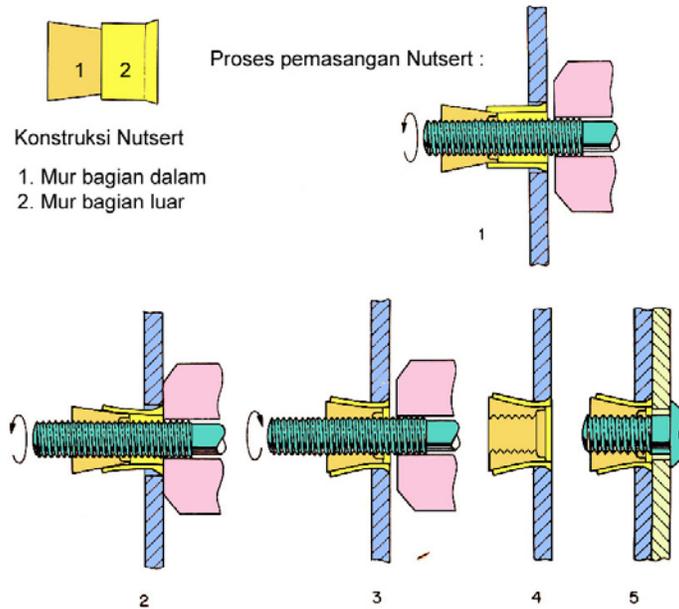
### 3. *The Nutsert system.*

Merupakan mur khusus yang dipasangkan pada lubang sambungan, untuk memungkinkan dilakukannya penyambungan lembaran pelat menggunakan baut. Mur terbuat dari baja, yang pada bagian dalamnya terdapat ulir dengan kekuatan tinggi. Konstruksi mur terbagi menjadi dua bagian, yaitu mur bagian luar dan mur bagian dalam yang berbentuk tirus.

Proses pemasangan *nursert* adalah dengan cara memasukkan *nutsert* ke dalam lubang sambungan yang telah dibuat sebelumnya. Sebuah obeng khusus dengan ujung beralur digunakan untuk memutar mur bagian dalam yang berbentuk tirus.

Mur bagian dalam akan tertarik masuk ke dalam mur bagian luar. Hal ini akan menyebabkan mur bagian luar mengembang sehingga terjepit dan terpasang kuat pada lubang sambungan, sehingga memungkinkan dilakukan penyambungan pelat menggunakan baut.

## Teknik Bodi Otomotif

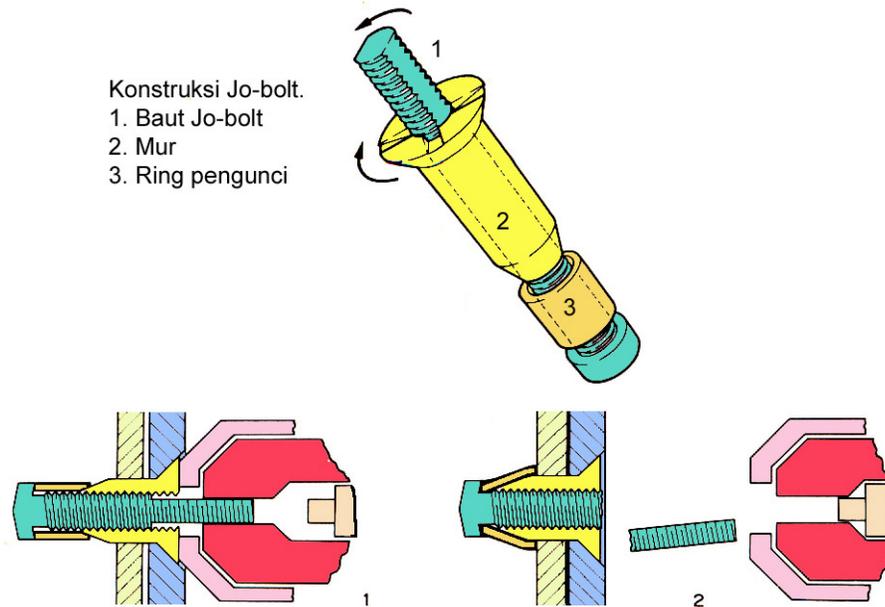


Gambar 10.25. Konstruksi dan proses pemasangan *Nutsert system*

*Nutsert* dapat digunakan pada semua jenis logam, plastik maupun kayu. Di pasaran, *nutsert* tersedia dalam berbagai ukuran baik dalam inci maupun metris.

#### 4. *The Jo-bolt system.*

Konstruksi *jo-bolt* terdiri atas tiga bagian, yaitu baut dan mur baja dengan kekuatan tarik tinggi, serta ring pengunci yang dapat berubah bentuk dari baja tahan karat. *Jo-bolt* merupakan metode penyambungan yang dapat dikerjakan dari satu sisi permukaan benda kerja, dan menghasilkan kekuatan sambungan yang tinggi.



Gambar 10.26. Konstruksi dan Proses Pemasangan *Jo-bolt System*

Proses pemasangan *jo-bolt* adalah dengan memasukkannya ke dalam lubang sambungan yang telah dipersiapkan sebelumnya. Alat pemasang khusus digunakan untuk memutar baut, sementara bagian ujung dari alat pemasang menahan agar posisi mur tidak bergeser/ berputar.

Baut akan menarik ring pengunci sehingga berubah bentuk dan menjepit sambungan benda kerja dengan kuat, dan pada saat yang hampir bersamaan bagian ekor baut akan terputus. Posisi putusnya bagian ekor baut rata dengan permukaan mur sehingga tidak diperlukan pengerjaan lanjut.

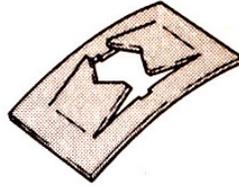
### 10.4. PUSH-ON CLIPS

#### a. *Push-On Clips* dari Bahan Baja Pelat

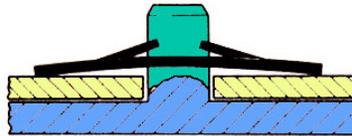
##### 1. *Simple push-on clips*.

Terdapat beberapa jenis *push-on clips*, salah satu jenis *push-on clips* yang sangat sederhana adalah *simple push-on clips*.

## Teknik Bodi Otomotif



Konstruksi  
Simple Push-On Clip



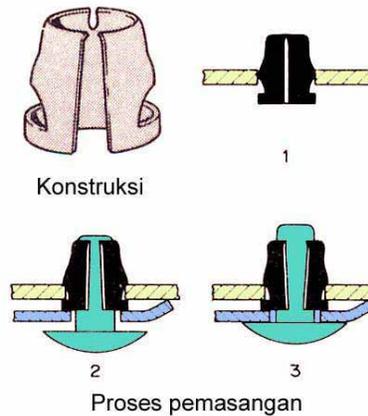
Posisi pemasangan  
pada panel

Gambar 10.27. *Simple Push-On Clips*

Konstruksinya mirip dengan *spire speed nut*, dengan garpu pengunci yang dibuat dengan ketinggian sejajar. Perbedaannya dengan *spire speed nut* adalah bahwa *push-on clips* tidak dipasangkan dengan mengikuti ulir yang ada pada sekrup, melainkan dipasangkan pada batang pengunci (*pin stud*). Pada saat *push-on clips* ditekan ke batang pengunci, kaki-kaki pelat dasar klip menekan permukaan benda kerja, sehingga garpu pengunci mencengkeram batang pengunci dengan kuat. Tekanan kaki-kaki pelat dasar klip dan gaya kepegasan pelat dasar akan mempertahankan *push-on clips* tetap pada posisinya.

Belakangan ini *push-on clips* diproduksi dalam berbagai bentuk, dari *simple push-on clips* yang berkonstruksi sangat sederhana dan masih digunakan secara luas, sampai *push-on clips* yang lebih modern seperti *blanked-types (tubular clips)*, *multi-pronged clips* untuk *stud* berbentuk segi empat, dan *push-on clips* dari bahan plastik (*plastic-capped type*).

### 2. *Blanked-types (tubular clips)*



Gambar 10.28. Konstruksi dan Pemasangan *Tubular clips* (*Blanked-types*)

### **b. *Push-On Clips* dari Bahan Plastik**

Penggunaan *push-on clips* dari bahan plastik memiliki kelebihan dibandingkan dengan *push-on clips* dari bahan baja. *Push-on clips* yang terbuat dari bahan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap karat dan tidak mudah patah pada saat dilakukan pekerjaan bongkar pasang.

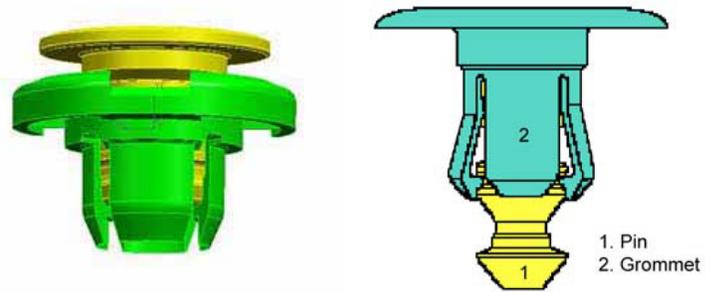
Beberapa *push-on clips* yang terbuat dari bahan plastik adalah :

#### **1. *Pin and Grommet* (*Two stage Rivet*)**

*Pin & grommet* sesuai digunakan untuk menyatukan panel atau lembaran pelat, misalnya pada pemasangan modul ke bodi kendaraan. Pada saat terpasang, bagian bodi grommet yang berada dalam lubang sambungan mengembang sehingga menghasilkan ikatan yang kuat.

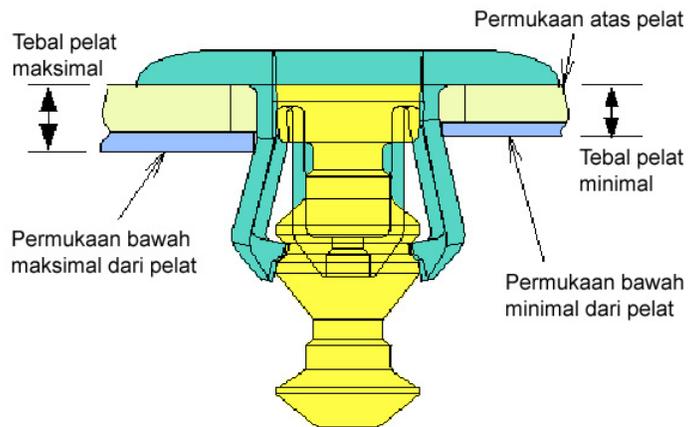
Pemasangan *pin & grommet* ini sangat sederhana, cukup memasukkan *pin & grommet* ke dalam lubang sambungan yang telah dipersiapkan sebelumnya, kemudian menekan (*push-on*) pin dengan tekanan yang cukup ringan, pin akan terpasang sepenuhnya. *Pin & grommet* jenis ini memiliki daya tahan yang baik, kekuatan ikatan yang dihasilkan tetap baik meskipun dilakukan pekerjaan bongkar pasang berkali-kali.

Ikatan yang dihasilkan *pin & grommet* memiliki kekuatan tarik antara 55 – 444 lbs, tergantung dari spesifikasi *pin & grommet* yang digunakan. Ukuran *pin & grommet* yang terdapat di pasaran dapat digunakan diameter lubang 6,0 – 8,0 mm, dengan ketebalan panel antara 1,0 – 5,0 mm.

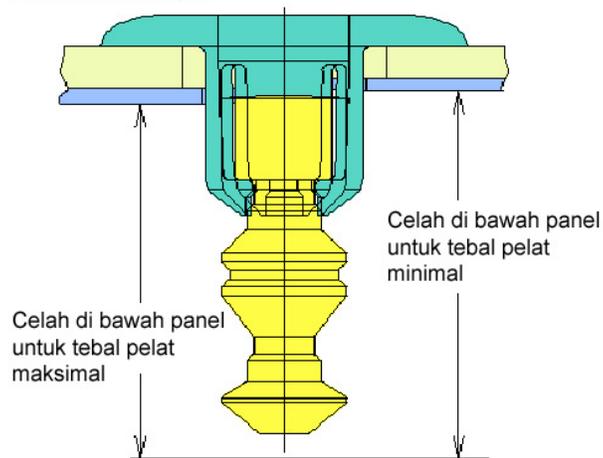


Gambar 10.29. *Pin & grommet*

**a. Kondisi Terpasang**



**b. Kondisi Terlepas**



Gambar 10.30. Posisi Pemasangan *Pin & grommet* Terhadap Benda Kerja

## 2. Push Buttons

*Push buttons* digunakan untuk mengikat dan memasang komponen-komponen pada interior kendaraan, seperti karpet, *soft trim*, maupun *trim covers*.

