



Ambiyar

Teknik Pembentukan Pelat

JILID 3

untuk
Sekolah
Menengah
Kejuruan



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

Anni Faridah, dkk

TEKNIK PEMBENTUKAN PLAT JILID 3

SMK



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

TEKNIK PEMBENTUKAN PLAT JILID 3

Untuk SMK

Penulis Utama : Ambiyar
Arwizet
Nelvi Erizon
Purwantono
Thaufiq Pinat
Editor : Rizal Sani
Penilai : Yudhi Pratama
Khaidir
Perancang Kulit : Tim
Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

AMB AMBIYAR

t Teknik Pembentukan Plat Jilid 3 untuk SMK /oleh Ambiyar,
Arwizet, Nelvi Eizon, Puwantoro, Thaufiq Pinat ---- Jakarta :
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat
Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah,
Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
viii. 289 hlm
Daftar Pustaka : A1-A4
Glosarium : B1-B5
ISBN : 978-979-060-101-7
978-979-060-104-8

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 kehadirat 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, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 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.

Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, 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 ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. 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, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Tuhan Yang Maha Esa dapatlah diselesaikan buku Teknik Pembentukan. Judul buku ini adalah Teknik Pembentukan yang isinya mengacu pada Kurikulum SMK 2004, Program Keahlian Teknik Pembentukan dengan merujuk kepada Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Sektor Logam dan Mesin (SKKNI-LM). Buku ini diperuntukkan bagi siswa-siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) serta kalangan praktisi di dunia teknik pembentukan.

Dalam penyelesaian buku ini tidak lepas bantuan dari berbagai pihak yang telah diberikan. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada Bapak Dr. Joko Sutrisno Direktur Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) beserta staf yang telah memberikan arahan dan kesempatan untuk membuat buku ini. Selanjutnya kepada Bapak Drs. Rizal Sani, M. Pd, selaku editor yang telah memberikan bimbingan dan saran-saran dalam penyempurnaan buku ini serta kepada Tim BSNP yang telah memberikan penilaian terhadap penulisan buku ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Rektor, Dekan, Ketua Jurusan Teknik Mesin FT- UNP serta kepada rekan-rekan, teknisi dan mahasiswa, Rivelino, Yudhi Pratama, Khaidir, Marataon dan kepada semua pihak. Atas bantuan yang telah diberikan semoga mendapat rahmat dari Tuhan YME.

Kami menyadari masih banyak kelemahan dan kekurangan dalam penulisan buku ini. Oleh karena itu, kami mengharapkan masukan dari berbagai pihak dalam rangka perbaikan buku ini untuk masa datang.

Terakhir, semoga dengan kehadiran buku ini bermanfaat bagi bangsa dan negara serta para pembaca.

Hormat kami

Penulis

SINOPSIS

Buku teknik pembentukan memberikan pengetahuan tentang kajian di bidang teknik mesin, yaitu teknologi proses pembentukan. Buku ini berisi 11 (sebelas) bab yang meliputi: (1) Pendahuluan yang berisikan sejarah perkembangan teknik pembentukan, (2) Keselamatan kerja meliputi keselamatan manusia, mesin dan peralatan serta lingkungan, (3) Pengetahuan bahan menyangkut pengetahuan berbagai unsur logam, non logam serta logam paduan disertai teknik pengolahan bahan serta perlakuannya, (4) Gambar bentangan berisi pengetahuan tentang teknik menggambar, konstruksi geometri, teknik bentangan, teknik perpotongan sambungan bidang gambar, (5) Alat ukur dan alat penandai berisi pengetahuan tentang berbagai alat ukur dan alat penandai yang dipakai dalam teknik mesin., (6) Perkakas tangan dalam pembentukan berisi pengetahuan tentang berbagai peralatan pada bengkel kerja mesin, teknik cara menggunakan alat, dan pemeliharaannya, (7) Metode penyambungan las menyangkut konstruksi sambungan, jenis-jenis sambungan dan berbagai metode penyambungan, serta teknik kerja dalam penyambungan, (8) Metode pemotongan berisi pengetahuan tentang dasar-dasar proses pemotongan, peralatan potong dan teknik pemotongan, (9) Proses pembentukan menyangkut prinsip dasar proses pengerjaan dingin, (10) Pembentukan panas meliputi peralatan utama, alat bantu dan landasan serta teknik pengerjaannya (11) Metode perakitan berisi pengetahuan dasar-dasar perakitan dan proses perakitan.

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	i
KATA PENGANTAR	ii
SINOPSIS	iii
DAFTAR ISI	iv
PETA KOMPETENSI	viii
 BUKU JILID 1	
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Sejarah Perkembangan Teknologi Pembentukan Pelat	1
1.2. Ruang Lingkup	7
1.3. Rangkuman	43
1.4. Soal Latihan	46
 BAB 2. KESELAMATAN KERJA	47
2.1. Kenali Pekerjaan Yang Berbahaya	49
2.2. Alat Keselamatan dan Kerja Secara Umum	56
2.3. Keselamatan Kerja Sebelum, Sewaktu dan Selesai Bekerja	67
2.4. Rangkuman	68
2.5. Soal Latihan	69
 BAB 3. PENGETAHUAN BAHAN	71
3.1. Pendahuluan	71
3.2. Pemilihan Bahan.....	72
3.3. Pengelompokan Bahan	73
3.4. Beberapa Aspek Penting Dalam Ilmu bahan	73
3.5. Logam Besi (Ferro) dan Bukan Besi (Non Ferro)	74
3.6. Bahan Non Logam	82
3.7. Pembuatan Pelat Baja Tipis dan Pelat Baja Tebal	85
3.8. Penyepuhan dan Pelunakan Baja	101
3.9. Jenis dan Bentuk Bahan yang banyak Diperjualbelikan di Pasar	103
3.10. Jenis Dimensi dan Bentuk Pelat	106
3.11. Bahan Pelat Aluminium	110
3.12. Bahan Pelat Tembaga	118
3.13. Bahan Pelat Kuningan	121
3.14. Bahan Pelat Baja Khusus (Baja Paduan)	123
3.15. Bahan Pelat Baja Stainless Steel (Baja Tahan Karat)	129
3.16. Pengaruh Masukan Panas Terhadap Sifat Mekanis Sambungan Las Antara Baja Karbon Rendah Dengan Baja Stainless. Korosi Pada Pelat dan Cara Pencegahannya	139

3.17. Korosi Pada Pelat dan Cara Pencegahannya	140
3.18. Rangkuman	149
3.19. Soal Latihan	153

BUKU JILID 2

BAB 4. GAMBAR BENTANGAN	155
4.1. Gambar Sebagai Bahasa Teknik	155
4.2. Fungsi Gambar	156
4.3. Pengembangan Gambar dan Keadaan Teknik	156
4.4. Sifat-sifat Gambar	157
4.5. Kerangka dan Bidang-Bidang Kerja ISO/TC10	160
4.6. Peralatan Menggambar Teknik	162
4.7. Perkembangan Kebutuhan Gambar Bentangan	167
4.8. Konstruksi Geometri	169
4.9. Proyeksi	177
4.10. Bukaan	189
4.11. Menentukan Panjang Sejati Garis (true length)	207
4.12. Profil Bola/Membentangkan Bola	224
4.13. Perpotongan	226
4.14. Contoh Aplikasi Gambar Teknik	230
4.15. Rangkuman	234
4.16. Soal Latihan	235
BAB 5. ALAT UKUR DAN ALAT PENANDAI	239
5.1. Alat Ukur	239
5.2. Melukis dan Menandai	297
5.3. Rangkuman	328
5.4. Soal Latihan	329
BAB 6. PERKAKAS TANGAN DALAM PEMBENTUKAN	331
6.1. Ragum	331
6.2. Palu (<i>Hammer</i>)	335
6.3. Tang (<i>Plier</i>)	338
6.4. Kikir	340
6.5. Gergaji Tangan	353
6.6. Pahat Tangan	354
6.7. Skrap Tangan	360
6.8. Tap dan Snei	366
6.9. Pemerluas Lubang (<i>Reamer</i>)	375
6.10. Rangkuman	377
6.11. Soal Latihan	380

BUKU JILID 3

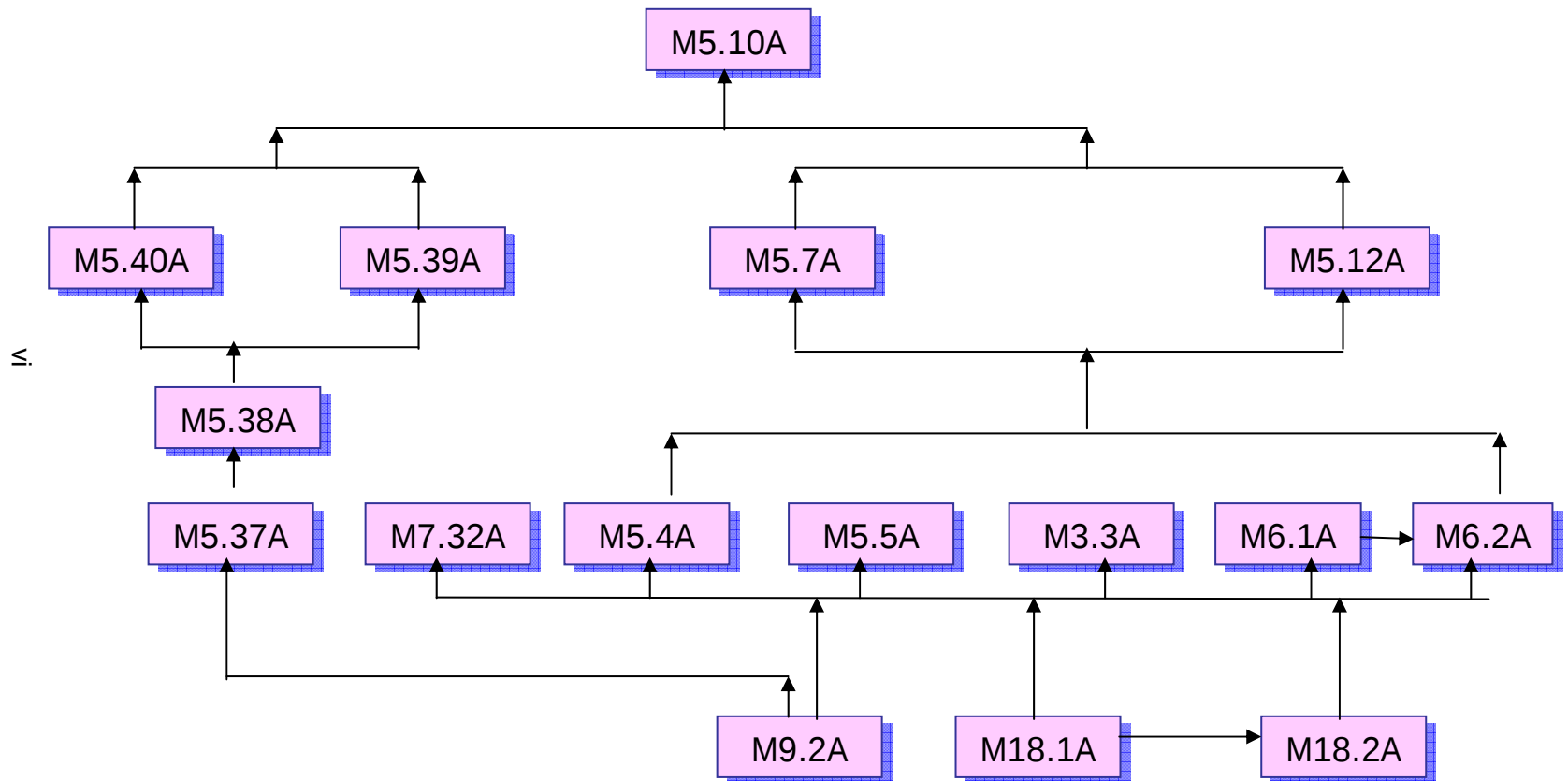
BAB 7. METODE PENYAMBUNGAN	381
7.1. Konstruksi Sambungan	381
7.2. Sambungan Lipat	383
7.3. Sambungan Keling	388

7.4.	Solder/Patri	394
7.5.	Las Resistansi (tahanan)	402
7.6.	Metode Penyambungan Las Busur Listrik	407
7.7.	Penyambungan dengan Las Oxy Asitelin	431
7.8.	Pengenalan Las TIG (Tungsten Inert Gas)/GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)	447
7.9.	Pengenalan Las MIG (Metal Inert Gas Arc Welding)/Gas Metal Arc Welding (GMAW)	468
7.10.	Sambungan Skrup/Baut dan Mur	492
7.11.	Rangkuman	493
7.12.	Soal Latihan	495
BAB 8.	METODE PEMOTONGAN	497
8.1.	Dasar-Dasar Proses Pemotongan	497
8.2.	Pemotongan Dengan Peralatan Tangan	499
8.3.	Pemotongan Dengan Mesin Gergaji Pita	512
8.4.	Pemotongan Dengan Mesin Gulletine	513
8.5.	Pemotongan Dengan Mesin Potong Hidrolik	516
8.6.	Pemotongan Dengan Mesin Gunting Putar..... /Lingkaran	518
8.7.	Pemotongan Dengan Mesin Potong Profil	520
8.8.	Pemotongan Dengan Gerinda	521
8.9.	Pemotongan Dengan Gas	522
8.10.	Pemotongan Dengan Tenaga Laser	526
8.11.	Keselamatan Kerja dalam Pemotongan	528
8.12.	Rangkuman	528
8.13.	Soal Latihan	529
BAB 9.	PROSES PEMBENTUKAN PLAT	531
9.1.	Proses Pengerjaan Dingin	532
9.2.	Keuntungan Proses Pengerjaan Dingin	535
9.3.	Spring Back	540
9.4.	Pembentukan Secara Manual	542
9.5.	Peralatan Utama Alat Bantu, dan Landasan	543
9.6.	Teknik Pemukulan	549
9.7.	Proses Tekuk/Lipat	554
9.8.	Proses Pengerolan	562
9.9.	Proses Streching (Peregangan)	575
9.10.	Proses Blanking	580
9.11.	Proses Deep Drawing	586
9.12.	Proses Squeezing (Tekanan)	598
9.13.	Proses Spinning	602
9.14.	Penguatan Pelat	607
9.15.	Rangkuman	611
9.16.	Soal Latihan	613
BAB 10.	PEMBENTUKAN PANAS	615

10.1. Proses Pengerjaan Panas	615
10.2. Sifat Logam Pada Temperatur Tinggi	616
10.3. Mekanisme Pelunakan Pada Pengerjaan Panas	616
10.4. Tempa	618
10.5. Ekstrusi	637
10.6. Kriteria Pembentukan	640
10.7. Cacat Pada Produk Pembentukan	644
10.8. Rangkuman	646
10.9. Soal Latihan	647
 BAB 11. METODE PERAKITAN (Assembling Methods)	 649
11.1. Dasar-Dasar Perakitan	649
11.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perakitan	650
11.3. Prosedur Perakitan	652
11.4. Metode Perakitan	652
11.5. Aplikasi Perakitan	654
11.6. Rangkuman	668
11.7. Soal Latihan	669
 DAFTAR PUSTAKA.....	
DAFTAR ISTILAH/GLOSARY	
DAFTAR GAMBAR.....	
DAFTAR TABEL	

DIAGRAM PENCAPAIAN KOMPETENSI TEKNIK PEMBENTUKAN

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 dengan memperhatikan tata urutan/tahapan logis pemebelajaran kompetensi kejuruan digambarkan sbb:

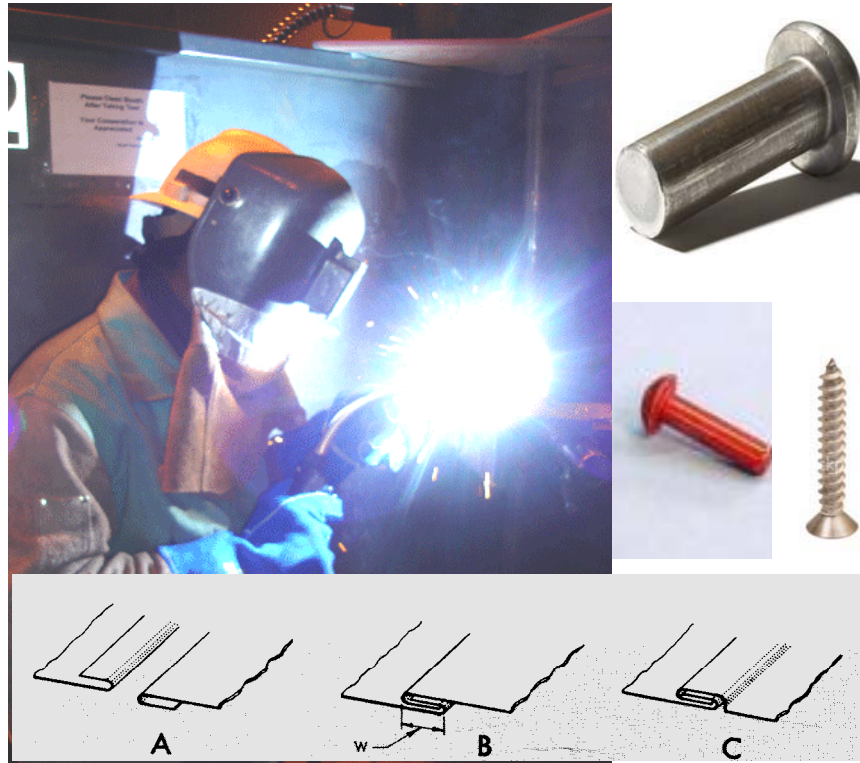


PETA KOMPETENSI

Kode	Kompetensi Kejuruan
M.9.2A	Membaca gambar teknik
M.5.37A	Gambar bukaan/bentangan geometri
M.18.1A	Menggunakan perkakas tangan
M.5.4A	Melakukan rutinitas las oksi-asetilin
M.5.12A	Melakukan rutinitas pengelasan menggunakan las busur manual
M.5.38A	Gambar bukaan/bentangan geometri, geometri lanjut benda selinder/persegi panjang
M.18.2A	Menggunakan perkakas tangan bertenaga operasi digenggam
M.5.5A	Melakukan pemotongan secara mekanik
M.5.7A	Pemanasan, pemotongan panas dan gauging secara manual
M.3.3A	Merakit pelat dan lembaran
M.7.32A	Menggunakan mesin untuk operasi dasar
M.5.39A	Gambar bukaan/bentangan geometri, geometri lanjut benda kerucut/konis
M.5.40A	Gambar bukaan/bentangan geometri lanjut benda transisi
M.5.10A	Melakukan fabrikasi, pembentukan, pelengkungan dan pencetakan
M.6.1A	Menempa dengan tangan
M.6.2A	Menempa dengan palu besi

BAB. 7

METODE PENYAMBUNGAN



7.1. Konstruksi Sambungan

Penyambungan logam adalah suatu proses yang dilakukan untuk menyambung 2 (dua) bagian logam atau lebih. Penyambungan bagian-bagian logam ini dapat dilakukan dengan berbagai macam metoda sesuai dengan kondisi dan bahan yang digunakan. Setiap metoda penyambungan yang digunakan mempunyai keuntungan tersendiri dari metoda lainnya, sebab metoda penyambungan yang digunakan pada suatu konstruksi sambungan harus disesuaikan dengan kondisi yang ada, hal ini mengingat efisiensi sambungan.

Pemilihan metoda penyambungan yang tepat dalam suatu konstruksi sambungan harus dipertimbangkan efisiensi sambungannya, dengan mempertimbangkan beberapa faktor diantaranya: faktor proses pengerjaan sambungan, kekuatan sambungan, kerapatan sambungan, penggunaan konstruksi sambungan dan faktor ekonomis.

7.1.1. Proses Pengerjaan Sambungan

Proses pengerjaan sambungan yang dimaksud adalah bagaimana pengerjaan konstruksi sambungan itu dilakukan seperti: sambungan untuk konstruksi tangki dari bahan pelat lembaran. Untuk menentukan sambungan yang cocok dengan kondisi tangki ini ada beberapa alternatif persyaratan. Persyaratan yang paling utama adalah tangki ini tidak boleh bocor. Tangki harus tahan terhadap tekanan. Proses penyambungannya hanya dapat dilakukan dari sisi luar dan sebagainya. Jika dipilih sambungan baut dan mur kurang sesuai, sebab sambungan ini kecenderungan untuk bocor besar terjadi. Sambungan lipat akan sulit dilakukan sebab tangki yang dikerjakan cukup besar dan bahannya juga cukup tebal, sehingga akan sulit untuk dilakukan pelipatan. Persyaratan yang paling sesuai untuk kondisi tangki ini adalah sambungan las. Sambungan las mempunyai tingkat kerapatan yang baik serta mempunyai kekuatan sambungan yang memadai. Di samping itu segi operasional pengerjaan sambungan konstruksi las lebih sederhana dan relatif murah, maka yang paling mendekati sesuai untuk konstruksi tangki ini adalah sambungan las.

7.1.2. Kekuatan Sambungan

Contoh pertimbangan penggunaan sambungan ini adalah pembuatan tangki. Dengan persyaratan seperti pada uraian di atas, maka pemilihan metoda penyambungan yang cocok untuk tangki jika ditinjau dari sisi kekuatannya adalah sambungan las. Sambungan las ini mempunyai tingkat efisiensi kekuatan sambungan yang relatif lebih baik jika dibandingkan dengan sambungan yang lainnya.

7.1.3. Kerapatan Sambungan

Tangki biasanya digunakan untuk tempat penyimpanan cairan maka pemilihan sambungan yang tahan terhadap kebocoran ini diantaranya adalah sambungan las. Kriteria sambungan las ini merupakan pencairan kedua bagian bahan logam yang akan disambung ditambah dengan bahan tambah untuk mengisi celah sambungan. Pencairan bahan dasar dan bahan tambah ini menjadikan sambungan las lebih rapat dan tahan terhadap kebocoran.

7.1.4. Penggunaan Konstruksi Sambungan

Penggunaan dimana konstruksi sambungan las itu akan digunakan juga merupakan pertimbangan yang tidak dapat diabaikan apalagi jika konstruksi tersebut bersentuhan dengan bahan makanan. Kemungkinan lain jika konstruksi sambungan

tersebut digunakan untuk penyimpanan bahan kimia yang sangat mudah bereaksi dengan bahan logam.

Untuk konstruksi tangki yang digunakan sebagai bahan tempat penyaluran minyak, maka sambungan las masih sesuai dengan penggunaan konstruksi tangki ini.

7.1.5. Faktor Ekonomis

Faktor ekonomis yang dimaksud dalam pemilihan untuk konstruksi sambungan ini adalah dipertimbangkan berdasarkan biaya ke-seluruhan dari setiap proses penyambungan. Biaya ini sejalan dengan ketersediaan bahan-bahan, mesin yang digunakan juga transportasi dimana konstruksi tersebut akan di instal. Besar kecilnya konstruksi sambungan dan volume kerja sambungan juga menjadi bahan pertimbangan secara keseluruhan

Contoh pemilihan metoda yang tepat untuk suatu konstruksi sambungam dapat dilihat pada perakitan *file cabinet*. Metoda perakitan *file cabinet* yang digunakan adalah metoda penyambungan dengan las titik. Pertimbangan pemilihan ini mengingat proses penyambungan dengan las titik ini sederhana, mempunyai kekuatan sambungan yang baik dan hasil penyambungannya tidak menimbulkan cacat pada plat.

Metoda-metoda penyambungan yang umum digunakan untuk kostruksi sambungan plat-plat tipis ini diantaranya :

1. Metoda penyambungan dengan lipatan
2. Metoda penyambungan dengan keling
3. Metoda penyambungan dengan solder
4. Metoda penyanmbungan dengan las titik
5. Metoda las busur
6. Metoda las oksi-asetilen
7. Metoda penyambungan baut dan mur

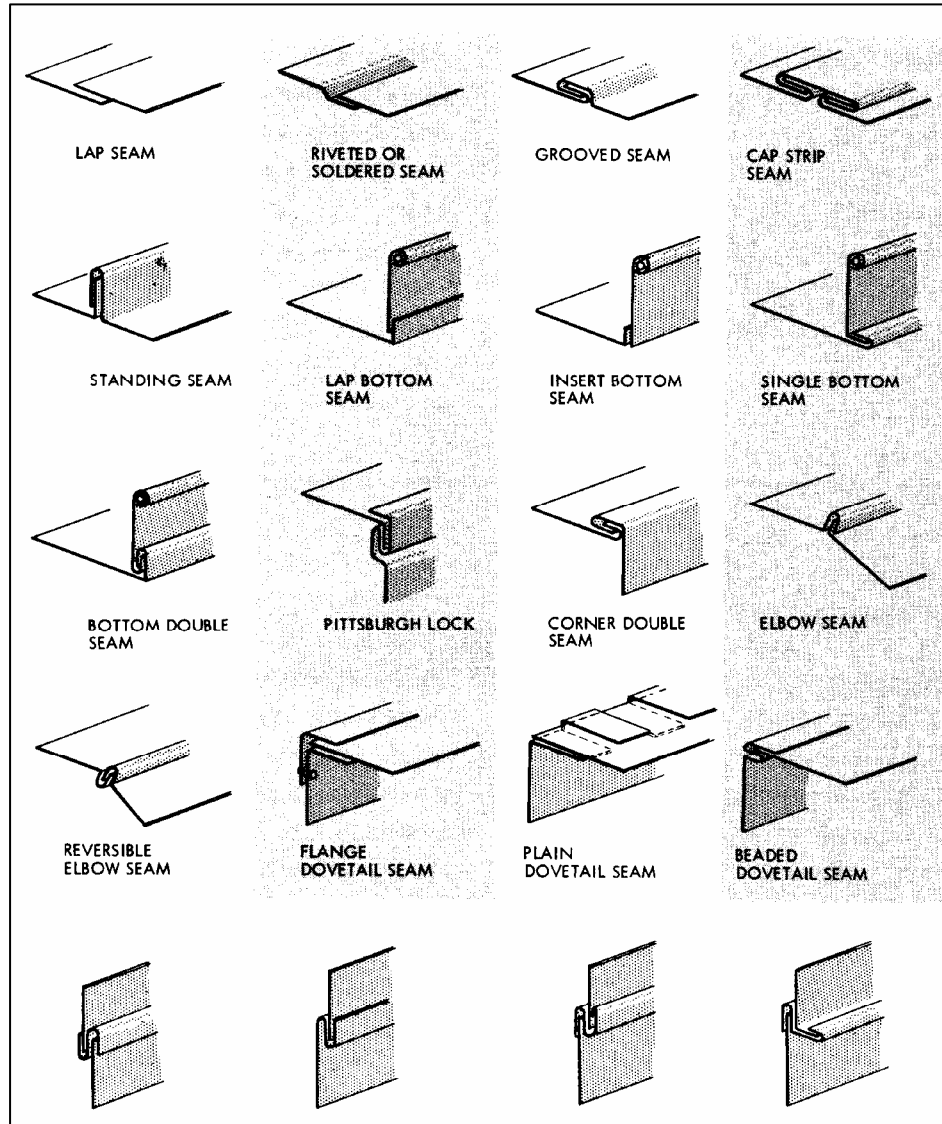
Masing-masing metoda penyambungan ini mempunyai proses pengerjaan yang berbeda-beda.

7.2. Sambungan lipat

Sambungan pelat dengan lipatan ini sangat baik digunakan untuk konstruksi sambungan pelat yang berbentuk lurus dan melingkar. Ketebalan pelat yang baik disambung berkisar di bawah 1 (satu) mm, sebab untuk penyambungan pelat yang mempunyai ketebalan di atas 1 mm akan menyulitkan untuk proses pelipatannya.

Proses penyambungan pelat dengan metoda pelipatan ini dapat dilakukan secara manual di atas landasan-landasan pelat dan mesin-mesin pelipat.

7.2.1. Jenis-Jenis Sambungan Lipat

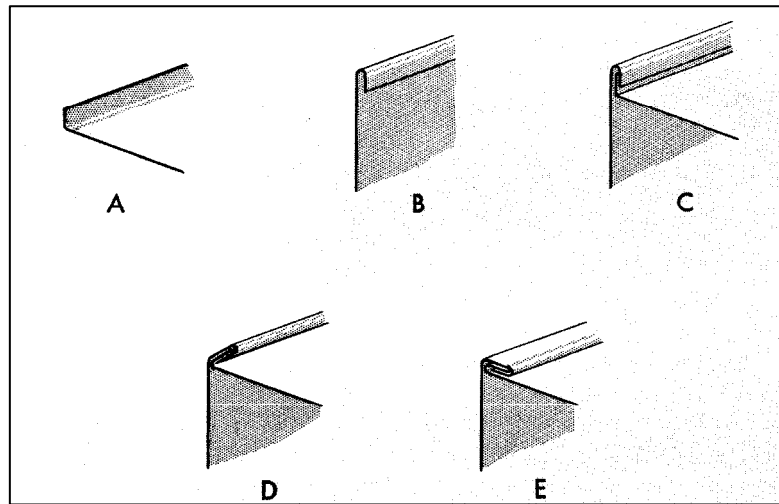


Gambar 7.1. Jenis-jenis sambungan pada pelat
(Meyer, 1975)

Jenis-jenis sambungan pelat ini diantaranya:

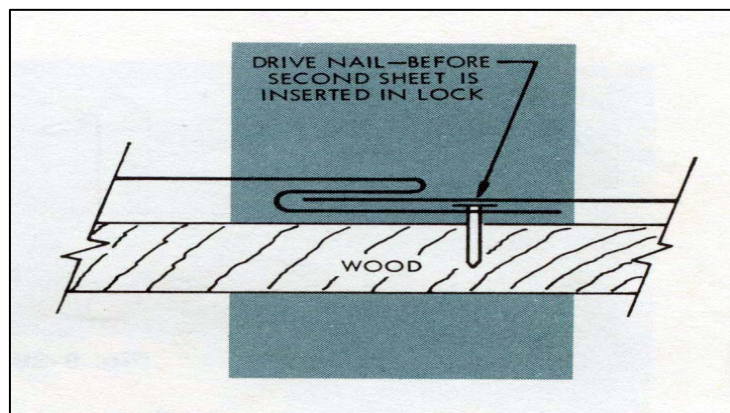
- Sambungan berimpit (*lap seam*)
- Sambungan berimpit dengan solder (*soldered seam*)
- Sambungan lipat (*grooved seam*)

- Sambungan bilah (*cap strip seam*)
- Sambungan tegak (*standing seam*)
- Sambungan alas luar (*lap bottom seam*)
- Sambungan alas dalam (*insert bottom seam*)
- Sambungan alas tunggal (*single bottom seam*)
- Sambungan alas ganda (*double bottom seam*)
- Sambungan sudut ganda (*corner double seam*)
- Sambungan siku (*elbow seam*)
- Sambungan siku timbal balik (*reversible elbow seam*)
- Sambungan sudut tepi (*flange dovetail seam*)