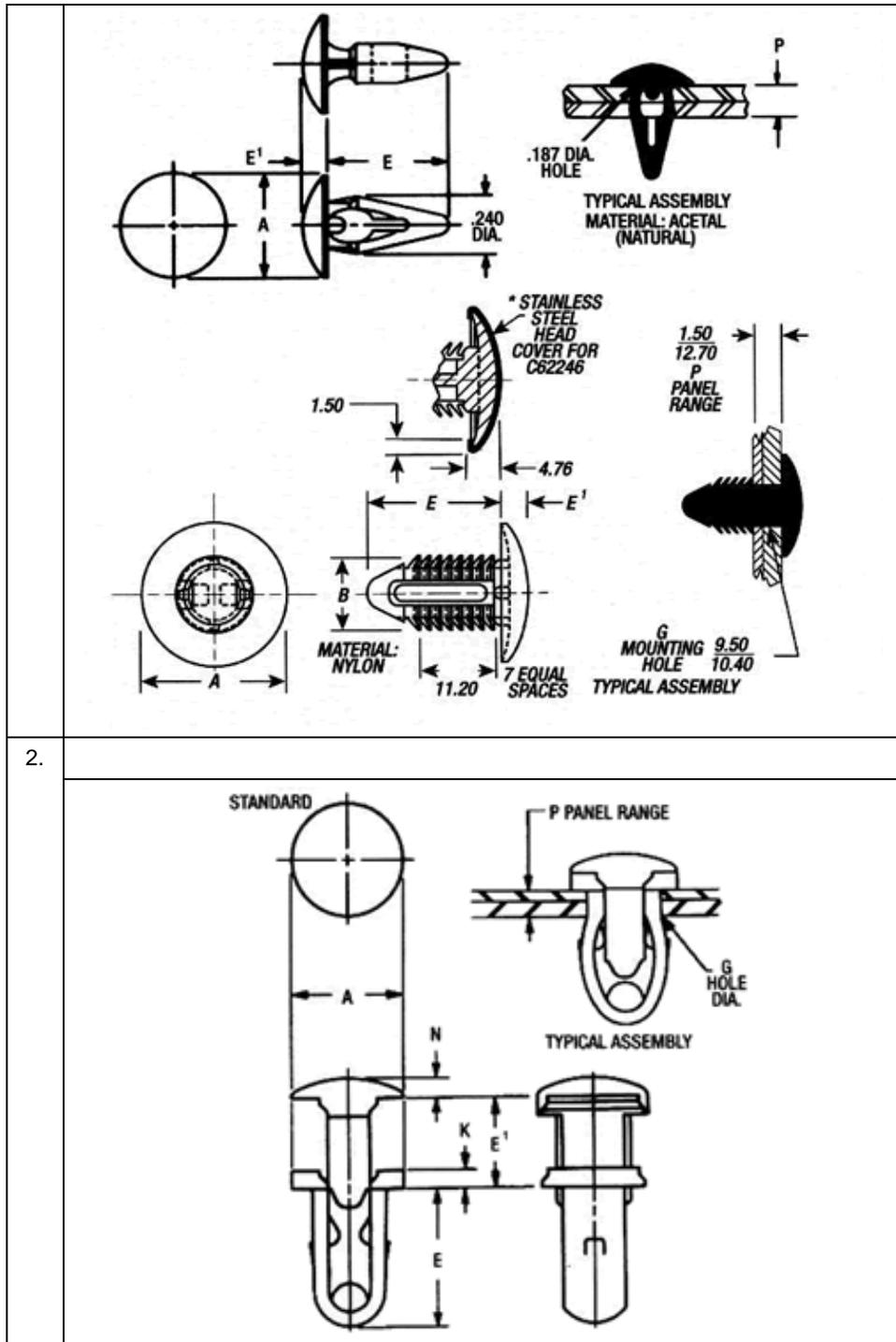
Kegunaan lain dari *push button* adalah untuk mengikatkan penahan kabel-kabel kelistrikan ke panel bodi atau rangka kendaraan .

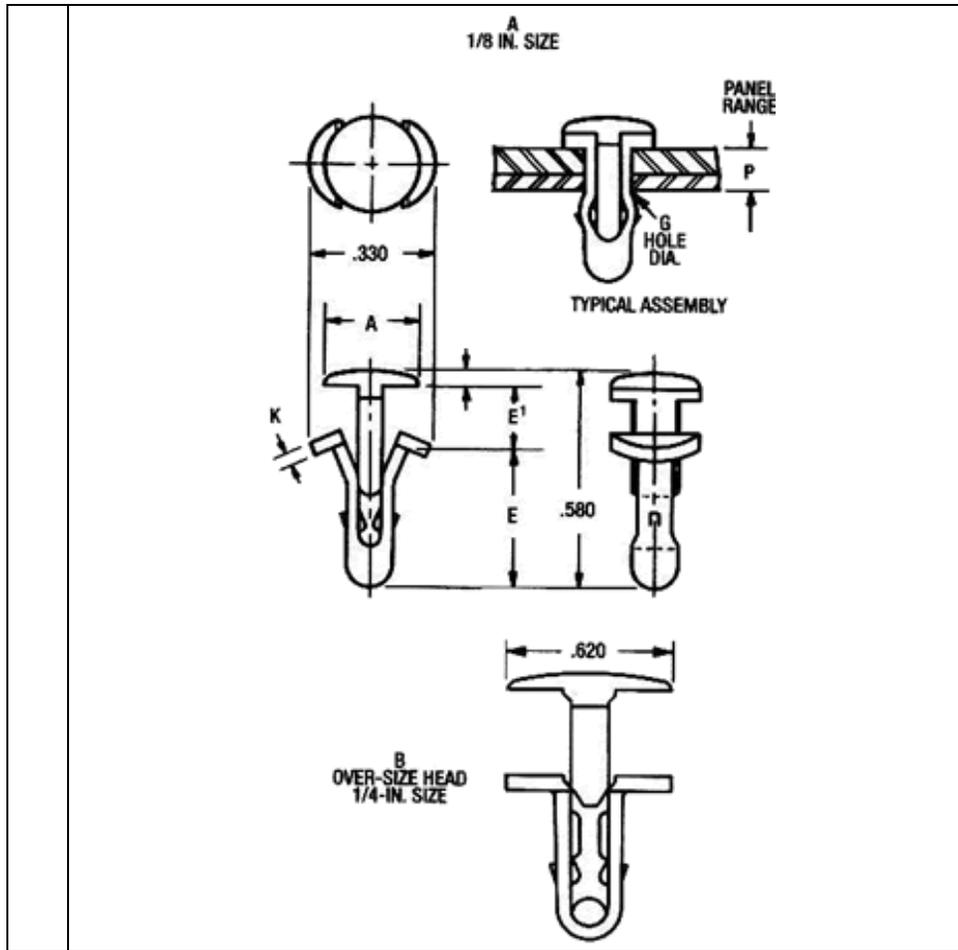


Gambar 10.31. *Push Buttons*

Tabel 10.9. Beberapa Jenis *Push Button* yang Umum Digunakan.

No	Jenis <i>Push Button</i>
1.	 <i>Button Head</i>
2.	 <i>Clinch Type Push Button</i>





### 3. Cable Retainers

Penahan kabel digunakan pada kendaraan untuk mengikat kabel pada posisi tertentu, menjamin keamanan jalur-jalur kabel kelistrikan kendaraan. Penahan kabel didesain khusus sehingga mampu mengikat kabel dengan kuat tetapi tetap fleksibel tanpa menyebabkan kerusakan pada kabel.



Gambar 10.32. *Cable Retainers*

### 10.5. PEREKAT/ADHESIVE

Secara garis besar, terdapat dua macam adhesif yang digunakan pada industri kendaraan bermotor, yaitu :

1. *The general-purpose trim adhesives*. Merupakan bahan adhesif sintesis ataupun larutan karet adhesif, pada umumnya digunakan untuk menyatukan bahan-bahan yang terbuat dari karet, kulit, PVC, vinyl, menyatukan busa dengan logam, kayu, hardboard, dan bahan-bahan kelengkapan interior lainnya.

Salah satu bahan *general-purposes trim adhesives* yang paling populer adalah *solvent-based neoprene adhesive* yang menghasilkan ikatan yang kuat pada bermacam-macam bahan seperti PVC, ABS, kayu, logam, busa, plastik berlapis, kain, karet, dan *hardboard*. Kelebihan lain dimiliki oleh *solvent-based neoprene adhesive* adalah waktu dihasilkannya ikatan setelah diaplikasikan berkisar antara lima sampai dengan dua puluh menit (5 – 20 menit), dengan demikian bahan adhesif jenis ini dapat digunakan dengan metode yang bervariasi.

Bahan adhesif lainnya yang juga populer digunakan adalah *solvent-based natural rubber solution* yang digunakan untuk menyatukan PVC dengan *hardboard* ataupun *millboard*, pada pemasangan interior, misalnya pada *door trim*.

2. *The metal-to-metal adhesives*, merupakan bahan adhesif yang digunakan untuk menyatukan komponen yang terbuat dari bahan logam.

Pada pembuatan bodi kendaraan bermotor secara massal, penggunaan *spot welding* akan meninggalkan bekas pada permukaan pelat sehingga diperlukan pengerjaan lanjut sebelum pelaksanaan proses pengecatan. Hal ini merupakan pemborosan, sehingga diperlukan adanya penggunaan metode lain yang lebih efisien. Disamping itu, kebutuhan penggunaan *interweld sealer* untuk mencegah masuknya air dan pencegahan korosi di sisi dalam komponen bodi (*inter-weld*) yang tidak terlapis cat pada industri pembuatan bodi kendaraan bermotor mendorong dikembangkannya bahan *metal-to-metal adhesives*.

Bahan adhesif jenis ini dapat dibagi menjadi empat kelompok, yaitu :

- a. *Thermoplastic adhesives*, yaitu *polyvinyl acetate (PVA)*, *polyvinyl chloride (PVC)*, *polyvinyl butyral*, dan *polyvinyl formal*. PVA biasa digunakan sebagai emulsi pada air atau sebagai zat pelarut.

- b. *Thermosetting adhesives*, yaitu *epoxy adhesives* yang dikerjakan panas (satu komponen), ataupun jenis yang dikerjakan dingin (dua komponen). *Epoxy adhesives* dapat digunakan secara luas pada berbagai macam bahan dan menghasilkan ikatan dengan kekuatan tarik yang kuat. Kekurangannya adalah berkaitan dengan biaya operasional yang tinggi dan diperlukan permukaan benda kerja yang bersih sebelum adhesif jenis ini diaplikasikan.

- c. *Elastomeric adhesives*. Merupakan jenis adhesif yang berbasis karet sintetis, seperti *polychloroprene* atau *nitrile rubber*, kaduanya merupakan *solvent-based adhesives* yang dikerjakan dengan cara dioleskan atau disemprotkan ke permukaan benda kerja yang akan disatukan. Segera setelah zat pelarut menguap, kedua permukaan benda kerja disatukan dan dipress untuk memperoleh ikatan secara instan.

- d. *PVC Plastisol adhesives*. Merupakan bahan adhesif *metal-to-metal* yang paling populer digunakan saat ini. PVC terdiri atas *copolymer* dalam bentuk serbuk dengan tambahan penguat, stabiliser dan pigment. *Plastisol* dikerjakan secara panas agar berubah bentuk menjadi gel yang memiliki kekuatan ikatan fisik yang sangat baik. Kelebihan penggunaan adhesif jenis ini adalah sebagai berikut: (a) dihasilkan sambungan yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan tidak mudah mengelupas, (b) tidak diperlukan pembersihan permukaan benda kerja sebelum mengaplikasikan adhesif, (c) adhesif

## Teknik Bodi Otomotif

memiliki daya kelenturan yang baik meskipun pada temperatur rendah, dan tahan terhadap getaran, (d) tidak bereaksi dengan minyak, air, garam, dan zat kimia ringan lainnya, (e) temperatur dan waktu pemanasan yang berlebihan tidak terlalu mempengaruhi kualitas adhesif, dan (f) pengerjaan penyambungan benda kerja tidak memerlukan alat press, *jig* ataupun klem.



Gambar 10.33. Peralatan dan Aplikasi Adhesif

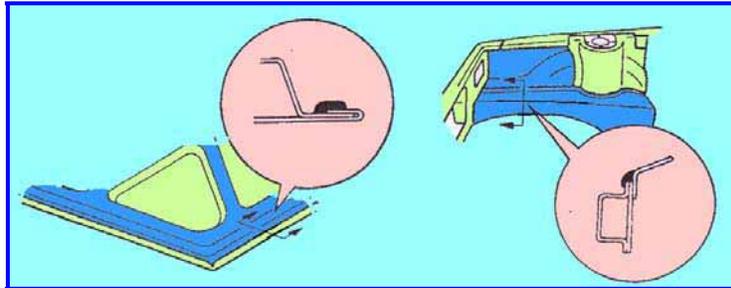
### **a. Aplikasi Sealer**

Beberapa hal yang perlu diperhatikan:

- 1) Dalam aplikasi *sealer* gunakan sealer dari merk, menggunakan dari berbeda merk akan sulit mengering dan hasil yang tidak baik.
- 2) Sealer akan berkurang kualitasnya setelah berumur 6 bulan dari produksinya.
- 3) Simpan primer dan adhesive pada tempat yang kering
- 4) Jangan membuka tutup primer dan adhesive jika tidak digunakan
- 5) Apabila sealer dipasang pada bidang yang dicat, pastikan lapisan cat telah kering.
- 6) Apabila bodi akan dicat, lindungi sealer dari cat agar tidak merusak sealer itu sendiri karena bereaksi dengan zat lain.