Gambar 7.2. Langkah-langkah pengerjaan sambungan alas ganda

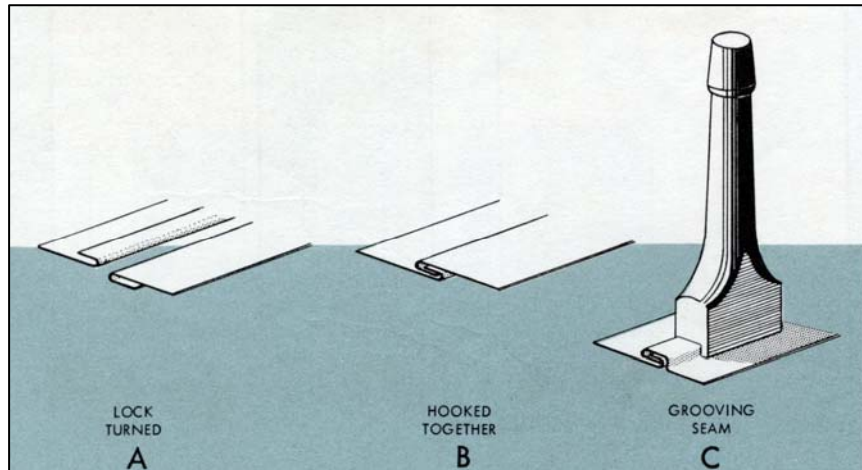
- Pelat ditekuk menjadi siku
- Pelat ditekuk kembali dengan jarak tekuk setebal pelat
- Sambungkan pelat tegak dengan pelat alas
- Kedua pelat bersamaan ditekuk



Gambar 7.3 Sambungan berimpit

Proses pengerjaan sambungan berimpit ini dilakukan dengan tahapan berikut:

- Tekuk kedua sisi pelat yang akan disambung sampai membentuk seperti lipatan
- Sambungkan kedua pelat menjadi rapat
- Kuatkan sambungan dengan alat pembentuk sambungan

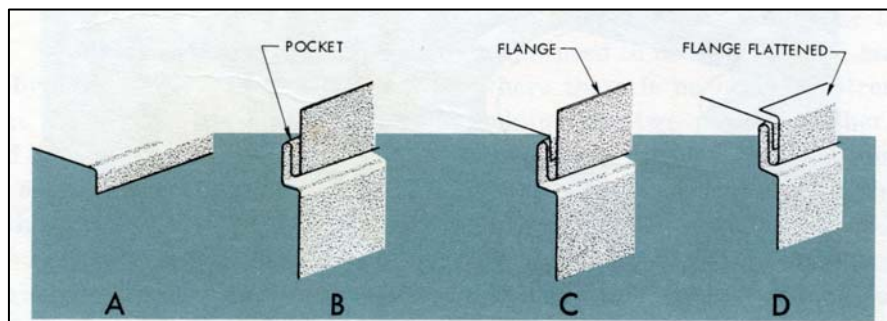


Gambar 7.4. Penguatan sambungan berimpit
(Meyer, 1975)

Sambungan sudut

Proses pengerjaan sambungan sudut :

- Tekuk kedua sisi pelat yang akan disambung atau seperti pada proses penyambungan lipat yang sudah diberi penguatan dengan bar
- Setelah sambungan terbentuk tekuk bagian yang berlebih pada sisi atas pelat lihat gambar 7.5
- Rapikan dan ratakan pemukulan pada sambungan pelat yang terbentuk.

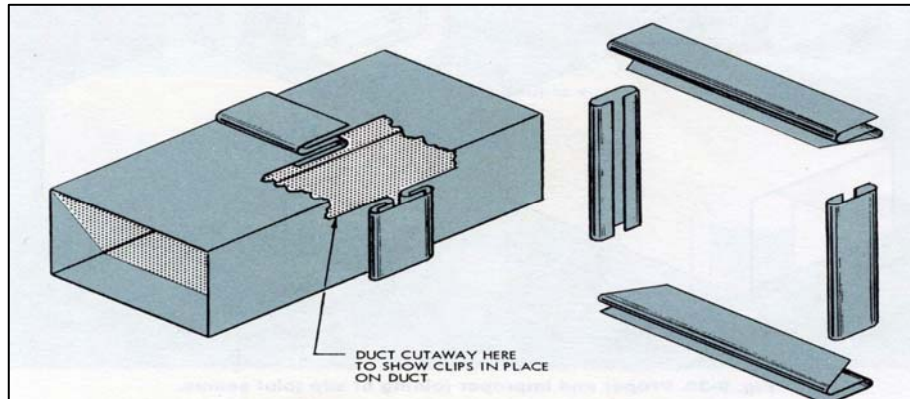


Gambar 7.5. Sambungan sudut alas

Sambungan untuk bodi

Proses pengerjaan sambungan bodi atau kotak saluran segiempat:

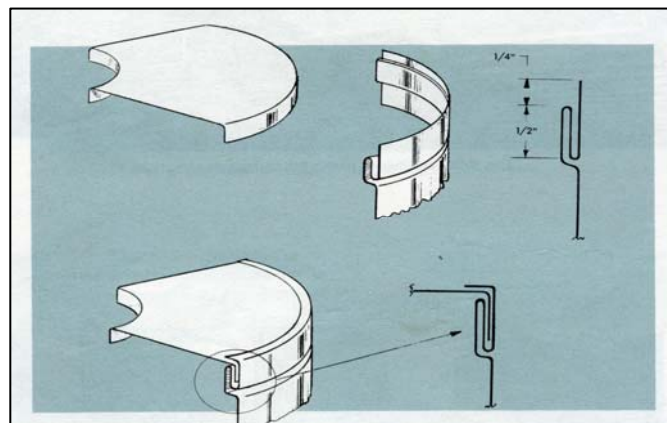
- Tekuk keempat sisi saluran dari kedua saluran yang akan disambungkan
- Buat bilah sambungan sesuai dengan panjang dan besarnya lipatan yang direncanakan.
- Rapatkan kedua saluran dan sorong dari tepi bilah yang sudah terbentuk sampai sambungan saluran tersebut tertutup.
- Lakukan penyambungan untuk sisi-sisi pelat yang lainnya.
- Setelah terbentuk sambungan lakukan pemukulan penguatan sambungan sampai merata.



Gambar 7.6. Sambungan bilah

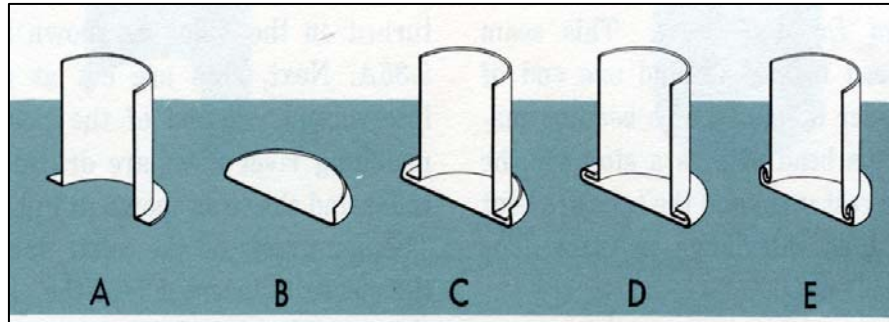
Sambungan untuk tutup melengkung.

Sambungan lengkung pada prinsipnya hampir sama dengan sambungan siku. Tetapi yang menjadi kendala biasanya pada proses penekukan bidang lengkung. Pemukulan bidang lengkung ini sebaiknya dilakukan secara bertahap.



Gambar 7.7. Sambungan Tutup melengkung
(Meyer,1975)

Sambungan alas silinder



Gambar 7.8. Langkah pembentukan sambungan alas silinder
(Lyman, 1968)

7.2.2. Proses Pengerjaan Sambungan Lipat

Lebarnya lipatan sambungan yang digunakan disesuaikan dengan ketebalan pelat dan jenis pelat yang digunakan. Untuk konstruksi sambungan lipatan ini dengan ketebalan pelat di bawah 1 mm, lebar lipatan yang digunakan berkisar antara 3 – 5 mm.

Untuk mendapatkan hasil sambungan lipatan yang baik dibutuhkan ketelitian dan ketekunan serta memperhitungkan radius lipatan. Permukaan pelat pada daerah sambungan juga sangat berpengaruh terhadap kualitas sambungan.

Apabila sambungan lipatan pelat dipukul tidak merata atau menimbulkan cacat bekas pukulan maka kualitas sambungan akan buruk.

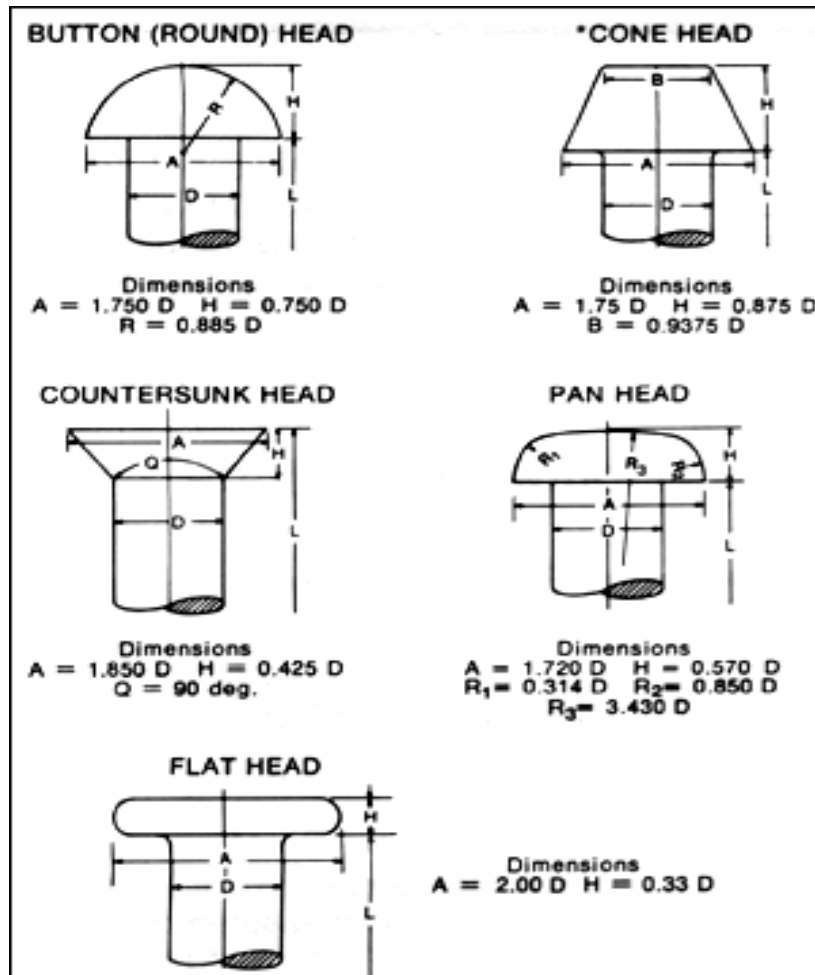
7.3. Sambungan Keling

7.3.1. Sambungan Keling Biasa (Rivet)

Riveting adalah suatu dari metoda penyambungan yang sederhana. Penggunaan metoda penyambungan dengan *riveting* ini sangat baik digunakan untuk penyambungan pelat-pelat aluminium, sebab plat plat aluminium ini sangat sulit disolder atau dilas.

Dari metoda-metoda lain yang digunakan untuk proses penyambungan aluminium metoda *riveting* inilah yang sangat sesuai digunakan, dan mempunyai proses pengerjaan yang mudah dilakukan.

Jenis-jenis *rivet* dibagi *menurut* bentuk kepalanya (lihat gambar 7.9)



Gambar 7.9. Jenis-jenis kepala paku keling

Rivet atau dalam istilah sehari-hari sering disebut paku keling adalah suatu metal pin yang mempunyai kepala dan tangkai *rivet*. Bentuk dan ukuran dari *rivet* ini telah dinormalisasikan menurut standar dan kodenya.

Pengembangan penggunaan rivet dewasa ini umumnya digunakan untuk pelat-pelat yang sukar dilas dan dipatri dengan ukuran yang relatif kecil.

Setiap bentuk kepala rivet ini mempunyai kegunaan tersendiri, masing-masing jenis mempunyai kekhususan dalam penggunaannya.

Pada tabel berikut dapat dilihat dimensi rivet menurut Metrics Rivets B.S 4620

Tabel 7.1. Dimensi rivet B.S 4620

Panjang nominal rivet	Diameter Nominal (d)														
	1	1,2	1,6	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	12	14
3		x	x	X	X	x									
4	x					x									
5	x					x									
6	x					x		x	x	x					
8	x					x		x		x					
10	x					x		x		x		x			
12	x					x		x		x		x			
14	x					x		x		x		x	x		
16	x	x	x	x	X	x		x		x		x	x		
18			x		X	x		x	x	x		x	x		
20	x	x		x		x			x	x		x	x		
22			x		X	x		x	x	x		x	x		
25			x		X	x		x	x	x		x	x	x	
28									x	x		x	x		
30									x	x		x	x	x	
32															
35									x	x		x	x	x	
38									x	x		x	x		
40													x	x	x
45										x		x	x		x
50												x	x	x	x
55														x	x
60														x	x
65															x
70															x
75														x	x

(British Standard 4620)

7.3.2. Paku Tembak (Blind Rivet Spesial)

Rivet spesial adalah *rivet* yang pemasangan kepala bawahnya tidak memungkinkan menggunakan *bucking* bar. Penggunaan *rivet* jenis ini dikarnakan terlalu sulit kondisi tempat pemasangan *bucking* bar pada sisi shop headnya, sehingga sewaktu pembentukan kepala shopnya tidak dapat menggunakan *bucking* bar. Dari kenyataannya inilah diperlukan *rivet* spesial yang pemasangan hanya dilakukan pada salah satu sisi saja.

Kekuatan *rivet* spesial ini tidak sepenuhnya diperlukan dan rivet tipe ini lebih ringan beratnya dari *rivet-rivet* yang lain. Rivet spesial diproduksi oleh pabrik dengan karakteristik tersendiri.

Demikian pula untuk pemasangan dan pembongkarannya memerlukan peralatan yang khusus atau spesial.

Komposisi *rivet* spesial ini mengandung 99,45 % aluminium murni, sehingga kekuatannya tidak menjadi faktor utama. Dimensi *rivet* spesial ini dapat dilihat pada tabel berikut menurut standar diamond brand.