Pada kendaraan saat ini banyak digunakan aplikasi sealer pada bodi, karena tahan terhadap korosi, bisa berfungsi sebagai peredam, tidak terjadi perubahan bentuk bila dibanding dengan las. Berikut ini contoh

aplikasi sealer pada komponen bodi kendaraan yaitu engine hood (kap mesin):



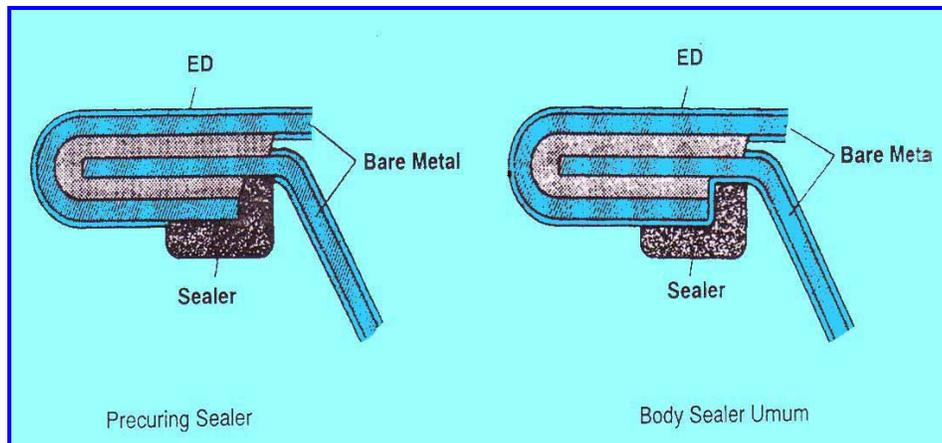
Gambar 10.34. Aplikasi sealer pada body kendaraan.

Apabila kita melaksanakan penggantian komponen, biasanya tidak terdapat alur untuk sealer. Oleh karena itu kita harus bisa menentukan area yang memerlukan sealer dengan melihat pasangan panel yang akan kita ganti. Oleh sebab itu, pada saat perbaikan kendaraan yang mengalami kecelakaan body, sealer harus diaplikasikan pada panel penggantinya. Dalam perbaikan bodi menggunakan sealer, terlebih dahulu Anda memperhatikan petunjuk manual dari kendaraan yang bersangkutan, dengan melihat lokasi atau area dimana bodi sealer akan digunakan. Selanjutnya, sisi yang berlawanan dari kendaraan (sisi samping) yang areanya sedang diperbaiki tersebut, dapat digunakan sebagai referensi (acuan)

Namun pada pintu beberapa jenis kendaraan yang menggunakan pre-curing sealer, akan terdapat bekas sealer lama, karena sealer berada didalam lapisan cat. Pre-curing sealer diaplikasikan langsung pada lembar metal sebelum dilakukan proses pengecatan *electro deposited (ED)*, sehingga menyederhanakan aplikasi sealer.

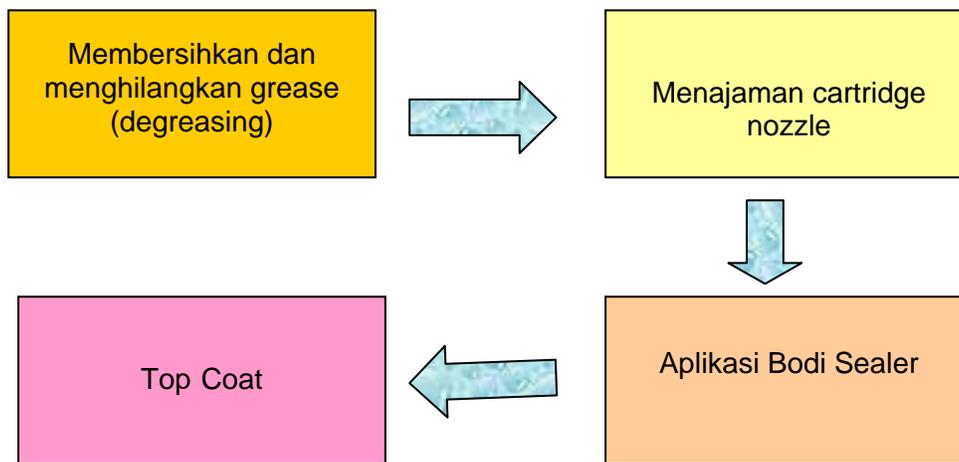
Pre-curing ini dilakukan atau aplikasikan sebelum penggantian part, tetapi pada penggunaan sealer biasa harus diaplikasikan sesudah aplikasi top coat, untuk menjamin bahwa semua sudut dan kemudian diberi sealer.

## Teknik Bodi Otomotif



Gambar 10.35. Perbedaan aplikasi precuring sealer dan sealer biasa

Bodi sealer diaplikasi, setelah proses pengeringan dan pengamplasan surfacer dengan sempurna tetapi sebelum aplikasi top coat (pengecatan akhir)



Gambar 10.36. Alur pekerjaan aplikasi sealer

Berikut alur proses penggunaan sealer bodi kendaraan:

a. Mempersiapkan permukaan

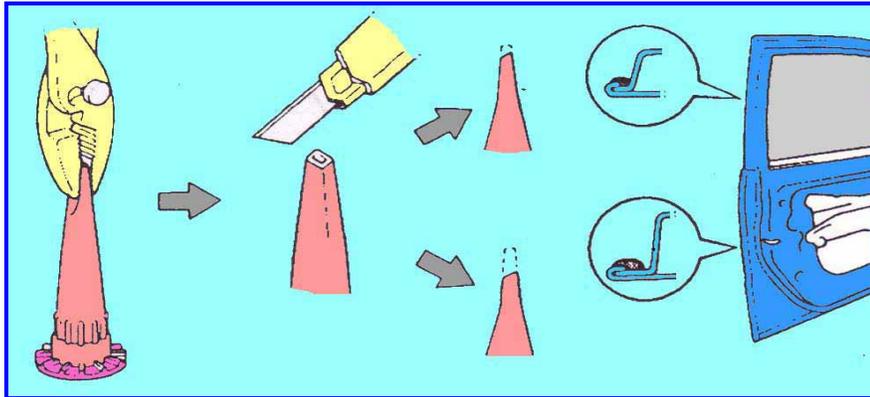
Membersihkan dan menghilangkan grease (degreasing) permukaan sealer harus dilakukan dengan cara yang sama pada saat aplikasi putty.

### b. Menajamkan *cartridge* nozzle

*Cartridge* nozzle perlu ditajamkan sekali agar menghasilkan bentuk sealer yang spesifik. Gunakanlah tang untuk meratakan kira-kira 10 mm dari ujung nozzle dan kemudian potong kira-kira 5 mm dari ujung.

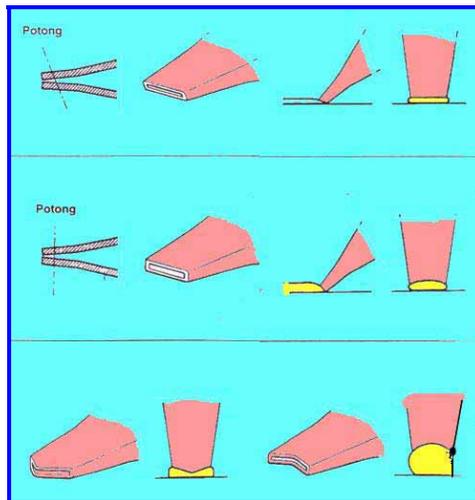
Dianjurkan agar memiliki 2 tipe nozzle siap pakai satu yang berlubang kecil untuk aplikasi komponen-komponen yang sempit dan satu yang berlubang besar untuk aplikasi yang digunakan untuk aplikasi komponen ayng lebih besar.

Berikut bentuk dari potongan nozzle dan bentuk aplikasi sealer:



Gambar 10.37. Cara menajamkan nozzle dan tempat aplikasinya (pada pintu)

### Bentuk potongan nozzle dan bentuk aplikasi sealer



Gambar 10.38. Beberapa bentuk ujung nozzle cartridge dan bentuk hasilnya.

## Teknik Bodi Otomotif

### b. Aplikasi Bodi Sealer

Pertama, tentukan dibagian mana anda akan berdiri, sebelum memulai aplikasi bodi sealer. Suatu titik yang memungkinkan Anda bisa aplikasi bodi sealer pada keseluruhan sisi panel sekali jalan, akan menghasilkan bentuk sealer yang seragam. Oleh sebab itu, carilah titik dari mana pekerjaan sealer dapat dilakukan tanpa harus berpindah.



Gambar 10.39. Saat aplikasi sealer, tumpuan kaki jangan berubah

Kedua, mantapkan tangan kiri untuk memegang *sealer gun* dan telunjuk pada triger/ tuas pemicu. Ujung nozzle cartridge ditempelkan pada salah satu lipatan panel (plat) sebagai garis referesi/ panduan/ acuan agar membantu arah aplikasi *sealer gun* tidak oleng kesamping. Pastikan untuk dapat memilih garis referensi yang tepat, karena apabila salah, aplikasi sealer akan menjauh dari sambungan panel.

## Metode Sambungan



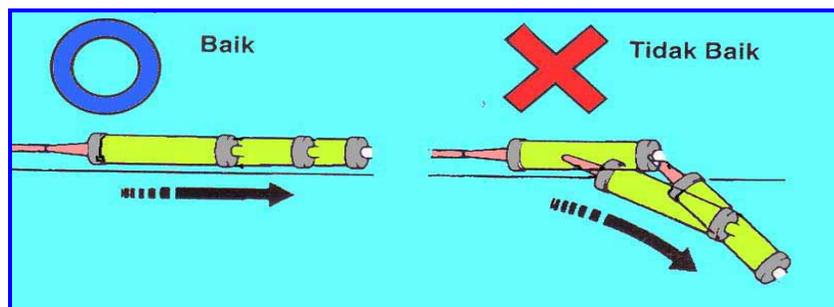
Gambar 10.40. Hasil yang baik benar-benar menyampung kedua panel (kiri).

Ketiga, penarikan trigger dan gerakan pada *sealer gun* harus tetap konstan. Apabila gerakannya berubah-ubah, maka bentuk sealer juga akan berubah. Ada beberapa sealer yang dapat menjaga jumlah keluaran *sealer gun* secara tetap, tanpa terpengaruh dengan tekanan pada tipe *sealer gun* biasa tadi.



Gambar 10.41. Bentuk sealer tergantung dari penekanan dan kecepatan aplikasinya

Kempat, jagalah agar *sealer gun* tetap parallel disepanjang garis dimana bodi sealer diaplikasi. Perubahan pada sudut ini, akan berpengaruh pada bentuk sealer.

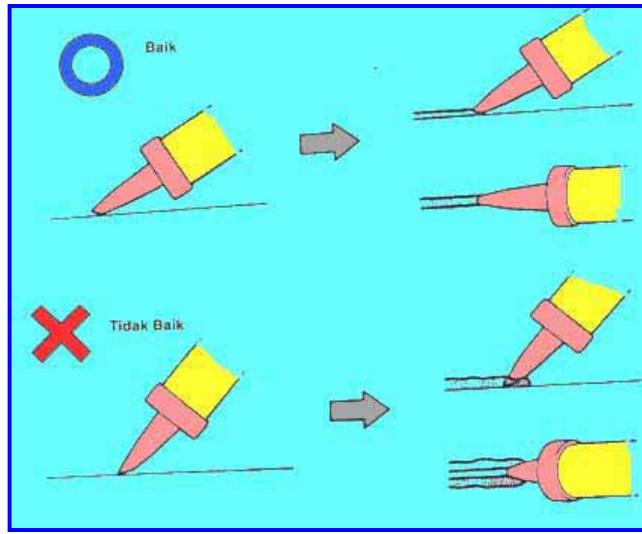


Gambar 10.42. Arah aplikasi sealer harus mengikuti panel, jika berubah maka hasilnya tidak baik.

## Teknik Bodi Otomotif

Kelima, bentuk sealer yang diinginkan tidak akan diperoleh jika nozzle tidak ditempatkan pada sudut yang benar terhadap panel bodi. Oleh karena itu posisikan *sealer gun* dengan sudut tertentu (menyesuaikan dengan bentuk lubang juga), sehingga ujung nozzle tidak membekas pada sealer yang sudah keluar dari ujung nozzle tersebut. Jika terlalu miring maka sealer tidak menempel kuat pada panel, dan bila terlalu mendekati tegak maka akan menggores sealer yang sudah keluar.

Berikut ini contoh sudut yang tepat agar hasilnya maksimal:



Gambar 10.43. Sudut diperhitungkan untuk mendapatkan hasil maksimal.

Pertanyaan dan diskusi:

1. Identifikasilah pemakaian paku keling pada kendaraan bus dan truck!
2. Apakah keunggulan dari sambungan menggunakan *body sealer* dibandingkan dengan sambungan las?
3. Pada panel bodi bagian dalam (interior) banyak menggunakan *push-on clips* dari bahan plastik. Sebutkan macamnya dan karakter dari pemasangannya!