Tabel 7.2. Dimensi Spesial Blind Rivet

No – Kode	Diameter Flens	Diameter Lobang bor	Tebal Revetting	
			diameter Kepala rivet	Kep. Countersink
DB – 320	2,4	2,5	0,5 – 1,8	
DB – 329		2,6	1,8 – 4,3	
DB – 420	3,2	3,3	0,5 – 1,7	0,7 – 2,5
DB – 423			1,8 – 2,5	2,5 – 3,3
DB – 429			2,5 – 4,3	3,3 – 5,1
DB – 435			4,3 – 5,5	5,1 – 6,6
DB – 440		3,4	5,8 – 7,1	6,6 – 7,9
DB – 518	4,0	4,1	0,5 – 1,3	
DB – 523			1,3 – 2,5	2,0 – 3,3
DB – 529			2,5 – 4,1	3,3 – 3,8
DB – 537			4,1 – 5,8	4,8 – 6,6
DB – 545		4,2	5,8 – 7,9	
DB – 550			7,9 – 9,1	6,9 – 9,9
DB – 625	4,8	4,9	0,5 – 2,3	
DB – 629			2,3 – 3,3	
DB – 635			3,3 – 4,8	
DB – 640			4,8 – 5,6	
DB – 649			5,6 – 7,6	
DB – 657			7,6 – 9,7	
DB – 665			9,7 – 1"2	
DB – 675		5,0	12 - 14	

(Diamond Brand Rivet, 2005)

Bentuk dari *rivet* special dapat dilihat dari gambar berikut:

✓ **Bentuk Paku Tembak (*blind rivet*)**

Gambar 7.10. Paku Tembak (*blind rivet*)

✓ **Teknik dan prosedur riveting**

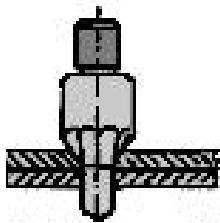
Teknik dan prosedur pemasangan *rivet* pada konstruksi sambungan meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

- Membuat gambar *layout* pada pelat yang akan di bor dengan menandai setiap lobang pengeboran menggunakan *centerpunch*.
- Mata bor yang digunakan harus tajam sesuai dengan ketentuan sudut mata bor untuk setiap jenis bahan yang akan dibor .
- Pengeboran komponen-komponen yang dirakit harus dibor dengan posisi tegak lurus terhadap komponen yang akan dirivet. Komponen yang dibor sebaiknya dijepit, untuk menghindari terjadinya pergeseran komponen selama pengeboran.
- Pengeboran awal dilakukan sebelum pengeboran menurut diameter rivet yang sebenarnya. *Pre hole* (lobang awal) yang dikerjakan ukurannya lebih kecil daripada diameter rivet
- Teknik pemasangan rivet

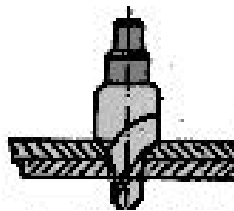
✓ **Pemasangan rivet countersink**

Pemasangan rivet tipe *countersink* ini dapat dilakukan dengan machine *countersink* atau *dimpling*. Pengerjaan dengan mesin countersink umumnya digunakan untuk pelat-pelat yang tebal. Dan pengerjaan dimpling digunakan pada pelat-pelat yang relatif tipis. Pemasangan *rivet* dengan mesin *countersink*.

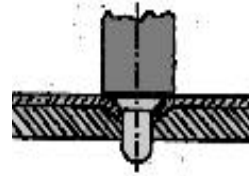
Pembentukan sisi pelat yang akan disambung pada *rivet countersink* ini dapat digunakan alat *pilot countersink* atau dengan *countersink drill bit*. Kedua alat ini dapat dipasang pada mesin bor atau pada bor tangan. Penggunaan alat *countersink* ini dilakukan setelah pelat yang akan disambung dideburring terlebih dahulu.



Gambar 7.11. Pilot countersink



Gambar 7.12. Drill Bit countersink



Gambar 7.13. Pemasangan Rivet countersink

✓ **Dimpling**

Pelat-pelat yang tipis penggunaan *rivet countersink* dapat dilakukan dengan cara *dimpling*. Penggunaan *dimpling* ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

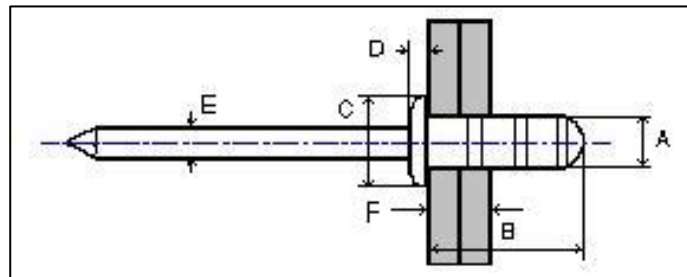
✓ **Pemasangan rivet spesial**

Prosedur awal pemasangan rivet spesial ini sama halnya dengan pemasangan rivet lainnya. Tetapi pada pemasangan rivet spesial ini menggunakan alat yakni tang penembak rivet (*gun rivet*).

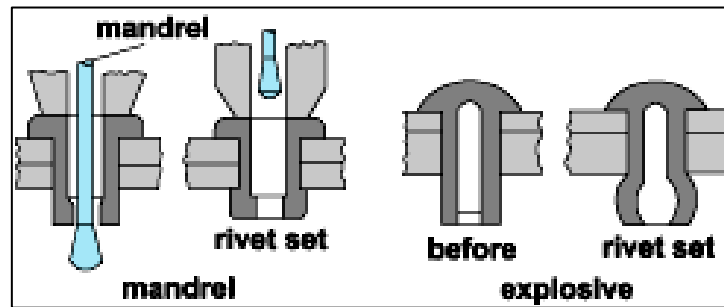
Pada gambar di bawah berikut dapat dilihat pemasangan rivet ini.



Gambar 7.14. Gun Blind Rivet



Gambar 7.15. Pemasangan Paku Tembak



Gambar 7.16. Proses Pemasangan
(Dickason, 1978)

- Langkah awal pemasangan rivet ini adalah dengan mengebor terlebih dahulu kedua pelat yang akan disambung
- Lobang dan penggunaan mata bor disesuaikan dengan diameter rivet yang digunakan.
- Bersihkan serpihan bekas pengeboran pada pelat.
- Masukkan rivet diantara kedua pelat .
- Tarik rivet dengan memasukan inti rivet pada penarik yang ada di gun rivet.
- Penarikan dilakukan dengan menekan tangkai gun secara berulang-ulang sampai inti rivet putus.

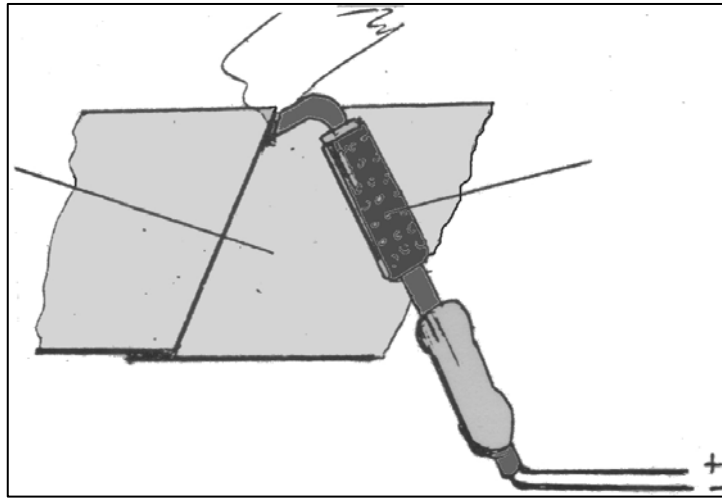
7.4. Solder / Patri

Solder adalah suatu proses penyambungan antara dua logam atau lebih dengan menggunakan panas untuk mencairkan bahan tambah sebagai penyambung, dan bahan pelat yang disambung tidak turut mencair.

Ditinjau dari segi penggunaan panas maka proses penyolderan ini dibagi dalam dua kelompok, yakni solder lunak dan solder keras.

Penggunaan solder dari berbagai jenis bahan, biasanya dititik beratkan pada kerapatan sambungan, bukan pada kekuatan sambungan terutama pada solder lunak. Dalam melakukan proses penyolderan ini dibutuhkan fluks yang berfungsi untuk membersihkan bahan serta sebagai unsur pemadu dan pelindung sewaktu terjadinya proses penyolderan.

Skema proses penyolderan ini dapat dilihat seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 7.17. Skema penyolderan
(Purwantono,1991)

Pada skema penyolderan di atas terlihat cairan timah sebagai bahan tambah bereaksi dengan bahan dasar membentuk suatu ikatan. Celah atau jarak antara bahan plat yang disambung berkisar antara 0,08 – 0,13 mm. penyempitan celah ini bertujuan agar cairan solder dapat ditarik oleh gaya kapiler untuk membasahi sisi-sisi pelat yang akan disambung.

Pemanasan pada daerah sambungan harus dilakukan secara merata, agar cairan solder dapat rata masuk pada celah – celah sambungan.

7.4.1. Solder Lunak

Penggolongan solder lunak berdasarkan temperatur yang digunakan untuk proses penyolderan. Temperatur yang digunakan solder lunak ini berkisar di bawah 450° .

* Penggunaan

Penggunaan solder lunak biasanya untuk konstruksi sambungan yang tidak membutuhkan kekuatan tarik yang tinggi, tetapi dititik beratkan pada kerapatan sambungan.

* Fluks

Fluks yang digunakan dari berbagai macam jenis sesuai dengan bahan atau material yang disambung. Pada tabel berikut ini dapat dilihat berbagai macam jenis fluks dan penggunaannya.

Tabel 7.3. Fluks dan penggunaannya

No	Bahan	Fluks
1	Brass	Zinc Chloride atau Amonium Chloride
2	Copper	Zinc Chloride atau Amonium Chloride
3	Gun Metal	Zinc Chloride atau Amonium Chloride
4	Steel	Zinc Chloride atau Amonium Chloride
5	Britania Metal	T Allow atau Olive Oli
6	Pewter	T Allow atau Olive Oli
7	Lead	T Allow atau Resin
8	Tin Plate	Zinc Chloride
9	Galvanised Iron	Dilute Hydrochloride Acid
10	Zinc	
11	Elektrical Join	Resin atau Fluxite

(Kalfakjian,1984)

* **Panas pembakaran**

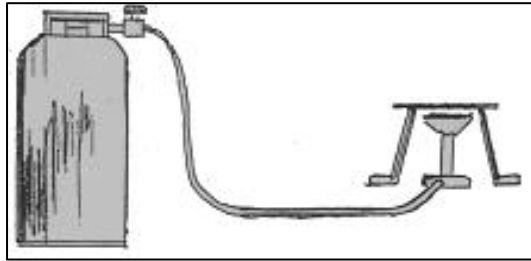
Panas yang dibutuhkan untuk penyolderan dengan temperatur rendah ini dapat diperoleh dari beberapa sistem pemanasan diantaranya :

1. Sistem pemanasan menggunakan arus listrik sebagai sumber panas penyolderan.



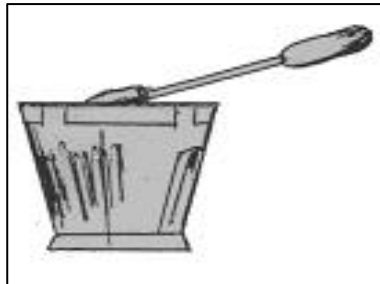
Gambar 7.18. Solder Listrik

2. Sistem pemanas gas LPG



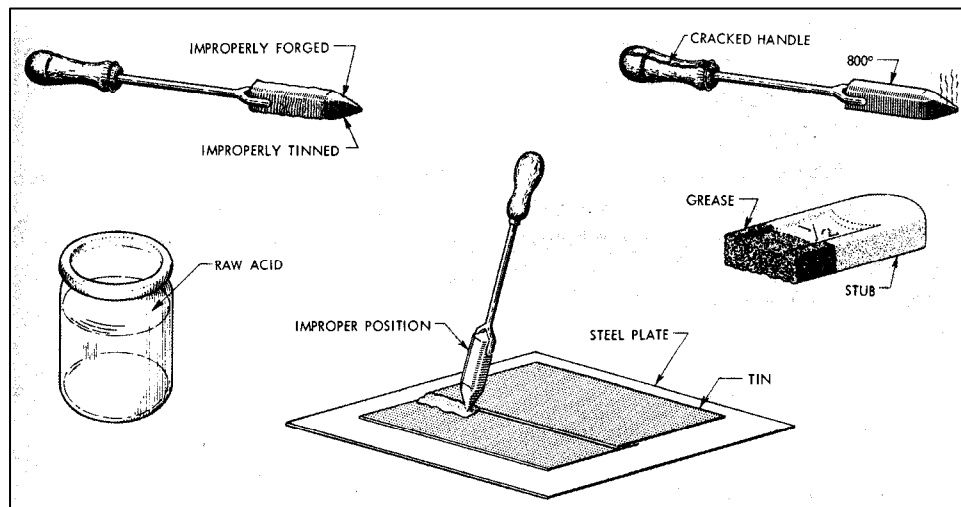
Gambar 7.19. Solder Pemanas LPG

3. Sistem pemanas arang kayu



Gambar 7.20. Solder Pemanas arang Kayu

Kepala solder yang digunakan pada sistem pemanas LPG dan arang kayu ini adalah sama, seperti terlihat pada gambar di bawah. Tetapi dewasa ini penggunaan kedua sistem pemanas ini kurang digunakan. Penggunaan solder listrik lebih banyak digunakan, sebab peralatan solder listrik yang digunakan lebih praktis.



Gambar 7.21. Penyolderan

* **Proses penyolderan**

Proses penyolderan dan komposisi solder lunak ini dapat dilihat pada tabel berikut :

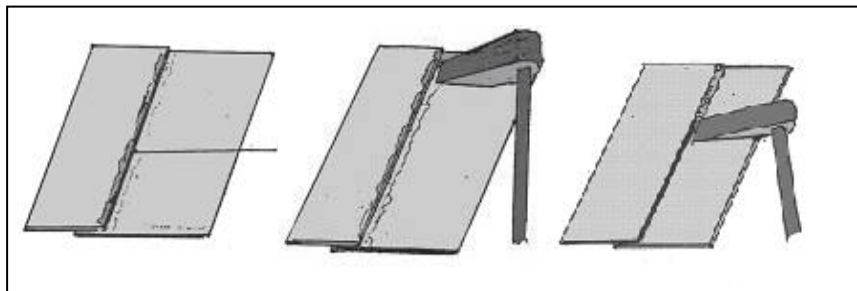
Tabel 7.4 Komposisi Solder Lunak

No	Solder	Komposisi solder lunak				
		Lead	Tin	Bismuth	Antimony	Titik lebur
1	Blow Pipe	34,5	65	-	0,5	183 ⁰ C
2	Tinman's	48	50		2	205 ⁰ C
3	Plumber's	66	34			250 ⁰ C
4	Pewterer's	25	25	50		96 ⁰ C

(Lyman,1968)

Proses penyolderan ini dilakukan dengan beberapa langkah pengerjaan sebagai berikut :

1. Persiapkan peralatan solder serta membersihkan bahan yang akan disolder. Batang solder selanjutnya dipanaskan pada tungku pemanas atau dengan listrik.
2. Daerah bahan yang akan disolder dibersihkan dengan mengoleskan fluks.
3. Setelah kepala solder panas, letakanlah di atas bahan yang akan disolder, agar panas merata seluruhnya.
4. Oleskanlah fluks dan bahan tambah pada daerah yang akan disambung dengan menggunakan kepala solder yang panas. Sampai merata pada seluruh daerah bahan yang disambung.
5. Hasil penyolderan yang baik dapat dilihat pada gambar di sebelah. Terlihat bahan tambah masuk kecelah – celah sambungan.



Gambar 7.22. Proses Penyolder
(Purwantono,1991)

7.4.2. Solder keras/brazing

Solder keras dibagi dalam dua kelompok yakni : Brazing dan silver. Pembagian kelompok ini berdasarkan komposisi penyolderan, titik cair dan fluks yang digunakan.

Brazing mempunyai komposisi kandungan tembaga dan seng. Fluks yang digunakan dalam proses penyolderan adalah boraks dengan menggunakan pemanas antara bbo 880* - 890* C.

Silver mempunyai komposisi kandungan perak. Tembaga dan seng. Fluks yang dipakai dalam proses penyolderan silvering ini ada dua yakni tenacity dan easy flo. Temperatur yang digunakan untuk penyolderan berkisar 750⁰ C.



Gambar 7.23. Brazing

*** Penggunaan**

Proses penyambungan dengan solder keras ini mempunyai konstruksi sambungan yang kuat dan rapat serta tahan terhadap panas. Penggunaan konstruksi sambungan ini umumnya untuk menyambung pipa-pipa bahan bakar dan konstruksi sambungan lainnya. Kelebihan solder keras ini sangat baik digunakan untuk penyambungan dua buah bahan yang berlainan jenis.

*** Panas pembakaran**

Panas pembakaran untuk proses penyolderan ini sekitar di bawah 900* C. dan alat pemanas yang digunakan adalah brander pemanas dengan menggunakan gas pembakar.