## Daftar Pustaka

- A. Robinson. (1973). ***The Repair of Vehicle Bodies***. London: Heinemann Educational Books Ltd
- A.G. Deroche and Hildebrand. (tth). ***The Principle of Auto Body Repairing and Repainting***. New Jersey: Prentice-Hall Inc
- Alexandrou, Andreas. (2001). ***Principles of Fluid Mechanics***. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Anderson, John D., Jr. (1986). ***Fundamentals of Aerodynamics***. New York:McGraw Hill.
- Anglin, Donald L. (1980). ***Automobiles Bodies Maintenance and Repair***. USA: Mc Graw-Hill
- Anonim. (1988). ***Welding of Stainless Steels and Other Joining Methods : A Designer Handbook Series No. 9 002***. USA : The Nickel Development Institute.
- Crouse, William Harry. (1980). ***Automotive Body Repair and Refinishing***. USA: Mc Graw-Hill
- Eka Yogaswara dan H. Rikam. (2006). ***Menggunakan Perkakas Tangan Bertenaga/ Operasi Digenggam***. Bandung: Armico
- <http://www.stanford.edu/group/prl/documents/html/OAweld.htm> download 29 Oktober 2007
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Sandpaper.htm>
- <http://news.thomasnet.com/news/1184/20>
- [http://uniweld.com/catalog/oxyacetylene/patriot/welding\\_brazing/k23c-t.htm](http://uniweld.com/catalog/oxyacetylene/patriot/welding_brazing/k23c-t.htm)
- <http://www.europa-lehrmittel.de/4dcgi/page?responsePage>
- <http://www.abrasivematerials.saint-gobain.com/Data/Element/Node/Market/>
- <http://www.abrasiveproducts.com.au/>
- <http://www.achprivets.com/solid-rivets>
- <http://www.advantagefabricatedmetals.com/welding.html>
- [http://www.alcoa.com/fastening\\_systems/aerospace/en/home.asp](http://www.alcoa.com/fastening_systems/aerospace/en/home.asp)
- [http://www.americanbeautytools.com/soldering\\_tool](http://www.americanbeautytools.com/soldering_tool)
- [http://www.autobodyonline.com/products/product\\_guide.cfm](http://www.autobodyonline.com/products/product_guide.cfm)

<http://www.cfi1.com/anchor-bolts.htm> download 22 Oktober 2007

[http://www.donmet.com.ua/eng/cutting\\_2.php](http://www.donmet.com.ua/eng/cutting_2.php)

<http://www.emhart.com/products/pop.asp>

<http://www.engineershandbook.com/MfgMethods/fastening&joining.htm>  
download 22 Oktober 2007

[http://www.esabna.com/EUWeb/MIG\\_handbook/592mig1\\_1.htm](http://www.esabna.com/EUWeb/MIG_handbook/592mig1_1.htm)

<http://www.gison.com.tw/product/waterfed-tools.htm>

<http://www.hand-tools-manufacturers.com/engineering-tools.html>

<http://www.huck.com/marsoncorp/Types.htm> (blind rivets)

[http://www.inductionatmospheres.com/brazing\\_overview.html](http://www.inductionatmospheres.com/brazing_overview.html) download  
22 Oktober 2007

<http://www.justoffbase.co.uk/Tool-Shop/Oxy-Acetylene-Welding-Cutting> 6  
November 2007

<http://www.key-to-metals.com/Article136.htm> download 22 Oktober 2007

[http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing\\_support/everything\\_about\\_brazing/what\\_brazing\\_about.html](http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing_support/everything_about_brazing/what_brazing_about.html) download 22 Oktober 2007

[http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing\\_support/everything\\_about\\_brazing/when\\_think\\_braze.html](http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing_support/everything_about_brazing/when_think_braze.html) download 22 Oktober 2007

[http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing\\_support/everything\\_about\\_brazing/principles\\_joint\\_design.html](http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing_support/everything_about_brazing/principles_joint_design.html) download 22 Oktober 2007

[http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing\\_support/everything\\_about\\_brazing/6\\_basic\\_steps\\_braze.html](http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing_support/everything_about_brazing/6_basic_steps_braze.html) download 22 Oktober 2007

[http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing\\_support/everything\\_about\\_brazing/materials\\_comp\\_chart.html](http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing_support/everything_about_brazing/materials_comp_chart.html) download 22 Oktober 2007

[http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing\\_support/everything\\_about\\_brazing/handy\\_flux\\_temp\\_chart.html](http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing_support/everything_about_brazing/handy_flux_temp_chart.html) download 22 Oktober 2007

[http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing\\_support/everything\\_about\\_brazing/6\\_safety\\_braze\\_tips.html](http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing_support/everything_about_brazing/6_safety_braze_tips.html) download 22 Oktober 2007

[http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing\\_support/everything\\_about\\_brazing/pickling\\_solutions\\_chart.html](http://www.lucasmilhaupt.com/htmldocs/brazing_support/everything_about_brazing/pickling_solutions_chart.html) download 22 Oktober 2007

<http://www.millerwelds.com/education/articles/article105.html>

<http://www.millerwelds.com/education/dictionary.html>

<http://www.millerwelds.com/resources/improving-your-skills/stick/>

[http://www.norstate.com/arc\\_fund.html](http://www.norstate.com/arc_fund.html) download 28 September 2007

<http://www.norstate.com/proguide.html>

[http://www.otua.org/publication\\_case-study-welding-method.htm](http://www.otua.org/publication_case-study-welding-method.htm)

[http://www.otua.org/publication\\_case-study-welding-processes.htm](http://www.otua.org/publication_case-study-welding-processes.htm)

download 22 Oktober 2007

<http://www.weldingengineer.com/>

Hucho, Wolf-Heinrich. (1987). ***Aerodynamics of Road Vehicles***. 1st ed.  
London: Butterworths.

I Nyoman Sutantra. (2001). ***Teknologi Otomotif: Teori dan Aplikasinya***.  
Surabaya: Guna Widya

Sutantra, I Nyoman. (2001). ***Teknologi Otomotif***. Surabaya: Penerbit Guna  
Widya.

Team Toyota. (1995). ***NEW STEP 1: Training Manual***. Jakarta: Toyota  
Astra Motor PT

Team Toyota. (1995). ***Pedoman Pengecatan: Training Manual***. Jakarta:  
Toyota Astra Motor PT

Team Toyota. (1995). ***TOYOTA STEP 2: Materi Pelajaran Chassis Group***.  
Jakarta: Toyota Astra Motor PT

Wong, Jo Yung. (1978). ***Theory of Ground Vehicles***. New York: John Wiley  
& Sons, Inc.



## Glossarium

- abrasive* – bahan yang digunakan untuk memotong, menggrenda atau memoles logam
- acetone* – (aseton) cairan yang berwarna bening untuk mencairkan resin yang akan dibuat menjadi komponen fiberglass.
- acrylic* – bahan kimia jernih yang digunakan pada cat semprot dan memberi pengaruh mengkilap
- adhesive* – bahan perekat (lem)
- aki* – sumber listrik yang digunakan pada kendaraan untuk berbagai sistem kerja, seperti sistem pengapian, kelistrikan bodi, asesoris dan lainnya.
- arm rest* – komponen bodi otomotif sebagai penyangga (sandaran) lengan pada kendaraan, misalnya sandaran tangan pada kursi, juga pada door trim.
- attachment* – perangkat atau peralatan tambahan untuk mempermudah pekerjaan perbaikan kendaraan
- auto stop* – komponen yang berfungsi untuk menghentikan sistem kerja pada kendaraan pada kondisi tertentu.
- axle* – batang yang digunakan sebagai poros pada roda-roda kendaraan
- belt* – sabuk
- bracket* – konstruksi rangka yang digunakan untuk memasang komponen lainnya.
- bumper arm* – komponen penyangga bumper pada mobil (lengan) yang menghubungkan bumper kendaraan dengan rangka-chassis
- bumper sub* – sambungan bumper kendaraan, biasanya di bagian samping.
- center pillar* – bagian bodi kendaraan untuk menopang atap kendaraan, di sedan, digunakan untuk memisahkan pintu depan dan pintu belakang
- chassis* – rangka kendaraan yang digunakan sebagai menempelkan komponen yang lain.
- clip* – komponen pengunci untuk menempelkan komponen yang satu ke komponen yang lain, misal trim ke bodi kendaraan
- cobalt* - Cairan kimia berwarna kebiru-biruan sebagai bahan aktif pencampur katalis agar cepat kering, terutama apabila kualitas katalisnya kurang baik dan terlalu encer

*coil* – lilitan atau kumparan dari kabel seperti pada koil pengapian atau transformator.

*cold soldering* – menyatukan beberapa komponen dengan cara menempelkannya dengan timah.

*column switch* – panel yang berisi saklar-saklar pada kemudi digunakan untuk mengoperasikan berbagai sistem oleh pengemudi.

*composite* – konstruksi rangka kendaraan dimana antara bodi kendaraan dan rangkanya terpisah dan banyak digunakan pada kendaraan lama dan pangangkut beban seperti bus dan truck.

*constant voltage relay* – komponen yang mengatur pembatasan tegangan untuk keamanan dari sirkuit kelistrikan.

*crane* – alat yang digunakan untuk memindahkan komponen yang berat, biasanya menggunakan konsep hidrolis/dongkrak.

*crank arm* – komponen sistem kemudi sebagai lengan yang menempelkan batang-batang kemudi dengan rangka kendaraan.

*cutter* – alat pemotong

*dash panel* – bagian bodi kendaraan bagian depan kendaraan yang memisahkan ruang mesin dengan ruang penumpang

*deck lid* – komponen bodi kendaraan sebagai tempat mengangkut barang (bagasi) di bagian belakang kendaraan.

*distorsi* – perubahan yang terjadi karena adanya pengaruh lain atau karena adanya perlakuan.

*dolly* – peralatan terbuat dari logam dengan bentuk dan ukuran bervariasi digunakan untuk melakukan perbaikan bodi kendaraan, seperti fender dan bodi lainnya

*door regulator handle* – alat untuk memutar kaca pintu pada kendaraan.

*door trim* – penutup pintu bagian dalam dari sebuah kendaraan, sekaligus sebagai pemanis atau hiasan dan difungsikan untuk menempelkan komponen-komponen lainnya.

*epoxy* – bahan untuk meratakan permukaan dari logam yang berbahan dasar plastik

*ergonomi* – suatu ilmu yang mempelajari kesesuaian antara alat bantu manusia dengan struktur tubuh manusia sehingga nyaman digunakan dan mengurangi kelelahan.

*erosil* – bahan seperti bedak putih, sebagai perekat mat agar fiberglass menjadi kuat dan tidak mudah patah/pecah

*evaporator* – pengubah panas dalam sistem AC yaitu merubah dari cair ke gas dan menyerap panas dari lingkungan sekitar

*fading* – perubahan warna dari aslinya sebagai akibat dari cuaca

*fiberglass* – bahan yang dibuat dari gabungan beberapa zat kimia (bahan komposit) yang akan mengeras setelah waktu tertentu.

*frame* – struktur dari bodi kendaraan yang terbuat dari logam sebagai dudukan dari mesin, roda-roda, dan kabin

*fuel gauge* – alat (sensor) yang digunakan untuk mengukur jumlah bensin di dalam tanki

*fuse* – komponen yang didesain (dibuat) untuk membuka sirkuit kelistrikan ketika terjadi hubungan singkat untuk mencegah kebakaran

*fusible link* – komponen kelistrikan yang terdiri dari kabel yang mudah putus ketika dilalui oleh arus yang besar, berfungsi untuk keamanan apabila terjadi hubung singkat.

*grease* – bahan padat yang digunakan untuk memberikan pelumasan pada komponen-komponen kendaraan yang bergerak.

*halogen* – salah satu jenis lampu depan kendaraan yang memiliki sinar lebih terang dari pada lampu biasa.

*handle* – merupakan alat pemegang, bisa berfungsi untuk memegang alat-alat tangan atau komponen kendaraan yang berfungsi untuk membuka pintu kendaraan.

*hard soldering* – menyatukan beberapa komponen dengan cara memberikan perlakuan panas, sehingga kedua bahan mencair bersama untuk membuat ikatan., misal las

*hardwood* – merupakan komponen kendaraan yang terbuat dari bahan adonan kayu yang dipress sehingga menjadi keras.

*head lights* – lampu-lampu pada bagian kendaraan untuk memberikan sinar yang cerah di depan kendaraan

*headlining* – bagian kendaraan yang berfungsi sebagai hiasan atap kendaraan bagian dalam atau plafon kendaraan.

*hood* – bagian dari bodi kendaraan yang dipasang di atas mesin sekaligus melindungi mesin

*hydraulics* – penggunaan zat cair bertekanan untuk memindahkan tenaga atau menaikkan tenaga

*infra lamp* – lampu infra untuk membantu proses pencampuran warna cat.

*inside door handle* – pegangan pintu bagian dalam dari kendaraan, juga berfungsi untuk membuka pintu dari arah dalam.

*integral* – konstruksi yang menyatu

*jackstand* – alat yang digunakan untuk menyangga kendaraan saat melakukan perbaikan dan dapat distel ketinggiannya.

*junction block* – komponen dari sirkuit kelistrikan yang berisi sambungan dari kabel baterai ke sistem-sistem lainnya.

*katalis* - cairan jernih dengan bau menyengat berfungsi sebagai pengering agar resin lebih cepat mengeras.

*knuckle arm* – komponen sistem kemudi yang berfungsi sebagai engsel yang menopang roda-roda depan agar tetap bisa dibelokkan.

*laminated* – bahan yang terbuat dari lembaran tipis

*lid hange* – gantungan dari lid (kap)

*masking* – bahan yang digunakan untuk menutup bodi kendaraan, biasanya melindungi bodi kendaraan yang tidak akan dicat.

*mat* - anyaman mirip kain (model anyaman halus/ kasar/ atau besar dan jarang-jarang berfungsi sebagai pelapis campuran/adonan dasar fiberglass, sehingga sewaktu unsur kimia tersebut bersenyawa dan mengeras.

*metallurgi* – ilmu yang mempelajari tentang logam atau metal

*mirror* – kaca spion untuk bodi kendaraan atau cairan kimia kebiruan menyerupai spiritus untuk melapis antara master mal/cetakan dengan bahan fiberglass agar tidak lengket dicetakannya.

*monocoq* – konstruksi rangka kendaraan dimana antara bodi kendaraan dan rangkanya menyatu dan banyak digunakan pada kendaraan sedan.

*moulding* – komponen bodi kendaraan sebagai pelindung bodi kendaraan, misal moulding pada pintu, melindungi pintu dari goresan ketika dibuka.

*mounting bolt* – baut dudukan mesin

*packing* – bahan yang digunakan untuk menempelkan komponen yang satu dengan lainnya terbuat dari kertas atau kertas khusus.

*pigment* – zat yang digunakan untuk memberikan warna pada bahan lain, seperti cat atau fiberglass.

*polisher* – alat yang digunakan untuk memoles bodi kendaraan yang digerakkan oleh motor listrik

*polyurethene* – bahan membuat busa pada kursi kendaraan.

*porous* – proses pengeroposan dari plat bodi kendaraan.

*power steering* – sistem pegemudian yang menggunakan tekanan hidrolis untuk meringankan kerja pengemudi ketika akan membelok

*putty* – bahan tipis yang digunakan untuk mengisi permukaan yang tidak rata pada bodi kendaraan (dempul)

*ram* – silinder yang berisi piston yang digerakkan menggunakan tekanan oli/ hidrolis yang digunakan untuk memperbaiki rangka dan bodi kendaraan

*refrigerant* – cairan yang digunakan untuk menyerap panas pada sistem AC

*regulator* – pengatur

*relay* – komponen kelistrikan untuk memperpendek sirkuit kelistrikan dan memperkuat arus yang mengalir

*relay block* – kumpulan relay

*relay rod* – batang penyambung

*repainting* – pengecatan ulang

*reserve masking* – melaksanakan penutupan pada bagian bodi kendaraan untuk pengecatan dengan jalan melipat masking kearah dalam untuk menghindari membentuknya batas cat lama dengan cat baru.

*resin* - bahan berbentuk cairan kental seperti lem, berkelir hitam atau bening yang berfungsi untuk mengencerkan semua bahan – bahan untuk membuat fiberglass

*retainer* – alat yang digunakan untuk menahan komponen lain, seperti kap mesin.

*roof* – atap kendaraan

*rotary vane* – jenis dari pompa yang memanfaatkan sirip-sirip (sudu), dan karena putaran menimbulkan gaya sentrifugal.

*safety glass* – kaca yang didesain untuk kendaraan yang memiliki sifat tidak membahayakan penumpang bila terjadi kecelakaan.

*sander* – mesin pengamplas yang digerakkan oleh listrik atau udara dengan gerakan lurus atau melingkar

*sealed beam* – lampu kendaraan yang terbungkus kaca tetap sehingga kalau bolamnya putus harus diganti sekalian rumahnya.

*sealer* – bahan kendaraan sebagai perekat komponen baik berbentuk cair ataupun padat.

*shaft* – poros

*shielded metal arc welding/smaw* – cara pengelasan busur nyala listrik dengan elektrode terbungkus..

*shim* – lembaran tipis yang digunakan untuk memberikan ketebalan tertentu.

*soldering* – proses menempelkan beberapa komponen dengan cara memanaskannya

*solvent* – bahan kimia cair yang digunakan untuk mengencerkan cat

*spot repainting* – pengecatan sebagian pada bodi kendaraan yang cacat atau rusak, dan harus sama dengan warna secara keseluruhan.

*spray booth* – ruangan yang digunakan untuk melakukan pengecatan dilengkapi dengan cahaya dan ventilasi yang cukup

*steering gear* – roda-roda gigi yang terdapat pada rumah roda kemudi.

*steering linkage* – sambungan-sambungan dari sistem kemudi.

*steering main shaft* – batang utama kemudi.

*steering shaft center* – pusat batang kemudi kendaraan

*steering wheel* – roda kemudi untuk membelokkan kendaraan.

*stream lining* – permukaan bodi kendaraan yang dapat meminimalkan hambatan sehingga mengurangi beban kendaraan

*tack weld* – melakukan pengelasan awal dengan jalan membuat las titik pada dua plat atau logam.

*tensile strength* – kekuatan tarik

*thermistor* – komponen yang berfungsi sebagai sensor dari sistem tertentu yang memiliki tahanan yang berubah-ubah tergantung panas.

*tie rod* – komponen sistem kemudi paling luar yang dekat dengan roda dan dapat distel untuk menentukan besarnya toe in/out.

*tie root* – batang yang menghubungkan pitman arm dan knuckle arm atau komponen yang menghubungkan roda depan kendaraan dengan mekanisme kemudi

*tilt handle* – pengatur ketinggian batang kemudi kendaraan.

*track* – penjejakan roda kendaraan

*tubeless tire* – roda kendaraan yang tidak memerlukan ban dalam.

*vacuum* – tekanan negatif di bawah tekanan udara atmosfer

*vinil* – bahan yang terbuat dari kain untuk interior kendaraan.

*washer* – alat yang digunakan untuk memompa air untuk membersihkan kaca ketika wiper dihidupkan.

*welding – proses menyambung beberapa logam dengan jalan menyatukannya dengan panas*

*windshield – kaca depan kendaraan*

*wiper – alat yang digunakan untuk membersihkan kaca kendaraan.*

*wiring harness – kumpulan dari kabel-kabel dalam kendaraan yang disatukan untuk mempermudah perawatan dan perbaikan serta terlihat rapi.*

# Daftar Gambar

Gambar 1.1. Konstruksi Bodi Otomotif .....	1
Gambar 1.2. Bentuk mobil modern.....	2
Gambar 1.3. Kendaraan berbahan plat .....	3
Gambar 1.4. Proses <i>assembly</i> (merakit) kendaraan .....	5
Gambar 1.5. Konstruksi <i>Composite body</i> .....	5
Gambar 1.6. Konstruksi Bodi Integral ( <i>monocoq</i> ) .....	6
Gambar 1.7. Konstruksi Rangka Bentuk H.....	7
Gambar 1.8. Konstruksi Rangka Perimeter.....	8
Gambar 1.9. Konstruksi Rangka Bentuk X .....	8
Gambar 1.10. Konstruksi Rangka Bentuk <i>Back Bone</i> .....	9
Gambar 1.11. Mendesain kendaraan <i>tempo</i> dulu .....	9
Gambar 1.12. Menggambar model mobil .....	10
Gambar 1.13. Desain komputer dan bentuk jadinya .....	10
Gambar 1.14. Prototipe mobil.....	11
Gambar 1.15. Menggambar desain eksterior .....	11
Gambar 1.16. Pembuatan model interior mobil.....	12
Gambar 1.17. Interior dan eksterior Kendaraan .....	12
Gambar 1.18. Skema mesin 4 dan 2 langkah .....	14
Gambar 1.19. Mesin mobil yang semakin kompak.....	16
Gambar 1.20. Penggunaan rivet dan nut .....	16
Gambar 1.21. Pengelasan <i>listrik</i> .....	17
Gambar 1.22. Pengelasan bodi mobil dengan robot.....	17
Gambar 1.23. Perbaikan bodi mobil .....	18
Gambar 1.24. Pengecatan bodi mobil .....	20
Gambar 1.25. Ruang pemanas .....	21
Gambar 1.26. Polishing menghilangkan goresan pada cat.....	21
Gambar 2.1. Bekerja harus memperhatikan K3 .....	22
Gambar 2.2. Kecerobohan mengakibatkan kecelakaan.....	24
Gambar 2.3. Pahami karakter pekerjaan anda.....	24
Gambar 2.4. Kecerobohan berakibat fatal.....	26
Gambar 2.5. Tempat kerja yang tidak layak.....	27
Gambar 2.6. Peralatan pemotong plat .....	28
Gambar 2.7. Utamakan keselamatan.....	29
Gambar 2.8. Hati-hati terhadap transportasi bergerak.....	29
Gambar 2.9. Pastikan rangkaian kelistrikan aman .....	31
Gambar 2.10. Unsur terjadinya pembakaran .....	32
Gambar 2.11. Jagalah bahan-bahan yang berbahaya .....	34
Gambar 2.12. Instalasi pemadam kebakaran.....	35
Gambar 2.13. Tabung pemadam dan tanda bahaya.....	36
Gambar 2.14. Tanda keluar ketika terjadi kebakaran.....	36
Gambar 2.15. Pendidikan bahaya kebakaran kepada anak.....	37
Gambar 2.16. Memadamkan kebakaran dengan APAR .....	37

Gambar 3.1 Pensil .....	41
Gambar 3.2 Rautan .....	41
Gambar 3.3 Penghapus .....	42
Gambar 3.4. Mistar segitiga .....	42
Gambar 3.5. Satu Set Jangka .....	43
Gambar 3.6. Jangka Utama .....	43
Gambar 3.7. Sablon Huruf.....	44
Gambar 3.8. Mal Garis .....	44
Gambar 3.9. Mesin Gambar .....	45
Gambar 3.10. Huruf Miring .....	46
Gambar 3.11. Huruf Tegak .....	46
Gambar 3.12. Etiket 1.....	48
Gambar 3.13. Etiket 2.....	48
Gambar 3.14. Pembagian Garis-Garis Gambar .....	49
Gambar 3.15. Proyeksi.....	50
Gambar 3.16. Proyeksi Amerika .....	50
Gambar 3.17. Hasil Proyeksi Amerika.....	51
Gambar 3.18. Proyeksi Eropa .....	51
Gambar 3.19. Hasil Proyeksi Eropa .....	52
Gambar 3.20. Penunjukan Ukuran .....	53
Gambar 3.21. Penunjukan Ukuran Mendatar .....	53
Gambar 3.22. Toleransi.....	54
Gambar 4.1. Penggaris Segitiga .....	58
Gambar 4.2. Penggaris dengan skala metrik dan inchi.....	58
Gambar 4.3. Cara Pengukuran .....	59
Gambar 4.4. Penggaris Siku dan penggunaannya.....	59
Gambar 4.5. <i>Straightedge</i> .....	60
Gambar 4.6. Meter Pita .....	60
Gambar 4.7. Busur Derajat .....	61
Gambar 4.8. <i>Screwpitch Gauge</i> dan penggunaannya .....	62
Gambar 4.9 Jangka sorong dan bagan-bagiannya .....	62
Gambar 4.10 Jangka Sorong <i>Dial</i> .....	63
Gambar 4.11 Jangka Sorong Digital .....	63
Gambar 4.12 Penggunaan jangka sorong.....	64
Gambar 4.13 Jangka sorong mengukur kedalaman .....	64
Gambar 4.14 Dial Indikator .....	65
Gambar 4.15 Penggunaan dial indikator .....	65
Gambar 4.16 Mengukur <i>backlash</i> dan kelurusan .....	65
Gambar 4.17. <i>Wheel Alignment</i> .....	66
Gambar 4.18. <i>Spooring unit</i> dan <i>turning table</i> .....	66
Gambar 4.19. <i>Tram Gauge</i> .....	67
Gambar 4.20. <i>Balancer</i> Roda dan tang pengungkit .....	68
Gambar 4.21. Pengukur Tekanan Ban .....	69
Gambar 4.22. <i>Tracking</i> .....	70
Gambar 5.1.Tool Set Box .....	71