*** Komposisi solder keras**

Komposisi solder keras dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.5. Komposisi solder keras

No	Solder	Komposisi solder keras					
		Silver	Copper	Zinc	Cana- dium	Titik lebur	Fluks
1	B.S Gade A	61	29	10	-	735 ⁰ C	Tenacity
2	B.S Gade B	43	37	20	-	780 ⁰ C	Tenacity
3	B.S Gade C	50	15	16	19	630 ⁰ C	Easy flo
4	Soft Selter B.S Grade B	-	50	50	-	880 ⁰ C	Borax
5	Med. Spelter B.S Grade A	-	54	46	-	885 ⁰ C	Borax
6	Hard Spelter B.S Grade AA	-	60	40	-	890 ⁰ C	borax

(B.S = British Standar)

*** Proses penyolderan solder keras**

1. Bahan yang akan disambung harus bersih.
2. Sisi pelat yang akan disambung harus diberi jarak antara pelat satu dengan pelat sambungan sekitar 0,10 mm.
3. Fluks yang digunakan harus dalam kondisi baik.
4. Bahan yang akan disambung terlebih dahulu dipanaskan sampai merata sesuai dengan temperatur penyolderan. Pemansan bahan tidak dilakukan sampai mencair.
5. Selanjutnya bahan tambah ujungnya dipanaskan, lalu dicelupkan pada fluks, sehingga fluks melekat pada bahan tambah.
6. Setelah fluks melekat pada bahan tambah maka bahan tambah dicairkan pada daerah yang akan disambung dengan pembakaran solder. Pencairan bahan tambah dilakukan secara merata, sampai cairan bahan tambah masuk kecelah–celah sambungan. Proses ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Berdasarkan cara pengadaan energi panasnya, penyolderan/ pematiran dibagi dalam tujuh kelompok yaitu:

1. Patri busur, di mana panas dihasilkan dari busur listrik dengan elektroda karbon atau dengan elektroda wolfram
2. Patri gas, dimana panas ditimbulkan karena adanya nyala api gas
3. Patri solder, di mana gas dipindahkan dari solder besi atau tembaga yang dipanaskan
4. Patri tanur, di mana tanur digunakan sebagai sumber panas
5. Patri induksi, di mana panas dihasilkan karena induksi listrik frekuensi tinggi
6. Patri resistensi, di mana panas dihasilkan karena resistensi listrik
7. Patri celup, di mana logam yang disambung dicelupkan ke dalam logam patri cair.



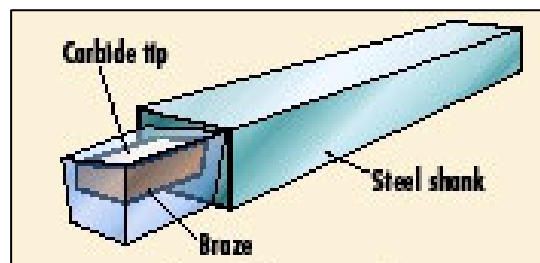
Gambar 7.24. Brander untuk brazing



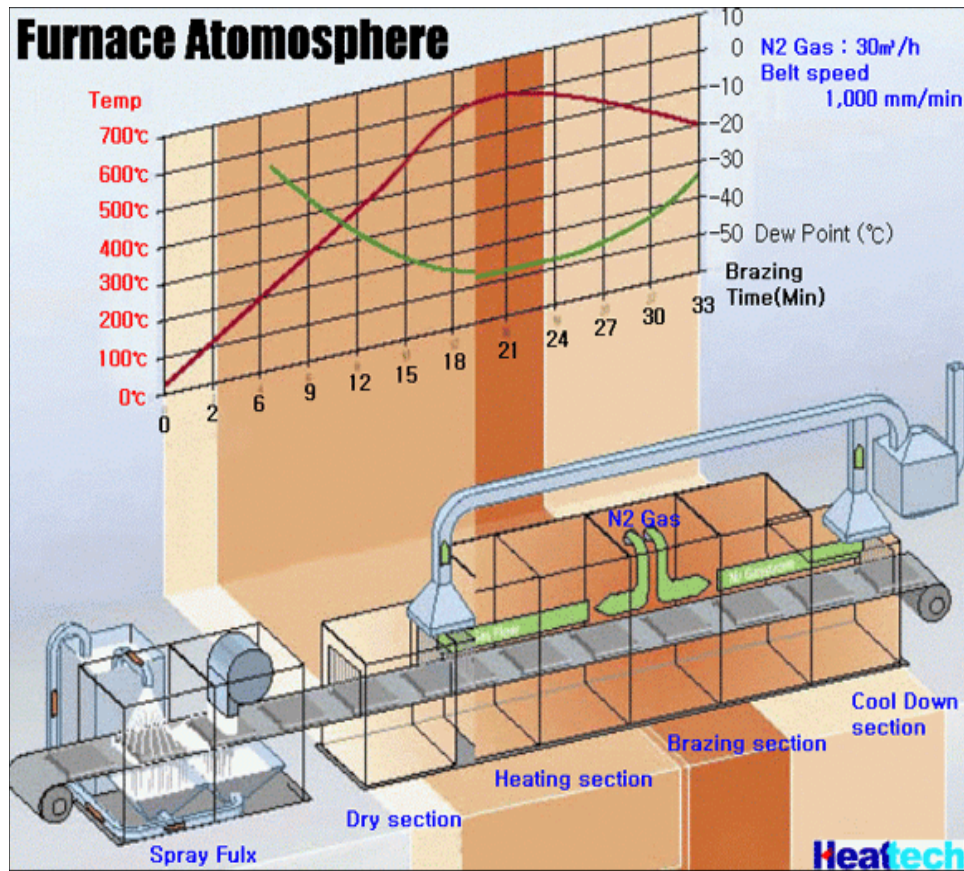
Gambar 7.25. Fluks



Gambar 7.26. Bahan Tambah



Gambar 7.27. Brazing Mata Pahat Bubut



Gambar 7.28. Proses Brazing di Industri

7.5. Las Resistansi (Tahanan)

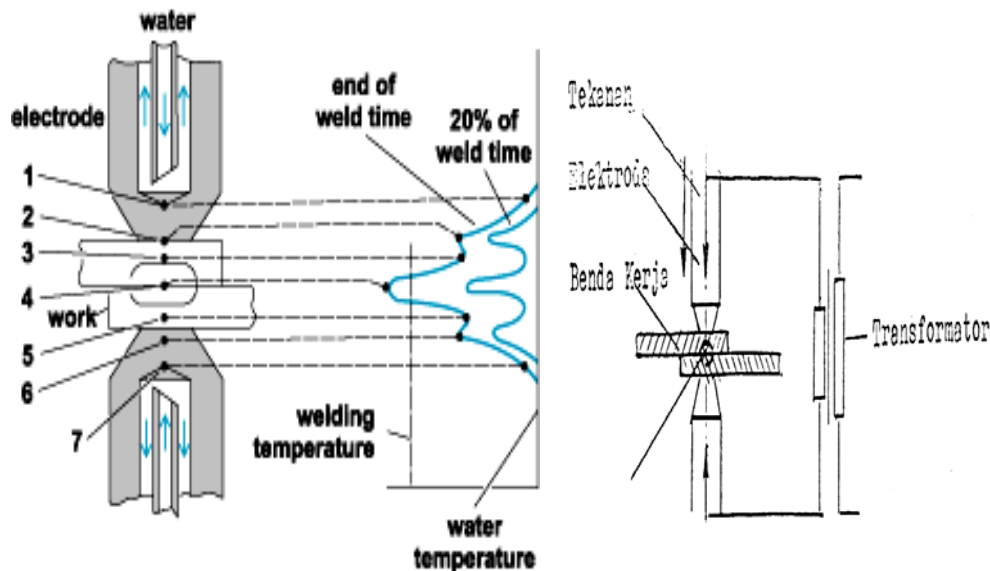
Las resistensi listrik adalah suatu cara pengelasan dimana permukaan pelat yang disambung ditekankan satu sama lain dan pada saat yang sama arus listrik dialirkan sehingga permukaan tersebut menjadi panas dan mencair karena adanya resistensi listrik. Dalam las ini terdapat dua kelompok sambungan yaitu sambungan tumpang dan sambungan tumpul. Sambungan tumpang biasanya digunakan untuk pelat-pelat tipis.

Penyambungan pelat-pelat tipis sangat baik dikerjakan dengan las resistensi listrik. Proses penyambungan dengan las resistensi ini sangat sederhana, dimana sisi-sisi pelat yang akan disambung ditekan dengan dua elektroda dan pada saat yang sama arus listrik yang akan dialirkan pada daerah pelat yang akan ditekan melalui kedua elektroda. Akibat dari aliran arus listrik ini permukaan plat yang ditekan menjadi panas dan mencair, pencairan inilah yang menyebabkan terjadinya proses penyambungan.

Penggunaan las resistansi listrik untuk penyambungan pelat-pelat tipis yang biasa digunakan terdiri dari 2 jenis yakni :

7.5.1. Las Titik (spot welding)

Proses pengelasan dengan las resistansi titik ini hasilnya pengelasan membentuk seperti titik. Skema pengelasan ini dapat dilihat pada gambar 7.29. elektroda penekan terbuat batang tembaga yang dialiri arus listrik yakni, elektroda atas dan bawah. Elektroda sebelah bawah sebagai penumpu plat dalam keadaan diam dan elektroda atas bergerak menekan plat yang akan disambung. Agar pelat yang akan disambung tidak sampai bolong sewaktu proses terjadinya pencairan maka kedua ujung elektroda diberi air pendingin. Air pendingin ini dialirkan melalui selang-selang air secara terus menerus mendinginkan batang elektroda.



Gambar 7.29. Las Resistansi Titik
(Agarwal, 1981)

Tipe dari las resistansi titik ini bervariasi, salah satu tipenya dapat dilihat pada gambar 7.30. pada las resistansi ini elektroda penekan sebelah atas digerakkan oleh tuas bawah. Tuas ini digerakkan oleh kaki dengan jalan menginjak / memberi tekanan sampai elektroda bagian atas menekan pelat yang ditumpu oleh elektroda bawah.



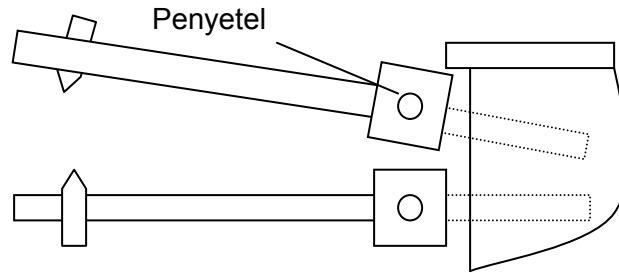
Gambar 7.30. Las resistansi titik dengan penggerak tuas tangan

Tipe kedua dari las resistansi titik ini adalah penggerak elektroda tekan atas dilakukan dengan tangan. Tipe las resistansi ini dapat dengan mudah dipindah-pindahkan sesuai dengan penggunaannya.



Gambar 7.31. Las resistansi titik dengan penggerak tuas

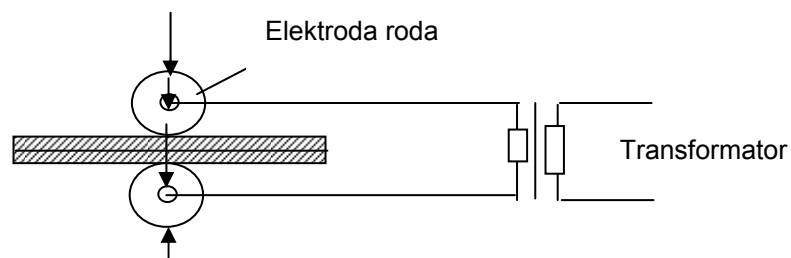
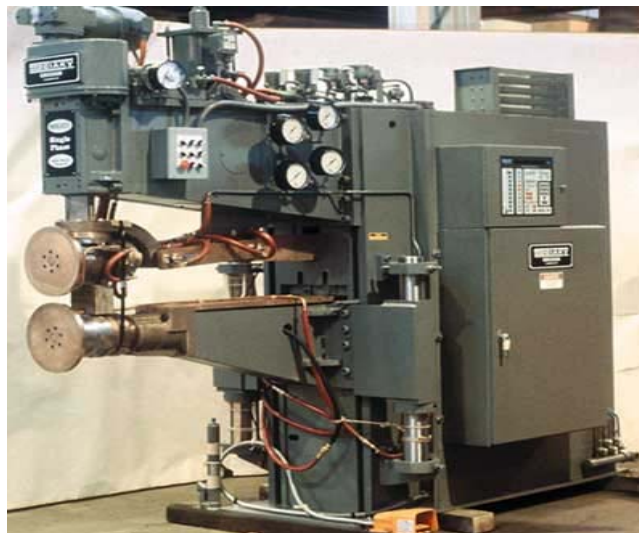
Untuk mengelas bagian-bagian sebelah dalam dari sebuah konstruksi sambungan pelat – pelat tipis ini, batang penyangga elektroda dapat diperpanjang dengan menyetel batang penyangga ini.



Gambar 7.32. Penyetelan batang penyangga elektroda

7.5.2. Las Resistansi Rol (Rolled Resistance Welding)

Proses pengelasan resistansi tumpang ini dasarnya sama dengan las resistansi titik, tetapi dalam pengelasan tumpang ini kedua batang elektroda diganti dengan roda yang dapat berputar sesuai dengan alur/garis pengelasan yang dikehendaki.



Gambar 7.33. Las Resistansi Rol (Rolled)
(Davies, 1977)

Hasil pengelasan pada las resistansi tumpang ini terlihat penampang cairan yang terjadi merupakan gabungan dari titik-titik yang menjadi satu. Pengelasan tumpang ini mempunyai kelebihan yakni dapat mengelas sepanjang garis yang dikehendaki. Untuk penekan roda elektroda sewaktu proses pengelasan berlangsung, tekanan roda memerlukan 1,5-2,0 lebih tinggi jika dibandingkan dengan resistansi titik.

7.5.3. Teknik dan prosedur pengelasan

Teknik dan prosedur pengelasan resistansi titik dan tumpang ini pada dasarnya sama, hanya perbedaan terletak pada pengelasan sambungan yang terjadi antara titik dan bentuk garis. Hal – hal yang harus diperhatikan dalam melaksanakan pengelasan ini diantaranya :

- a. Pelat (benda kerja) yang akan dilas harus bersih dari oli, karat, cat dan sebagainya.
- b. Pada daerah pelat yang akan disambung sebaiknya diberi tanda titik atau garis.
- c. Sesuaikanlah arus pengelasan dengan ketebalan pelat yang akan disambung.
- d. Apabila kepala elektroda titik atau roda telah kotor, maka perlu dibersihkan dengan kikir atau amplas. Sebab apabila kepala elektroda ini kotor kemungkinan hasil penyambungan akan kurang melekat/jelek dan mudah lepas.