Gambar 5.2. Variasi Obeng .....	72
Gambar 5.3. Bagian dari Obeng .....	72
Gambar 5.4. Bentuk Mata Obeng .....	73
Gambar 5.5. Penggunaan Ketok .....	74
Gambar 5.6. Jenis Kunci Ring dan Pas .....	74
Gambar 5.7. Pilih Kunci yang Pas .....	75
Gambar 5.8. Kunci Sock Set .....	76
Gambar 5.9. Jenis Mata Sock .....	76
Gambar 5.10. Kunci Sock.....	77
Gambar 5.11. Sliding handle .....	77
Gambar 5.12. Speed handle .....	77
Gambar 5.13. Penggunaan speed handle .....	78
Gambar 5.14. <i>Ratchet handle</i> .....	78
Gambar 5.15. <i>Short extension</i> .....	78
Gambar 5.16. <i>Long extension</i> .....	79
Gambar 5.17. <i>Nut Spinner</i> .....	79
Gambar 5.18. <i>Universal Joint</i> .....	79
Gambar 5.19. Kunci Heksagonal (kunci L) & kunci bintang .....	80
Gambar 5.20. Kunci Inggris .....	81
Gambar 5.21. Kunci Inggris .....	81
Gambar 5.22. Penggunaan Kunci Inggris yang Salah .....	81
Gambar 5.23. Kunci Pipa .....	82
Gambar 5.24. Penggunaan Kunci Pipa .....	82
Gambar 5.25. Kunci Momen Mikrometer .....	83
Gambar 5.26. Kunci Momen Jarum .....	83
Gambar 5.27. Kunci Momen Dial .....	84
Gambar 5.28. Penggunaan Kunci Momen .....	84
Gambar 5.29. Tang Kombinasi dan pemotong sisi .....	85
Gambar 5.30. Tang Lancip dan Rivet .....	85
Gambar 5.31. Tang Betet dan balancer .....	85
Gambar 5.32. Tang Baterai .....	85
Gambar 5.33. Gunting Lurus .....	86
Gambar 5.34. Gunting Kurva.....	86
Gambar 5.35. Gunting lengkung .....	86
Gambar 5.36. Palu kepala ball-pen .....	87
Gambar 5.37. Palu kepala cross pen .....	87
Gambar 5.38. Palu Cakar .....	87
Gambar 5.39. Palu Martil .....	88
Gambar 5.40. Palu Karet .....	88
Gambar 5.41. Palu Plastik .....	88
Gambar 5.42. Palu Kayu .....	88
Gambar 5.43. Shrinking hammer .....	89
Gambar 5.44. Pick hammer .....	89
Gambar 5.45. Standar bumping hammer .....	89
Gambar 5.46. Penggunaan Palu Khusus .....	90
Gambar 5.47. Berbagai macam dolly .....	90

Gambar 5.48. Contoh penggunaan palu dan dolly.....	91
Gambar 5.49. Metode perataan <i>on-dolly</i> .....	91
Gambar 5.50. Metode perataan <i>off-dolly</i> , .....	91
Gambar 5.51. Bentuk dan ukuran <i>body spoon</i> .....	92
Gambar 5.52. Penggunaan Body Spoon .....	92
Gambar 5.54. Senggang Gergaji .....	93
Gambar 5.55. Gergaji Mini .....	93
Gambar 5.56. Cara Menggunakan Gergaji yang benar .....	93
Gambar 5.57. Mata Kikir .....	94
Gambar 5.58. Gagang kikir .....	94
Gambar 5.59. Jenis Alur Kikir .....	94
Gambar 5.60. Jenis Kikir Bodi .....	95
Gambar 5.61. Pahat Set .....	96
Gambar 5.62. Jenis pahat .....	96
Gambar 5.63. Perbaikan pahat dengan gerinda .....	96
Gambar 5.64. Contoh penggunaan pahat .....	97
Gambar 5.65. Penitik .....	97
Gambar 5.66. Penggores biasa, ballpoint, dan perata .....	98
Gambar 5.67. Contoh Penggunaan Penggores .....	98
Gambar 5.68. Contoh Penggunaan Penggores perata .....	98
Gambar 5.69. Jangka .....	99
Gambar 5.70. Jangka penggores <i>out side</i> .....	99
Gambar 5.71. Jangka penggores <i>in side</i> .....	99
Gambar 5.72. Skrap .....	100
Gambar 5.73. Ragum meja .....	100
Gambar 5.74. Ragum portabel .....	101
Gambar 5.75. Pelapis penjepit ragum .....	101
Gambar 5.76. Ragum benda kerja yang akan di bor .....	101
Gambar 5.77. Sikat Kawat .....	102
Gambar 5.78. Sikat khusus untuk mesin .....	102
Gambar 5.79. Sikat kawat tembaga .....	103
Gambar 5.80. Kape dempul .....	103
Gambar 5.81. Tap dan ukurannya .....	104
Gambar 5.82. Tap ulir <i>whitwort</i> .....	104
Gambar 5.83. Tap ulir <i>metris</i> .....	105
Gambar 5.84. Gagang tap .....	105
Gambar 5.85. Gagang snei .....	106
Gambar 5.86. Snei ulir metris .....	106
Gambar 5.87. Snei ulir whitwort .....	106
Gambar 5.88. Snei ulir UNC .....	107
Gambar 5.89. <i>Bolt extractor</i> .....	107
Gambar 6.1. Kerusakan bodi ketika tabrakan .....	108
Gambar 6.2. Prinsip kerja hidrolik .....	109
Gambar 6.3. Penggunaan alat hidrolik.....	110
Gambar 6.4. Tekanan hidrolik .....	110
Gambar 6.5. <i>Single post car-lift</i> .....	111

Gambar 6.6. <i>Two post car-lift</i> .....	111
Gambar 6.7. <i>Four post car-lift</i> .....	112
Gambar 6.8. Dongkrak .....	113
Gambar 6.9. Dongkrak buaya .....	113
Gambar 6.10. <i>Portable crane</i> .....	114
Gambar 6.11. <i>Hydraulic power jack set</i> .....	115
Gambar 6.12. <i>Pump hydraulic power jack</i> .....	115
Gambar 6.13. Slang dan bagiannya .....	116
Gambar 6.14. <i>Ram</i> dan bagiannya .....	116
Gambar 6.15. <i>Push ram</i> dan <i>pull ram</i> .....	116
Gambar 6.16. <i>Ram</i> dan peralatan tambahan .....	117
Gambar 6.17. <i>Attachment</i> .....	117
Gambar 6.18. Penggunaan pengait pada rangka .....	118
Gambar 6.19. Menarik rangka dari lubang dipasang ulir.....	118
Gambar 6.20. Mencekam rangka pada anchor pot.....	118
Gambar 6.21. Menarik rangka menggunakan pengait L .....	118
Gambar 6.22. Arah menarik plat bodi.....	119
Gambar 6.23. Ditarik dan di pukul.....	119
Gambar 6.24. Mencekam bodi pada kedua sisi .....	119
Gambar 6.25. Penggunaan pengait untuk menarik bodi .....	119
Gambar 6.26. <i>Adaptor</i> .....	120
Gambar 6.27. <i>Push ram</i> .....	120
Gambar 6.28. <i>Ram</i> khusus berkekuatan besar.....	121
Gambar 6.29. Prinsip penarikan dengan <i>pull ram</i> .....	121
Gambar 6.30. <i>Pull ram</i> dan variasi peralatan tambahan .....	122
Gambar 6.31. Alat bantu rantai untuk <i>pull ram</i> .....	122
Gambar 6.32. Konsep hidrolis <i>body-frame traighteners</i> .....	123
Gambar 6.33. Menarik dengan klem .....	124
Gambar 6.34. <i>Portable body-frame straighttener</i> .....	124
Gambar 6.35. <i>Stationey body-frame straighteners</i> .....	125
Gambar 6.36. Menarik bodi dengan hydraulic jack .....	125
Gambar 6.37. Menarik <i>deck lid</i> dengan hydraulic jack .....	126
Gambar 6.38. Menarik atap dengan hydraulic jack .....	126
Gambar 6.39. Meluruskan rangka bodi komposit.....	126
Gambar 6.40. Meluruskan rangka bodi <i>monocoq</i> .....	127
Gambar 6.41. Posisi <i>anchor pots</i> pada lantai kendaraan .....	127
Gambar 6.42. <i>Anchor pots</i> , rantai dan penutupnya .....	128
Gambar 6.43. <i>Anchor pots</i> pada lantai 'lama' .....	129
Gambar 6.44. <i>Anchor pots</i> pada lantai 'baru'.....	129
Gambar 6.45. Arah mengunci anchor pots.....	130
Gambar 6.46. Contoh penggunaan <i>anchor pots</i> .....	130
Gambar 6.47. <i>Stasionary body-frame straighteners tipe 1</i> .....	131
Gambar 6.48. <i>Stasionary body-frame straighteners tipe 2</i> .....	131
Gambar 7.1. Pekerjaan Mengelas <i>Oxy-acetylene</i> .....	133
Gambar 7.2. Generator untuk Memproduksi Gas <i>Acetylene</i> .....	136
Gambar 7.3. Proses Nyala <i>Oxy-acetylene</i> .....	138

Gambar 7.4. Temperatur Nyala Api .....	138
Gambar 7.5. Bentuk Nyala Inti dan Karakteristiknya.....	139
Gambar 7.6. Api <i>Carburizing</i> .....	140
Gambar 7.7. Api <i>Oxidizing</i> .....	141
Gambar 7.8. Api Netral.....	141
Gambar 7.9. Ilustrasi pembuatan <i>Acetylene</i> .....	142
Gambar 7.10. Tabung <i>Acetylene</i> .....	143
Gambar 7.11. Penampang Tabung oksigen .....	144
Gambar 7.12. Katup Tabung Oksigen .....	145
Gambar 7.13. Penyimpanan <i>Acetylene</i> dan Oksigen.....	146
Gambar 7.14. Regulator <i>Acetylene</i> & Oksigen .....	147
Gambar 7.15. Membuang Kotoran Katup Tabung Oksigen .....	147
Gambar 7.16. Kunci Pembuka Katup Tabung.....	148
Gambar 7.17. Manometer .....	149
Gambar 7.18. Selang Las.....	149
Gambar 7.19. Konstruksi Selang Las.....	150
Gambar 7.20. Brander Las .....	151
Gambar 7.21. Penampang Brander Las.....	152
Gambar 7.22. Pembersih Moncong Brander.....	153
Gambar 7.23. Kunci Air Generator <i>Acetylene</i> .....	154
Gambar 7.24. Skema Kerja Kunci Air.....	155
Gambar 7.25. Katup Pengaman Nyala Balik .....	156
Gambar 7.26. Instalasi Las <i>Oxy-acetylene</i> Portabel .....	157
Gambar 7.27. <i>Apron</i> dan Sarung Tangan Las .....	158
Gambar 7.28. Kacamata Las <i>Oxy-acetylene</i> .....	158
Gambar 7.29. Korek Api Las .....	159
Gambar 7.30. Alat Pembersih Ujung Moncong Brander .....	159
Gambar 7.31. Pembersihan Ujung Moncong Brander .....	160
Gambar 7.32. Kereta Dorong untuk Peralatan Las Portabel.....	160
Gambar 7.33. Pembersihan Terak .....	161
Gambar 7.34. Sikat Kawat.....	161
Gambar 7.35. Tang Penjepit .....	161
Gambar 7.36. Alat Penghisap Asap Pengelasan .....	162
Gambar 7.37. Posisi Pemeriksaan Kebocoran Instalasi Las.....	163
Gambar 7.38. Jarak Nyala Api dan Temperatur Las .....	165
Gambar 7.39. Teknik Ayunan <i>Nozzle</i> .....	167
Gambar 7.40. Mengelas Tanpa Bahan Tambah .....	168
Gambar 7.41. Mengelas Kampuh I Pada Posisi <i>Flat</i> .....	169
Gambar 7.42. Mengelas Kampuh V Posisi <i>Flat</i> .....	170
Gambar 7.43. Mengelas Sambungan Berimpit .....	170
Gambar 7.44. Mengelas Kampuh T Posisi <i>Flat</i> .....	171
Gambar 7.45. Mengelas Kampuh Sudut Luar Posisi <i>Flat</i> .....	172
Gambar 7.46. Mengelas Posisi Horisontal Arah Maju (Kiri) .....	173
Gambar 7.47. Mengelas Horisontal Arah Mundur.....	173
Gambar 7.48. Posisi <i>Nozzle</i> & Bahan Tambah Vertikal .....	174
Gambar 7.49. Memulai Pengelasan Posisi Vertikal .....	174