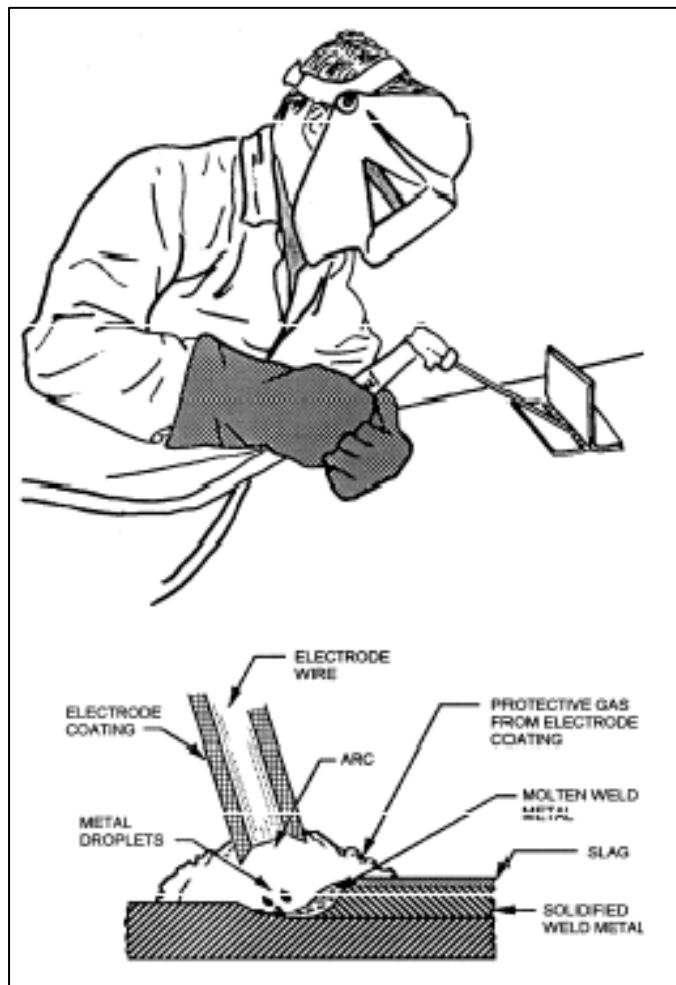


Gambar 7.34 Proses Las Resistansi

7.6. Metode Penyambungan Las Busur Listrik

Proses pengelasan merupakan ikatan metalurgi antara bahan dasar yang dilas dengan elektroda las yang digunakan, melalui energi panas. Energi masukan panas ini bersumber dari beberapa alternatif diantaranya energi dari panas pembakaran gas, atau energi listrik. Panas yang ditimbulkan dari hasil proses pengelasan ini melebihi dari titik lebur bahan dasar dan elektroda yang di las. Kisaran temperatur yang dapat dicapai pada proses pengelasan ini mencapai 2000 sampai 3000 °C. Pada temperatur ini daerah yang mengalami pengelasan melebur secara bersamaan menjadi suatu ikatan metalurgi logam lasan.

7.6.1. Skema Pengelasan



Gambar 7.35. Skema Pengelasan
(Davies, 1977)

Skema pengelasan ini terdiri dari :

- Inti elektroda (*electrode wire*)
- Fluks (*electrode coating*)
- Percikan logam lasan (*metal droplets*)
- Busur nyala (*arcus*)
- Gas pelindung (*protective gas from electrode coating*)
- Logam Lasan (*mixten weld metal*)
- Slag (terak)
- Jalur las yang terbentuk (*soldered weld metal*)

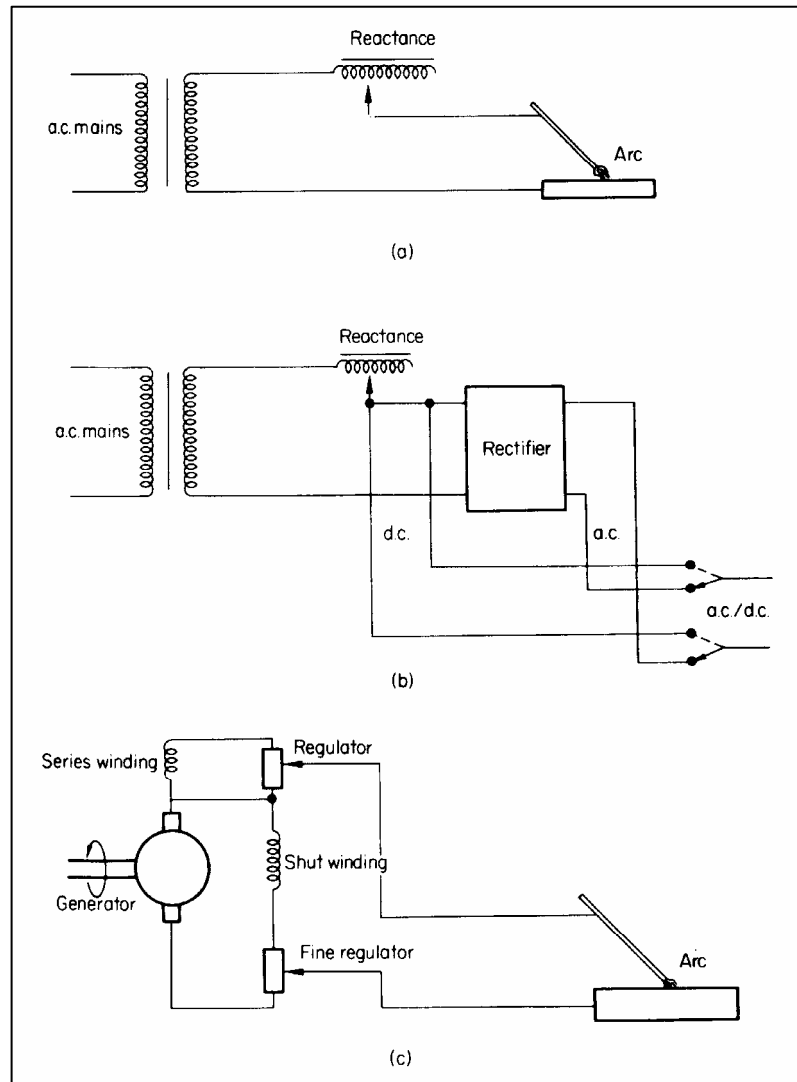
Mengelas adalah salah satu bidang keterampilan teknik penyambungan logam yang sangat banyak dibutuhkan di industri. Kebutuhan di industri ini dapat dilihat pada berbagai macam keperluan seperti pada pembuatan : Konstruksi rangka baja, konstruksi bangunan kapal, konstruksi kereta api dan sebagainya. Contoh sederhana dapat dilihat pada proses pembuatan kapal dengan bobot mati 20.000 DWT diperkirakan panjang jalur pengelasan mencapai 40 Km. Kebutuhan akan juru las di masa mendatang juga akan mengalami peningkatan yang signifikan.

Keterampilan teknik mengelas dapat diperoleh dengan latihan terstruktur mulai dari grade dasar sampai mencapai grade yang lebih tinggi. Beberapa pendekatan penelitian juga merekomendasikan bahwa seorang juru las akan dapat terampil melakukan proses pengelasan dengan melakukan latihan yang terprogram, di samping itu faktor bakat dari dalam diri juru las juga sangat berpengaruh terhadap hasil yang dicapai. Keberhasilan seorang juru las dapat dicapai apabila juru las sudah dapat mensinergikan apa yang ada dalam pikiran dengan apa yang harus digerakan oleh tangan sewaktu proses pengelasan berlangsung.

Pada prinsipnya beberapa teknik yang harus diketahui dan dilakukan seorang juru las dalam melakukan proses pengelasan adalah:

1. Teknik Menghidupkan Busur Nyala
2. Teknik Ayunan Elektroda
3. Posisi-posisi Pengelasan
4. Teknik dan Prosedur Pengelasan pada berbagai Konstruksi sambungan.

Polaritas arus pada proses pengelasan las busur listrik dapat pada gambar 7.36 berikut ini.



Gambar 7.36. Polaritas arus pengelasan

7.6.2. Bagian-bagian Utama Mesin Las

Mesin las terdiri dari:

- o Trafo Las
- o Pengatur arus pengelasan
- o Handel On – Off (supply arus)
- o Kabel elektroda dan Tang masa



Gambar 7.37. Trafo Las dan Kelengkapannya

o Meja Las



Gambar 7.38. Meja Las



Gambar 7.39. Ruang Las

7.6.3. Perlengkapan Keselamatan Kerja Las

Perlengkapan keselamatan kerja pada pengelasan las busur listrik ini meliputi:

- o Pakaian Kerja
- o Sepatu Kerja
- o Apron Kulit/Jaket las
- o Sarung Tangan Kulit
- o Helm/Kedok las
- o Topi kerja
- o Masker Las
- o Respirator



Gambar 7.40. Perlengkapan Keselamatan Kerja Las Busur Nyala

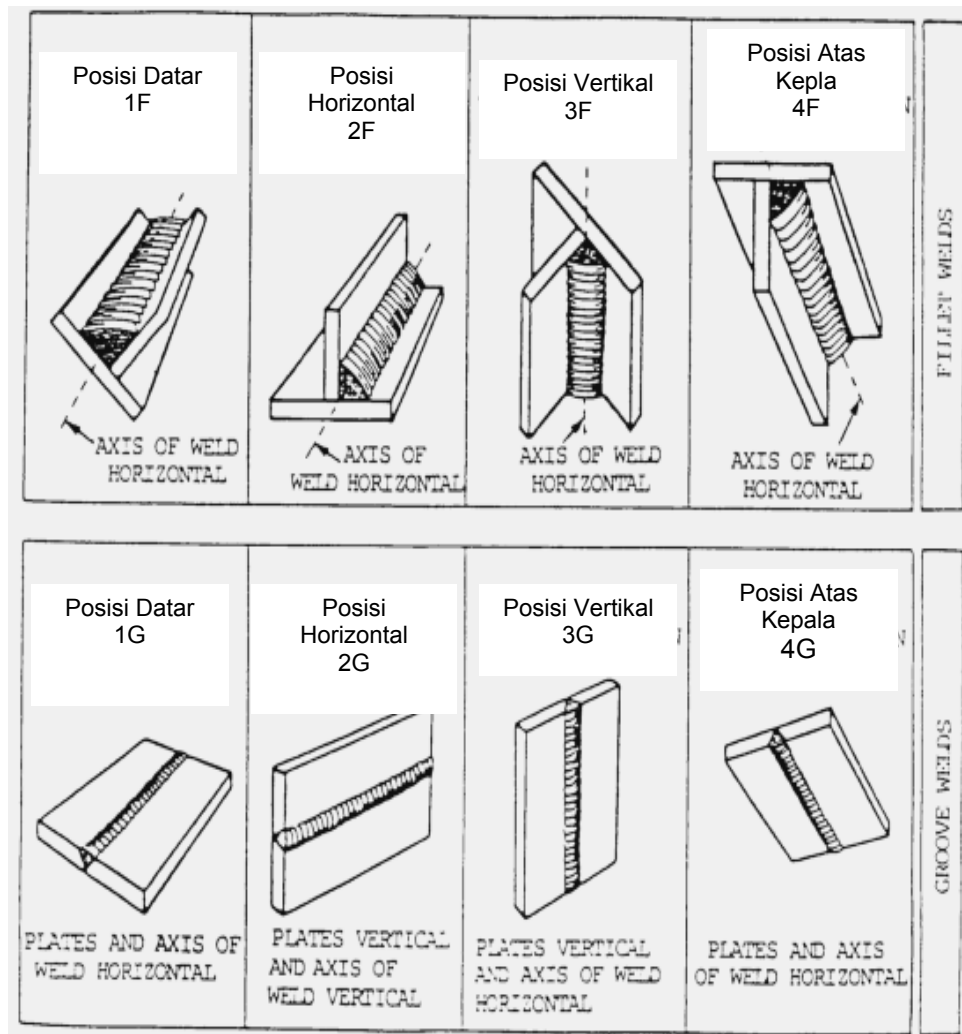
7.6.4. Alat-alat Bantu Pengelasan

Alat-alat bantu untuk proses pengelasan ini terdiri dari:

- o Alat-alat ukur seperti : penggores, Penitik, mistar baja, siku-siku dan sebagainya.
- o Palu Terak
- o Smit Tang
- o Ragum kerja
- o Landasan.
- o Sikat baja

7.6.5. Macam-Macam Posisi Las

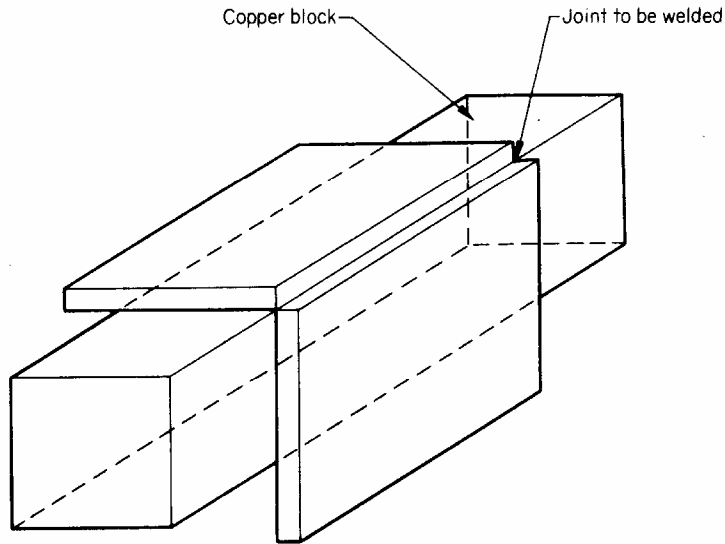
Tingkat kesulitan dalam pengelasan ini dipengaruhi oleh posisi pengelasan. Secara umum posisi pengelasan ini dibedakan berdasarkan posisi material, jalur las, elektroda dan juru las. Pada gambar berikut diperlihatkan berbagai macam posisi pengelasan.



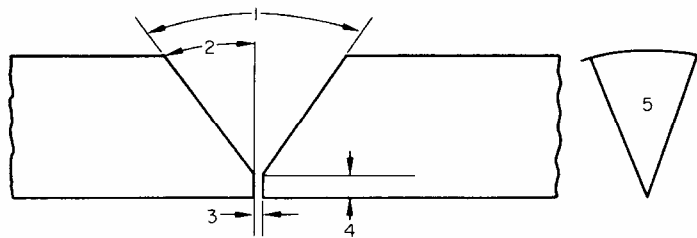
Gambar 7.41. Berbagai Macam Posisi Pengelasan
(Gianchino, 1982)

Bagian atas sambungan sudut dengan simbol F yakni: 1F, 2F, 3F, 4F (*fillet welds*) dan bagian bawah menggunakan sambungan dengan kampuh menggunakan simbol G yakni : 1G, 2G, 3G, 4G (*groove welds*)

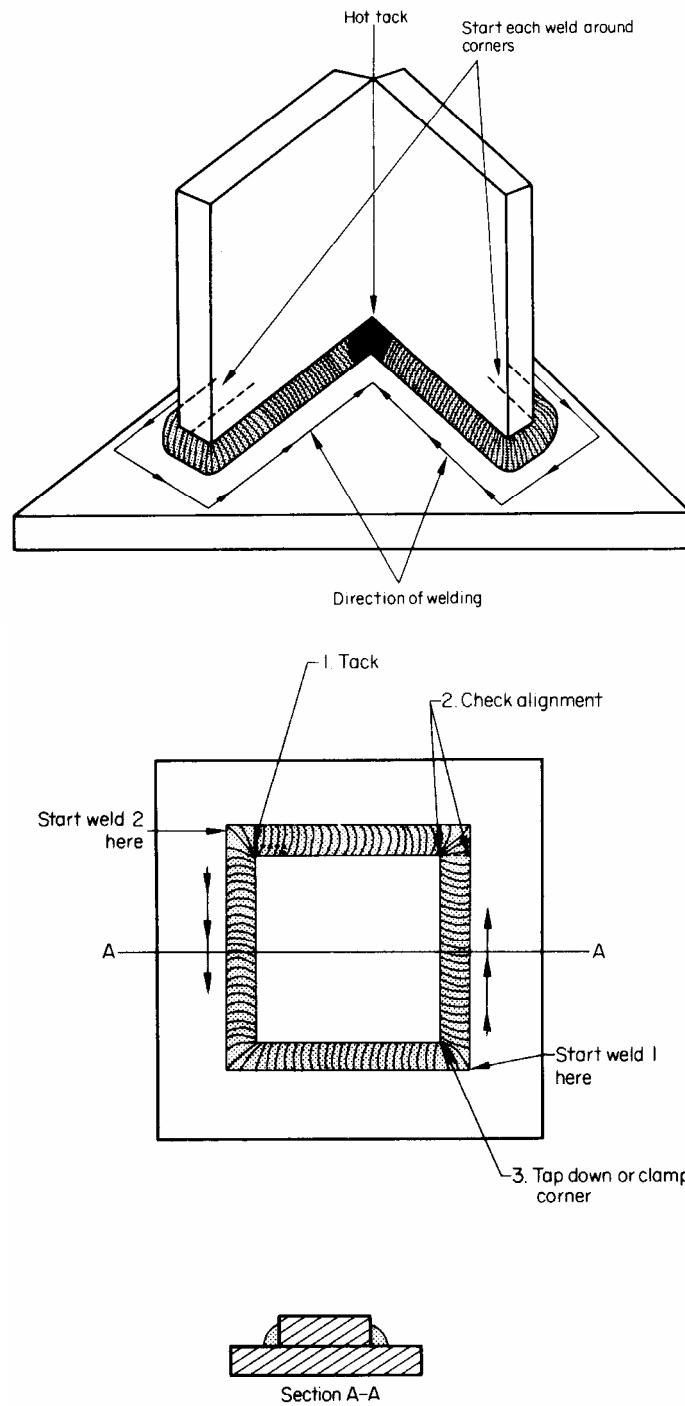
o Sambungan Sudut



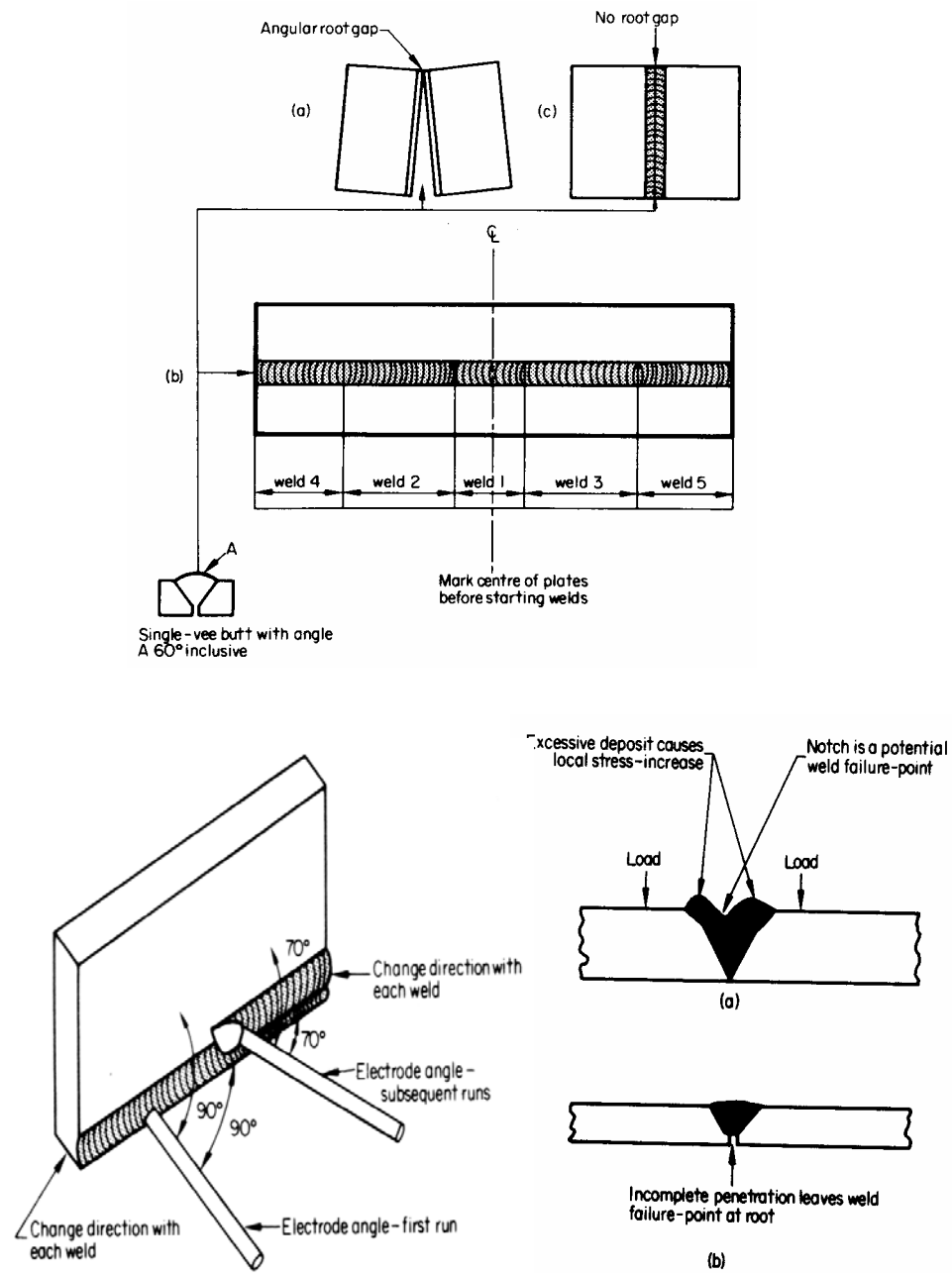
Gambar 7 .42. Sambungan sudut



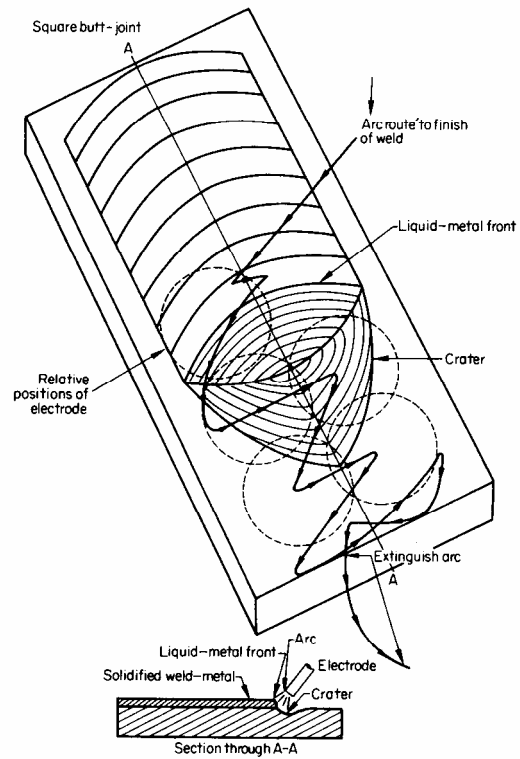
Gambar 7.43. Kampuh V



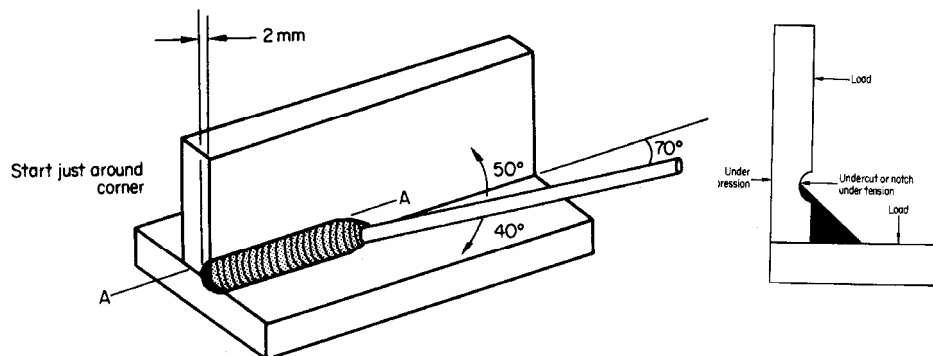
Gambar 7.44. Latihan mengelas Posisi di 2F
(Giachino, 1982)



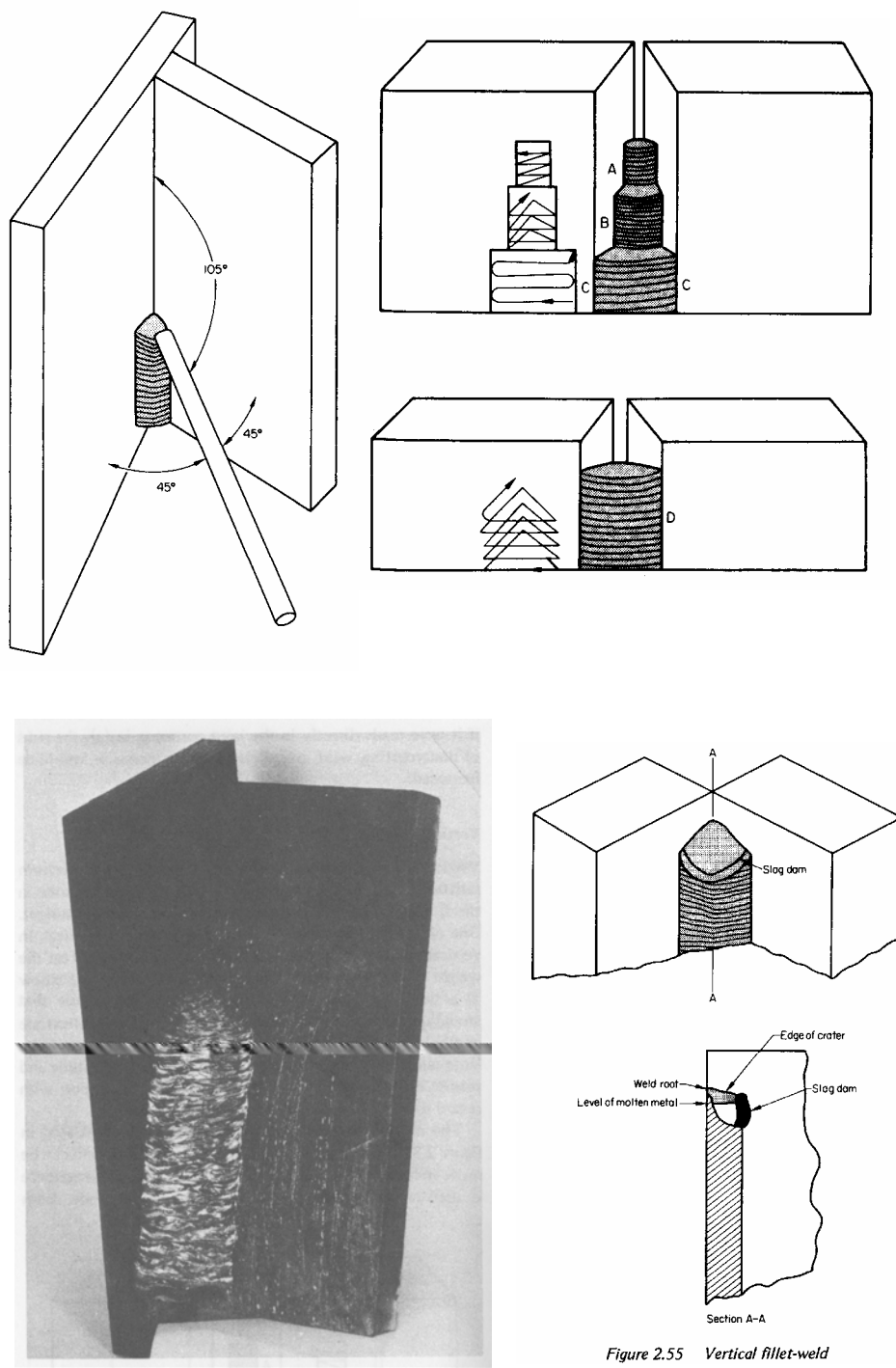
Gambar 7.45. Beberapa model pengelasan
(Little, 1980)



Gambar 7.46. Teknik Ayunan dalam pengelasan di bawah tangan
(Little, 191980)

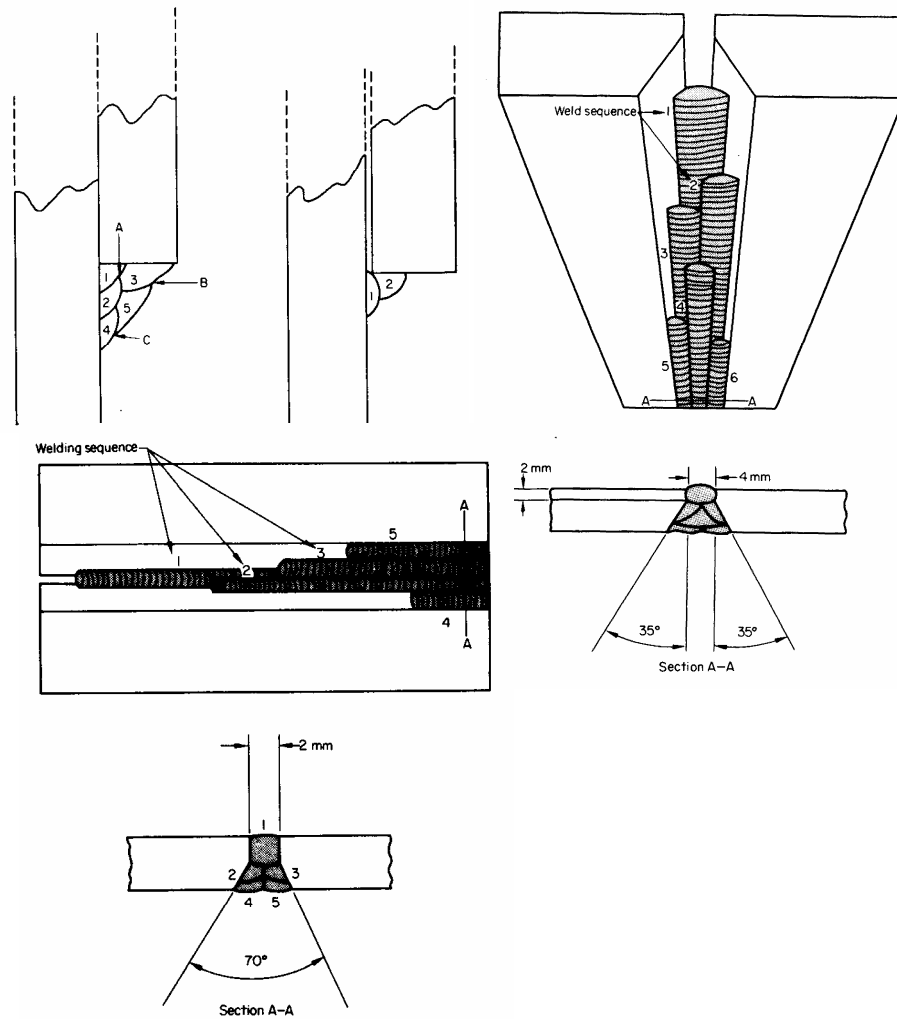


Gambar 7.47. Teknik Mengelas Kampuh Sudut
(Little, 1980)



Gambar 7.48. Teknik mengelas Pada Posisi Vertikal Up
(Argawal,1981)

Benda kerja diletakkan pada posisi tegak dan proses pengelasan dilakukan mulai dari bawah sambungan dan secara bertahap bergerak naik ke atas



Gambar 7.49. Pengelasan posisi Over head (Argawal,1981)

Proses pengelasan di atas kepala (*over head*) ini mempunyai karakteristik khusus. Sebab kecenderungan cairan logam lasan akan meleleh ke bawah sewaktu proses pengelasan berlangsung. Cairan logam lasan ini akan mengganggu konsentrasi juru las dalam melakukan pengelasan.