Gambar 7.50. Gerakan <i>Nozzle</i> & Bahan Tambah Vertikal.....	175
Gambar 7.51. Jalur Lasan Posisi Vertikal .....	175
Gambar 7.52. Pengelasan Arah Maju Posisi <i>Overhead</i> .....	176
Gambar 7.53. Pengelasan Arah Mundur Posisi <i>Overhead</i> .....	176
Gambar 7.54. Dorongan Nyala Api Terhadap Kawah Lasan .....	177
Gambar 7.55. Mal Rigi-rigi.....	178
Gambar 7.56. Pengujian Ukuran Rigi-Rigi Lasan.....	179
Gambar 7.57. Pengujian Magnetis .....	179
Gambar 7.58. Pengujian dengan Rontgen .....	180
Gambar 7.59. Pemotongan dengan oxyacetylene. ....	180
Gambar 7.60. Brander Potong .....	181
Gambar 7.61. Proses Pemotongan .....	181
Gambar 7.62. Menyalakan Nyala Api Acetylene .....	183
Gambar 7.63. Jenis Nyala Api Potong .....	183
Gambar 7.64. Pemanasan dan Pemotongan .....	184
Gambar 7.65. Pemotongan Logam Tebal .....	185
Gambar 7.66. Pemotongan Besi Tuang .....	185
Gambar 8.1. Pekerjaan Mengelas busur nyala listrik.....	189
Gambar 8.2. Skema Dasar Las Busur Nyala Listrik .....	189
Gambar 8.3. Pembentukan Busur Nyala Listrik .....	190
Gambar 8.4. Peleburan Butiran Logam Busur Nyala Listrik.....	191
Gambar 8.5. Peleburan Butiran Logam Elektroda.....	191
Gambar 8.6. Kawah Lasan dan Sambungan Las.....	192
Gambar 8.7. Kecepatan, Busur Nyala dan Arus Pengelasan .....	194
Gambar 8.8. Mesin Las Busur Nyala Listrik .....	196
Gambar.8.9. Penurunan Tegangan Oleh <i>Transformator</i> .....	196
Gambar.8.10. Penyearahan Output Oleh <i>Rectifier</i> .....	197
Gambar.8.11. Perataan dan Penstabilan Tegangan .....	197
Gambar 8.12. Proses Kerja Mesin Las.....	198
Gambar 8.13. Mesin Las Busur Nyala Listrik .....	198
Gambar 8.14. Jenis Elektroda Las Busur Nyala Listrik .....	200
Gambar 8.15. Elektroda Terbungkus .....	200
Gambar 8.16. Pakaian Kerja dan Sarung Tangan Las.....	203
Gambar 8.17. Topeng Las Busur Listrik.....	204
Gambar 8.18. Sikat Kawat & Palu Terak.....	204
Gambar 8.19. Melaksanakan pengelasan.....	205
Gambar 8.20. Teknik Penyalaan Ayun.....	206
Gambar 8.21. Teknik Penyalaan Ketuk.....	207
Gambar 8.22. Posisi Elektroda pada sambungan celah .....	207
Gambar 8.23. Posisi Elektroda pada sambungan fillet.....	208
Gambar 8.24. Pola Ayunan Elektroda .....	209
Gambar 8.25. Pengaruh sudut elektroda .....	209
Gambar 8.26. Pengaruh panjang busur nyala elektroda.....	210
Gambar 8.27. Pengaruh kecepatan elektroda.....	210
Gambar 8.28. Karakter kualitas lasan yang buruk .....	210
Gambar 8.29. Karakter kualitas lasan yang baik.....	211

Gambar 8.30. Posisi Pengelasan Flat dan Horisontal.....	211
Gambar 8.31. Posisi Pengelasan Vertikal dan Atas Kepala.....	212
Gambar 8.32. Pengelasan Posisi Datar Sambungan Ujung .....	213
Gambar 8.33. Pengelasan Posisi Datar Sambungan T.....	214
Gambar 8.34. Pengelasan Datar Sambungan Tumpang .....	214
Gambar 8.36.a. Pengelasan Posisi Horisontal I.....	215
Gambar 8.36.b. Pengelasan Posisi Horisontal II.....	215
Gambar 8.37. Pengelasan Posisi Vertikal Satu Jalur .....	216
Gambar 8.38. Pengelasan Posisi Vertikal Lapis .....	217
Gambar 8.39. Pengelasan Posisi Vertikal Sambungan T .....	218
Gambar 8.40. Pengelasan Posisi Vertikal Tumpang.....	219
Gambar 8.41. Pengelasan Posisi Atas Kepala.....	220
Gambar 8.42. Pengelasan Posisi Atas Kepala Ujung .....	221
Gambar 9.1. Teknik Pematrian .....	229
Gambar 9.2. Prinsip Pematrian .....	231
Gambar 9.3. Bagan proses terjadinya ikatan patri .....	232
Gambar 9.4. Ikatan Pada Pematrian .....	233
Gambar 9.5. Lapisan Suatu Ikatan Patri Normal.....	233
Gambar 9.6. Grafik Pengaruh Besar Celah Pematrian .....	234
Gambar 9.7. Lebar Celah Pematrian.....	235
Gambar 9.8. Perbandingan Celah Pematrian .....	235
Gambar 9.9. Pengaturan Celah Pematrian .....	236
Gambar 9.10. Proses Kerja Bahan Pelumer .....	238
Gambar 9.11. Bahan Pelumer pada Pematrian .....	239
Gambar 9.12. Pematrian dengan Gas Pelindung .....	241
Gambar 9.13. Tahap Lebur Patri .....	241
Gambar 9.14. Pematrian Celah.....	245
Gambar 9.15. Pematrian Sambungan.....	245
Gambar 9.16. Pematrian dengan Tuas Patri.....	246
Gambar 9.17. Pematrian dengan Api .....	246
Gambar 9.18. Pematrian Tungku .....	247
Gambar 9.19. Pematrian Tahanan .....	248
Gambar 9.20. Pematrian Imbas .....	249
Gambar 9.21. Tuas Patri .....	251
Gambar 9.22. Tuas Patri Listrik (Solder Listrik).....	251
Gambar 9.23. Berbagai Model Mesin Patri Otomatis .....	252
Gambar 9.24. Sambungan Pekerjaan Pematrian Keras .....	255
Gambar 9.25. Perbandingan Celah Patri Kuningan & Perak .....	256
Gambar 9.26. Pematrian keras di udara bebas.....	259
Gambar 9.27. Pematrian keras Pada Ruang .....	259
Gambar 9.28. Pematrian Baja dengan Gas Argon .....	259
Gambar 9.29. Pematrian dengan Sepatu Kabel.....	264
Gambar 9.30. Pematrian Ujung-ujung Kawat dan Kabel.....	265
Gambar 10.1. Sambungan Tumpang .....	269
Gambar 10.2. Sambungan Ujung.....	269
Gambar 10.3. <i>Solid Rivets</i> .....	270

Gambar 10.4. Prosedur pengelingan .....	273
Gambar 10.5. Konstruksi <i>Blind Rivets</i> .....	274
Gambar 10.6. Pozidriv Head Self-Tapping Screws .....	275
Gambar 10.7. <i>Spat System Screws</i> .....	276
Gambar 10.8. <i>Screw Nails</i> .....	276
Gambar 10.9. <i>Steel Hammer Driven Screws</i> .....	277
Gambar 10.10. <i>Set Screws</i> .....	277
Gambar 10.11. <i>Clinch Nut (Hank Rivet Bushes)</i> .....	284
Gambar 10.12. Proses pemasangan <i>clinch nut</i> .....	284
Gambar 10.13. <i>Plastic Nuts</i> .....	285
Gambar 10.14. Konstruksi <i>Nyloc&amp; Clevelock Nuts</i> .....	285
Gambar 10.15. Konstruksi <i>Spire Speed Nuts</i> .....	286
Gambar 10.16. Konstruksi <i>Captive Nut “U” – Type</i> .....	288
Gambar 10.17. Konstruksi <i>Captive nut “J” – type</i> .....	290
Gambar 10.18. Beberapa jenis <i>Captive nut “J” – type</i> .....	290
Gambar 10.19. Konstruksi dan Pemasangan <i>Grip Nuts</i> .....	291
Gambar 10.20. Konstruksi dan Pemasangan <i>Cable Clips</i> .....	291
Gambar 10.21. <i>The Avdelok System</i> .....	294
Gambar 10.22. Proses Pemasangan <i>Avdelok system</i> .....	295
Gambar 10.23. <i>The Avlok system</i> .....	296
Gambar 10.24. Proses Pemasangan <i>Avlok system</i> .....	297
Gambar 10.25. Konstruksi <i>Nutsert system</i> .....	298
Gambar 10.26. Konstruksi <i>Jo-bolt System</i> .....	299
Gambar 10.27. <i>Simple Push-On Clips</i> .....	300
Gambar 10.28. Konstruksi <i>Tubular clips</i> Blanked-types) .....	301
Gambar 10.29. <i>Pin &amp; grommet</i> .....	302
Gambar 10.30. Posisi <i>Pin &amp; grommet</i> .....	302
Gambar 10.31. <i>Push Button</i> .....	303
Gambar 10.32. <i>Cable Retainers</i> .....	306
Gambar 10.33. Peralatan dan Aplikasi Adhesif .....	308
Gambar 10.34. Aplikasi sealer pada body kendaraan.....	309
Gambar 10.35. Aplikasi precuring sealer dan sealer biasa .....	310
Gambar 10.36. Alur pekerjaan aplikasi sealer .....	310
Gambar 10.37. Menajamkan nozzle dan tempat aplikasinya.....	311
Gambar 10.38. Bentuk ujung nozzle catridge dan hasilnya. ....	311
Gambar 10.39. Aplikasi sealer .....	312
Gambar 10.40. Hasil sealer yang baik .....	313
Gambar 10.41. Penekanan dan kecepatan aplikasi sealer .....	313
Gambar 10.42. Arah aplikasi sealer. ....	313
Gambar 10.43. Sudut aplikasi sealer. ....	314
Gambar 11.1. Pekerjaan dengan Peralatan Abrasif.....	315
Gambar 11.2. Material Abrasif.....	316
Gambar 11.3. Polisher.....	317
Gambar 11.4. Pelekatan Lapisan Terbuka.....	319
Gambar 11.5. Pelekatan Lapisan Tertutup.....	319
Gambar 11.6. Amplas Berbentuk Lembaran .....	321

Gambar 11.7. Amplas sabuk dan Belt Sander .....	321
Gambar 11.8. Amplas Spiral (Roll).....	322
Gambar 11.9. Grinding wheel.....	322
Gambar 11.10. Pemasangan Roda gerinda.....	323
Gambar 11.11. Berbagai Material Abrasif Roda gerinda.....	323
Gambar 11.12. Roda gerinda Dari Bahan Diamond .....	324
Gambar 11.13. Roda gerinda Bahan Cubic Boron Nitride .....	324
Gambar 11.14. Hand Block .....	325
Gambar 11.15. Pneumatic Sander .....	326
Gambar 11.16. Single Action Sander .....	326
Gambar 11.17. Orbital Action Sander .....	327
Gambar 11.18. Dual Action Sander.....	327
Gambar 11.19. Mesin Gerinda Tangan .....	328
Gambar 11.20. Pekerjaan Menggerinda .....	329
Gambar 11.21. Mesin Gerinda Duduk.....	329
Gambar 11.22. Mesin Gerinda Potong.....	330
Gambar 11.23. Menggunakan Mesin Gerinda Potong .....	330
Gambar 11.24. Sarung Tangan Kulit.....	331
Gambar 11.25 Kacamata Gerinda.....	332
Gambar 11.26. Menyetel Dudukan Gerinda .....	332
Gambar 12.1. Komponen bodi yang terbuat dari <i>fiberglass</i> .....	335
Gambar 12.2. Resin .....	336
Gambar 12.3. Katalis .....	337
Gambar 12.4. Mat .....	337
Gambar 12.5. Mirror .....	339
Gambar 12.6. Kuas .....	339
Gambar 12.7. Gunting .....	340
Gambar 12.8. Adonan <i>fiberglass</i> .....	341
Gambar 12.9. Adonan <i>Fiberglass</i> Diratakan .....	343
Gambar 13.1 Konstruksi Luar Bodi Sedan .....	345
Gambar 13.2 Konstruksi rangka.....	346
Gambar 13.3 Konstruksi Lantai (Under Body).....	347
Gambar 13.4 Konstruksi pengunci <i>engine hood</i> .....	348
Gambar 13.5 <i>Engine hood</i> .....	349
Gambar 13.7 Konstruksi engsel <i>engine hood</i> .....	350
Gambar 13.8 Penyetelan <i>hood lock</i> .....	351
Gambar 13.9. Konstruksi <i>fender</i> .....	353
Gambar 13.10 Komponen <i>Fender</i> .....	354
Gambar 13.11 Konstruksi <i>Cowl dan Dash</i> .....	355
Gambar 13.12 Konstruksi <i>Atap (Roof)</i> .....	355
Gambar 13.13 Konstruksi <i>Pillar</i> Tengah.....	356
Gambar 13.14 Konstruksi Pintu Depan dan Belakang.....	357
Gambar 13.15 Konstruksi Pintu.....	358
Gambar 13.17 Konstruksi door glass, regulator dan door.....	361
Gambar 13.16 Penyetelan engsel dan <i>lock striker</i> pintu .....	361
Gambar 13.18 Konstruksi Deck lid lock.....	362

Gambar 13.19 Konstruksi <i>Deck lid/Boot Lid</i> .....	363
Gambar 13.21 Konstruksi <i>Bumper</i> .....	364
Gambar 13.22 Wind shield.....	365
Gambar 13.23 <i>Konstruksi Pemasangan Roof Head lining</i> .....	366
Gambar 13.24 Bagian <i>headlining roof yang dilem</i> .....	367
Gambar 13.25 Pemasangan <i>retainer</i> .....	368
Gambar 13.25 Penempelan <i>roof headlining pada bodi</i> .....	368
Gambar 13.26 <i>Seats</i> .....	369
Gambar 13.27 Konstruksi Tempat duduk.....	370
Gambar 13.28 Konstruksi Panel Instrumen.....	371
Gambar 13.29 Konstruksi <i>Grill dan Moulding</i> .....	372
Gambar 14.1 Laminated glass .....	374
Gambar 14.2 Peralatan perbaikan kaca.....	376
Gambar 14.3 Sealent gun .....	377
Gambar 14.4 Sealent temperatur rendah dan tinggi .....	377
Gambar 14.5 Tipe pipih, oval dan bulat.....	377
Gambar 14.6 Tipe khusus dan adaptor .....	378
Gambar 14.7 Peralatan mengebor kaca untuk injeksi.....	378
Gambar 14.8 Peralatan perbaikan kaca.....	379
Gambar 14.9 Macam sealent dan sealent gun tipe listrik.....	379
Gambar 14.10 Komponen kaca depan.....	380
Gambar 14.11 Retainer .....	381
Gambar 14.12 Melepas moulding .....	381
Gambar 14.13 Melepas weatherstrip dengan pemanas.....	381
Gambar 14.14 Melepas karet kaca dengan pisau razor.....	382
Gambar 14.15 Melepas karet kaca .....	382
Gambar 14.16 Pemotongan bisa dilakukan sendiri.....	382
Gambar 14.17 Pelepasan Kaca .....	383
Gambar 14.18 Tambang untuk pemasangan kaca depan .....	383
Gambar 14.19 Cara menggunakan sealant gun .....	384
Gambar 14.20 Ujung dari sealant disesuaikan.....	384
Gambar 14.21 Posisi tambang saat akan pemasangan.....	384
Gambar 14.22 Memasukkan tambang ke karet kaca.....	385
Gambar 14.23 Pemukulan kaca ke flange bodi.....	385
Gambar 14.24 Komponen kaca belakang .....	386
Gambar 14.25 Melepas kaca belakang.....	387
Gambar 14.26 Mengangkat kaca dengan vacuum cup.....	388
Gambar 14.27 Alat pengangkat vacuum cup .....	388
Gambar 14.28 Defogger pada kaca belakang.....	389
Gambar 14.29 Konstruksi kaca pintu .....	389
Gambar 14.30 Konstruksi kaca tetap .....	390
Gambar 14.31 Regulator kaca samping.....	390
Gambar 14.32 Konstruksi kaca membuka samping.....	391
Gambar 15.1 Tegangan normal dan tegangan geser .....	394
Gambar 15.2 Regangan linier dan regangan geser .....	395
Gambar 15.3 Diagram regangan tegangan .....	396

Gambar 15.4 Kerusakan bodi akibat tabrakan .....	397
Gambar 15.5 Proses menekuk.....	397
Gambar 15.6 Bagian tekukan memiliki konstruksi lebih kuat .....	398
Gambar 15.7 Bagian dilas dan kompresi akan menjadi kuat .....	398
Gambar 15.8 Menggunakan vacuum cup .....	400
Gambar 15.9 Menggunakan bumping spoon .....	400
Gambar 15.10 Menarik dengan melubangi panel .....	401
Gambar 15.11 Peralatan perbaikan bodi hidrolik .....	402
Gambar 15.12 Panel ditarik dengan baut atau dilubangi .....	402
Gambar 15.13 Menggunakan <i>pry bar</i> .....	403
Gambar 15.14 Teknik <i>on-dolly hammering</i> .....	404
Gambar 15.15 Urutan memukul teknik <i>on-dolly hammer</i> .....	404
Gambar 15.16 Melatih pukulan .....	405
Gambar 15.17 Meratakan plat.....	406
Gambar 15.18 Teknik <i>off-dolly hammer</i> .....	406
Gambar 15.19 Arah pengikiran .....	407
Gambar 15.20 Teknik <i>hot shrinking</i> .....	407
Gambar 15.21 Bentuk plat yang dipanasi .....	408
Gambar 16.1. Baterai .....	411
Gambar 16.2. Konstruksi kabel tegangan rendah.....	412
Gambar 16.3. Kabel pengapian.....	412
Gambar 16.4. Konstruksi kabel berisolasi .....	413
Gambar 16.5 Pelindung Kabel .....	413
Gambar 16.6. Junction Block dan relay block .....	414
Gambar 16.7. Pengaman <i>fusible link</i> , <i>relay</i> dan <i>fuse</i> .....	414
Gambar 16.8. Baut massa pada bodi.....	415
Gambar 16.9. Pemasangan fuse .....	416
Gambar 16.10. Macam Konektor .....	416
Gambar 16.11. Sekring cartridge dan blade.....	417
Gambar 16.12. Fusible link.....	418
Gambar 16.13. Circuit breaker .....	419
Gambar 16.14. Switch (saklar) .....	420
Gambar 16.15. Relay .....	420
Gambar 16.16. Relay, konstruksi dan simbolnya .....	420
Gambar 16.17. Aplikasi relay pada lampu utama.....	421
Gambar 16.18. Wiring Diagram Sederhana .....	421
Gambar 16.19. Contoh simbol-simbol komponen elektronik.....	422
Gambar 16.20. Lampu penerangan .....	422
Gambar 16.21. Lampu belakang .....	423
Gambar 16.22. Dimmer switch .....	423
Gambar 16.23. Lampu utama tipe sealed .....	424
Gambar 16.24. Konstruksi Bola Lampu Biasa dan Halogen .....	424
Gambar 16.25. <i>Coloumb Switch</i> .....	425
Gambar 16.26. Lampu rem .....	425
Gambar 16.27. Lampu sein ketika bekerja.....	426
Gambar 16.28. Lampu kota dan plat nomor .....	426

Gambar 16.29. Lampu hazard ketika bekerja .....	427
Gambar 16.30. Lampu mundur ketika bekerja .....	427
Gambar 16.31. Lampu ruangan ketika bekerja .....	427
Gambar 16.32. Lampu depan.....	428
Gambar 16.33. Menyetel jarak lampu .....	428
Gambar 16.34. Lampu Kombinasi.....	430
Gambar 16.35. Konstruksi <i>wiper</i> depan dan belakang.....	430
Gambar 16.36. <i>Motor wiper</i> .....	431
Gambar 16.37. Gerakan <i>wiper</i> .....	431
Gambar 16.38. Tuas <i>Wiper</i> .....	432
Gambar 16.39. <i>Wiper Blade</i> .....	432
Gambar 16.40. <i>Washer</i> .....	433
Gambar 16.41. <i>Tangki Washer</i> .....	433
Gambar 16.42. <i>Motor Washer</i> .....	434
Gambar 16.43. Circuit diagram <i>motor wiper</i> .....	435
Gambar 16.44. Meter Kombinasi.....	436
Gambar 16.45. <i>Fuel gauge unit (sensor)</i> dan <i>fuel gauge</i> .....	437
Gambar 16.46. <i>Temperatur gauge</i> .....	438
Gambar 16.47. Diagram alir refrigerant.....	440
Gambar 17.1. Kompresor <i>two stage</i> .....	442
Gambar 17.2. Unit kompresor berpengerak motor listrik.....	443
Gambar 17.3. Unit kompresor dengan pengerak motor .....	443
Gambar 17.4. Air pipe line/ saluran pemipaan .....	444
Gambar 17.5. <i>Regulator</i> dan <i>Filter Udara (Transformer)</i> .....	445
Gambar 17.6. Selang Fleksibel <i>spiral</i> .....	446
Gambar 17.7. Selang Fleksibel <i>roll</i> .....	446
Gambar 17.8. Bagian dalam ruang cat ( <i>Spray Booths</i> ).....	447
Gambar 17.9. Ruang Cat ( <i>Spray Booths</i> ) .....	447
Gambar 17.10 Ruang multi fungsi untuk pengecatan dan oven .....	448
Gambar 17.11 Lampu pemanas pada oven.....	449
Gambar 17.12 Prinsip kevakuman .....	449
Gambar 17.13 Atomisasi cat .....	450
Gambar 17.14 Tipe spraygun.....	450
Gambar 17.15 Konstruksi <i>Spraygun</i> .....	451
Gambar 17.16 Setelan fluida.....	451
Gambar 17.17 <i>Fan spreader</i> .....	452
Gambar 17.18 Setelan Udara.....	452
Gambar 17.19 <i>Fluid tip</i> .....	453
Gambar 17.20 Cap .....	453
Gambar 17.21 Kipas.....	454
Gambar 17.22 Kerja <i>spraygun</i> .....	454
Gambar 17.23 Konstruksi <i>spraygun</i> .....	455
Gambar 17.24 <i>Spraygun</i> model <i>pressure-feed</i> .....	456
Gambar 17.25 Kerugian <i>spraygun</i> model <i>pressure-feed</i> .....	457
Gambar 17.26 <i>Spraygun</i> model <i>gravity-feed</i> .....	457
Gambar 17.27 <i>Spraygun</i> model <i>pressure-feed</i> .....	458

Gambar 17.28 Aliran <i>Spraygun</i> Model <i>Pressure-feed</i> .....	458
Gambar 17.29 Tangki Cat <i>Spraygun</i> model <i>Pressure-feed</i> .....	459
Gambar 17.30 <i>Pen Brush Kit</i> .....	459
Gambar 17.31 Blok Tangan .....	460
Gambar 17.32 <i>Sanders</i> Tipe Elektrik .....	460
Gambar 17.33 <i>Sanders</i> Tipe <i>Pneumatic</i> .....	460
Gambar 17.34 Batang pengaduk/ <i>paddle</i> .....	461
Gambar 17.35 <i>Spatula</i> /pisau dempul/kape .....	461
Gambar 17.36 Pistol Udara/ <i>Duster</i> .....	462
Gambar 17.37 <i>Mixing Plate</i> .....	462
Gambar 17.38 Kertas <i>Masking</i> dan Mesin Pemotongnya .....	463
Gambar 17.39 <i>Masker</i> Pernafasan .....	463
Gambar 18.1 Amplas tipe rol dan lembaran.....	465
Gambar 18.2 Permukaan kikis amplas.....	466
Gambar 18.3 Amplas fiber.....	467
Gambar 18.4 <i>Air Polisher</i> .....	468
Gambar 18.5 <i>Masking Paper</i> .....	472
Gambar 18.6 <i>Spesial Masking Cover</i> .....	473
Gambar 18.7 <i>Masking Tape</i> .....	474
Gambar 18.8 <i>Gap Tape</i> .....	475
Gambar 18.9 <i>Masking</i> untuk <i>weatherstrip</i> .....	475
Gambar 19.1 <i>Spot Repainting</i> .....	479
Gambar 19.2 <i>Spot Repainting Reverse Masking</i> .....	479
Gambar 19.3 <i>Masking</i> pintu .....	479
Gambar 19.4 <i>Masking</i> Blok <i>Repainting</i> .....	480
Gambar 19.5 <i>Masking</i> quarter panel .....	480
Gambar 19.6 <i>Masking</i> Ujung Kendaraan .....	481
Gambar 19.7 <i>Border</i> pada gap diantara panel-panel .....	481
Gambar 19.8. <i>Border</i> pada <i>body sealer</i> .....	482
Gambar 19.9 <i>Masking</i> tape pada lebar <i>body sealer</i> .....	482
Gambar 19.10 <i>Border</i> pada garis karakter .....	483
Gambar 19.11 <i>Border</i> pada bagian yang rata .....	483
Gambar 19.12 Bagian Kendaraan yg dimasking lepas .....	484
Gambar 19.13 <i>Border Masking</i> pintu belakang .....	484
Gambar 19.14 <i>Masking</i> pada handel luar pintu belakang .....	484
Gambar 19.15 <i>Masking</i> bagian lipatan pintu belakang .....	485
Gambar 19.16 <i>Masking</i> area belt molding.....	486
Gambar 19.17 <i>Masking</i> bagian luar pintu belakang .....	486
Gambar 19.18 <i>Masking</i> area flange depan pintu belakang.....	487
Gambar 19.19 <i>Masking</i> bagian dalam pintu depan .....	487
Gambar 19.20 Pemasangan <i>vinyl sheet</i> .....	488
Gambar 19.21 <i>Masking</i> tepi belakang pintu depan .....	488
Gambar 19.22 <i>Masking</i> kaca pintu belakang. ....	488
Gambar 19.23 <i>Masking</i> quarter panel kendaraan .....	489
Gambar 19.24 <i>Masking</i> rumah roda dan roda.....	489

Gambar 19.25 Menggerakkan Spray Gun .....	490
Gambar 19.26 Jarak yang sesuai .....	490
Gambar 19.27 Jarak pengecatan.....	491
Gambar 19.28 Posisi penyemprotan.....	491
Gambar 19.29 Kecepatan konstan .....	492
Gambar 19.30 <i>Over lapping vertikal</i> .....	493
Gambar 19.31 <i>Over lapping horizontal</i> .....	493
Gambar 19.32 Pengecatan sudut .....	494
Gambar 19.33 Over lapping pada sambungan .....	494
Gambar 19.34 <i>Spot repainting</i> .....	497
Gambar 19.35 Membersihkan <i>spraygun</i> .....	497

ISBN 978-979-060-051-5  
ISBN 978-979-060-053-9

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 46 Tahun 2007 tanggal 5 Desember 2007 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 19,426.00