7.6.6. Pemeriksaan Hasil Pengelasan Secara Visual

Kualitas hasil pengelasan dapat diperiksa dengan berbagai macam cara, diantaranya dilakukan pemeriksaan secara visual. Visual yang dimaksud adalah pemeriksaan dengan hanya melihat secara langsung hasil pengelasan yang terbentuk. Hasil pemeriksaan secara visual ini dapat diketahui dengan melihat kriteria pengelasan menurut standarnya yakni:

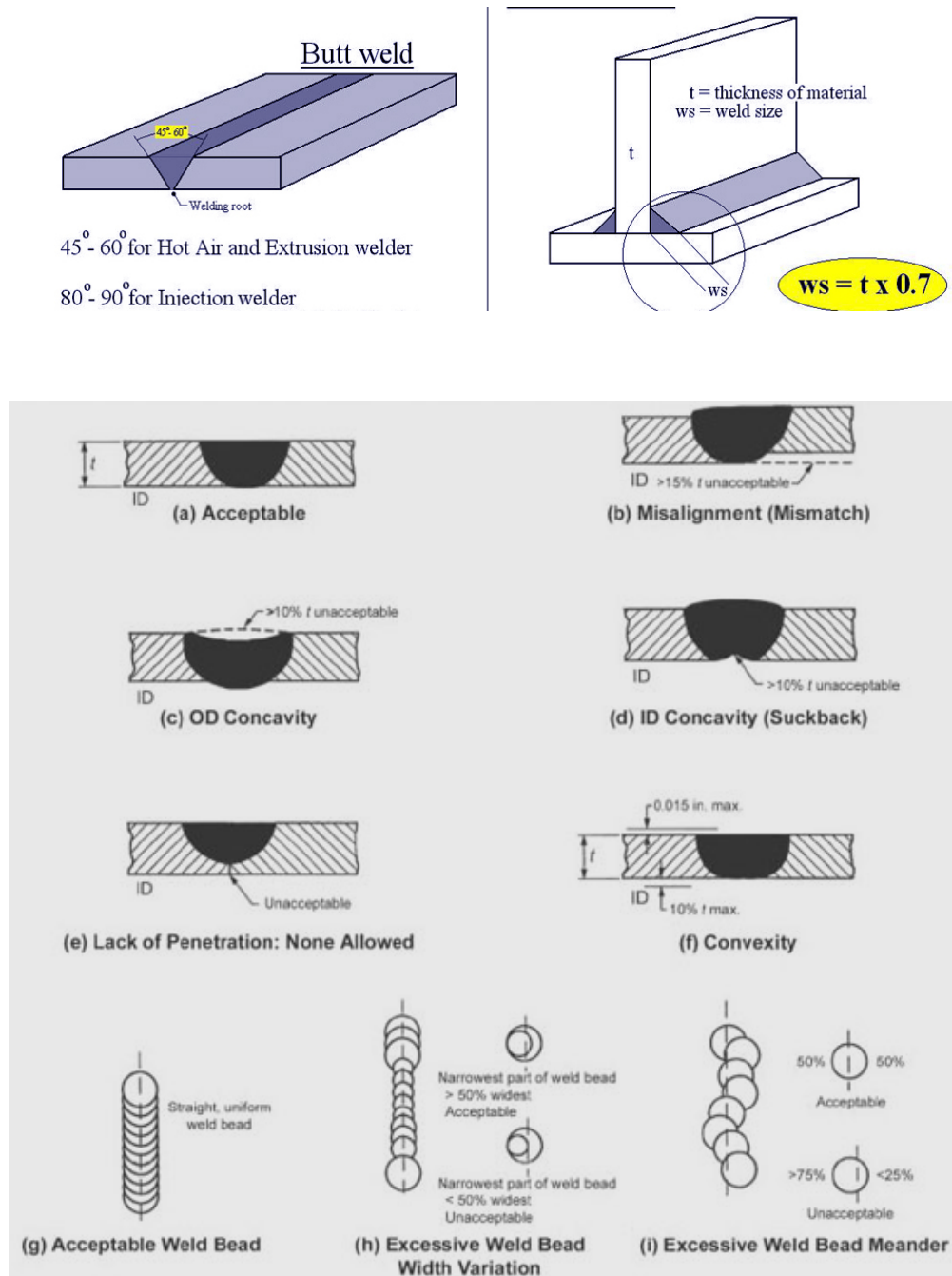
Prosedure Qualification Record (PQR).

Prosedur ini berisikan tentang :

- Jenis sambungan (*Joints type*)
 - o Bahan dasar (*Base metals*)
 - Material specifications
 - Thickness
 - Dimention
 - o Bahan tambah (*filler metals*)
 - Size of electrode
 - Classification electrode
- Posisi pengelasan (*Position*)
 - Position of groove
 - Weld progression
- Polaritas arus (*electrical characteristics*)
 - Current
 - Polarity
 - Voltage
- Teknik pengelasan (Technique)
 - Travel speed
 - String or weave bead
 - Oscillation
- Criteria dari jalur las (*Weave bead*)
 - Hight the groove
 - Width
 - Penetration
 - Straightness
 - Over lap
 - Under cut
 - Crack

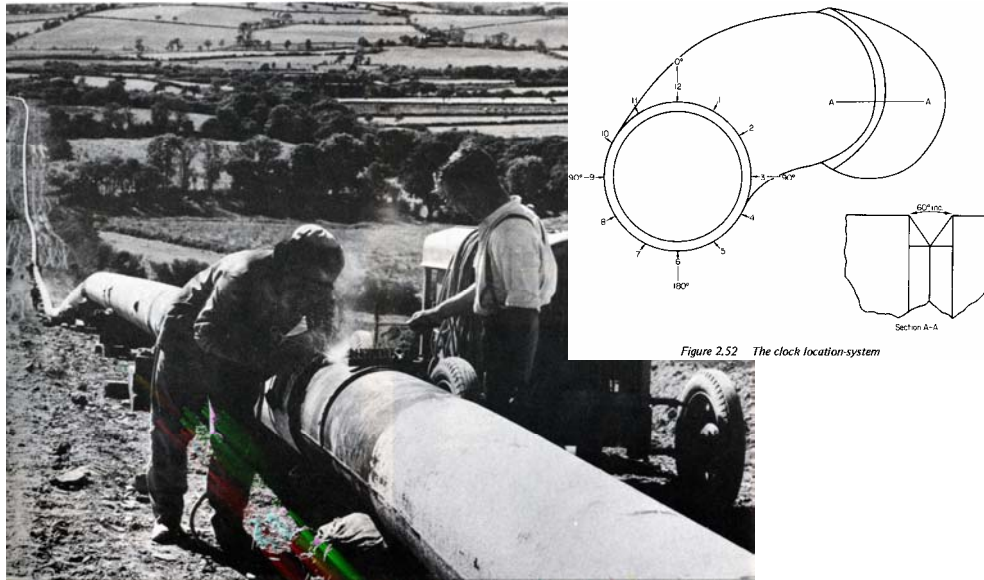


Gambar 7.50. Jalur Las dilihat secara Visual



Gambar 7.51. Kriteria Hasil Pengelasan
(Wood, 1979)

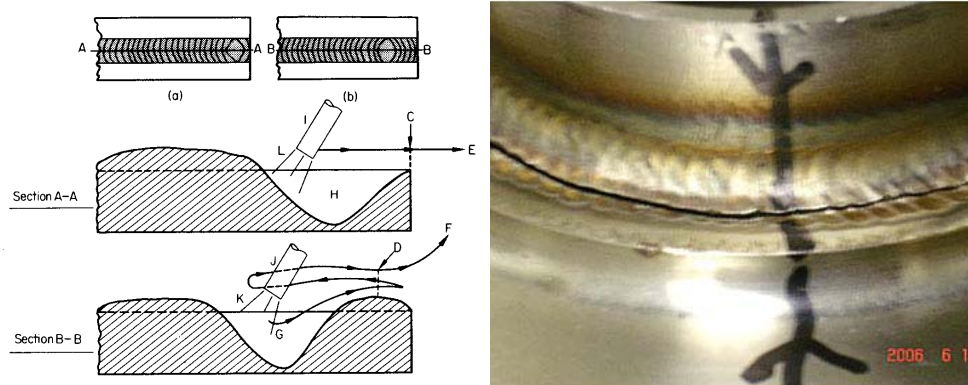
Kriteria hasil pengelasan dapat dilihat lebar jalur, penetrasi tebal jalur pada sambungan sudut, rigi-rigi las, kelurusan jalur, kesamaan ayunan rigi-rigi las.



Gambar 7.52. Proses pengelasan pipa di lapangan

Cacat-cacat dan penyebab yang sering ditimbulkan pada proses pengelasan ini diantaranya:

- o *Overlapping* atau dikenal juga dengan istilah kelebihan logam lasan.
- o *Undercut* adalah kerusakan akibat salah menentukan posisi elektroda pada saat pengelasan berlangsung.
- o Crack
- o Kropos.
- o Deformasi
- o Bolong



Gambar 7.53. Sambungan Las yang Mengalami Keretakan

7.6.7. Prosedur Umum Pengelasan

- Pastikan anda menggunakan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja seperti: pakaian kerja, apron kulit penutup dada, sepatu kerja, sarung tangan kulit, helm las.
- Tandai pada benda kerja bagian yang akan di las.
- Siapkan kampuh sambungan yang akan di las.
- Pastikan tebal benda kerja dengan mengukur ketebalannya secara langsung.
- Hidupkan mesin las dengan menekan posisi on pada mesin las.
- Atur arus dan pengkutuban pengelasan sesuai dengan tebal bahan dan elektroda yang digunakan.
- Hubungkan tang masa ke benda kerja yang di las.
- Atur posisi kampuh sambungan benda kerja pada meja las
- Lakukan proses pengelasan sesuai dengan gambar atau WPS yang diinginkan/ditentukan.

7.6.8. Teknik Mengelas

Teknik mengelas yang diterapkan dalam proses pengelasan dapat dilakukan dengan mengikuti aturan atau ketentuan yang umum berlaku pada pengelasan.

Skema proses pengelasan memperlihatkan bahwa beberapa parameter untuk pengelasan yang dilakukan pada posisi di bawah tangan meliputi:

- Arah pengelasan
Arah pengelasan yang dimaksud adalah arah pergerakan elektroda pada saat memulai proses pengelasan. Arah pengelasan ini sangat tergantung pada juru las dan konstruksi sambungan las. Arah pengelasan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara yakni: arah pengelasan dari kiri ke kanan, hal ini digunakan untuk juru las yang dominan menggunakan tangan kanan (seperti orang menulis), sedangkan yang menggunakan tangan kiri secara dominan maka arah pengelasannya dapat di balik dari kanan kekiri. Arah pengelasan maju.
- Gerakan elektroda yang digunakan.
Gerakan elektroda berupa ayunan elektroda pada saat mengelas, dimana ayunan elektroda ini dapat digerakkan secara lurus, setengah lingkaran, zig-zag, lingkaran penuh, segitiga, ayunan angka delapan, dan segi empat. Ayunan elektroda ini akan terlihat pada manik-manik logam lasan yang terbentuk.

- Sudut antara elektroda dengan benda kerja arah memanjang
Sudut elektroda yang terbentuk pada arah gerakan elektroda membentuk sudut dengan kisaran 70° - 80° . Sewaktu terjadinya proses pengelasan sudut, pengelasan ini harus dijaga tetap konstan.
- Sudut antara elektroda dengan benda kerja arah melintang
Sudut antara elektroda dan benda kerja yang di las pada arah melintang ini membentuk sudut 90° . Pembentukan sudut ini juga harus dijaga tetap konstan.
- Jarak elektroda ke benda kerja
Jarak elektroda ke benda kerja yang baik mendekati besarnya diameter elektroda yang digunakan. Misalnya digunakan elektroda dengan besarnya diameter intinya adalah 3,2 mm, maka jarak elektroda ke bahan dasar logam lasan mendekati 3,2 mm. Pada proses pengelasan ini diharapkan jarak elektroda ke benda kerja ini relatif konstan.
- Jarak/gap antara benda kerja yang akan disambung
Jarak antara benda kerja yang baik adalah sebesar diameter kawat las yang digunakan. Alasan memberikan celah atau jarak ini bertujuan untuk menghasilkan penetrasi pengelasan yang lebih baik sampai mencapai sisi bagian dalam logam yang di las.
- Kecepatan pengelasan
Kecepatan pengelasan merupakan parameter yang sangat penting dalam menghasilkan kualitas sambungan yang memenuhi standar pengelasan. Kecepatan pengelasan harus konstan mulai dari saat pengelasan sampai pada penyelesaian pengelasan. Jika yang mengelas robot maka kecepatan pengelasan ini dapat diatur dengan mudah. Tetapi jika konstruksi pengelasan menggunakan las busur nyala listrik dengan menggunakan elektroda terbungkus sebagai bahan tambahannya maka proses ini tidak dapat dilakukan pengelasan secara otomatis. Pengelasan secara manual ini membutuhkan latihan yang terus menerus, sehingga seorang juru las harus dapat mensinergikan antara kecepatan pengelasan dengan pencairan elektroda yang terjadi. Pencairan elektroda ini menyebabkan elektroda lama-kelamaan menjadi habis atau bertambah pendek, maka juru las harus dapat menyesuaikan antara kecepatan jalanya elektroda mengikuti kampuh pengelasan

dengan turunnya pergerakan tang elektroda. Dipastikan pada proses ini jarak antara elektroda ke logam lasan juga tetap konstan atau stabil.

- Penetrasi pengelasan
Penetrasi adalah penembusan logam lasan mencapai kedalaman pada bahan dasar logam yang di las. Penetrasi ini juga merupakan pencairan antara elektroda dengan bahan dasar dari tepi bagian atas sampai menembus pelat pada kedalaman tertentu. Penetrasi yang memenuhi standar harus dapat mencapai pada seluruh ketebalan plat yang di las. Untuk juru las tingkat dasar hal ini sulit dicapai tetapi apabila dilatih secara terus menerus maka standar penetrasi ini akan dapat dicapai.

7.6.9. Elektroda



Gambar 7.54. Kawat Las/Elektroda

Jenis elektroda yang dipilih untuk pengelasan busur nyala terbungkus (*shielded metal arc welding*) menentukan kualitas las yang dihasilkan, posisi pengelasan, desain sambungan dan kecepatan pengelasan. Secara umum semua elektroda diklasifikasikan menjadi lima kelompok utama yaitu *mild steel*, *high carbon steel*, *special alloy steel*, *cast iron* dan *non ferrous*. Rentangan terbesar dari pengelasan busur nyala

dilakukan dengan elektroda dalam kelompok *mild steel* (baja lunak).

Elektroda dibuat untuk mengelas logam yang berbeda. Elektroda didesain untuk arus DC dan AC. Sebagian kecil elektroda bekerja sama baiknya untuk DC atau AC. Beberapa elektroda lebih sesuai dengan pengelasan posisi datar (flat), dan elektroda lainnya terutama untuk pengelasan vertikal dan pengelasan di atas kepala serta elektroda lain digunakan dalam beberapa posisi.

Elektroda terbungkus memiliki lapisan dari beberapa kimia seperti: *cellulose*, *titanium dioxide*, *ferro manganese*, *silica flour*, *calcium carbonate* dan lainnya. Kandungan ini dipengaruhi oleh *sodium silicate*. Setiap zat pada lapisan digunakan untuk melayani fungsi utama dalam proses pengelasan. Secara umum tujuan utama untuk memudahkan permulaan pengelasan. Tidak mungkin busur las memperbaiki kompilasi las dan penetrasi, mempunyai percikan (patter) dan mencegah peleburan metal dari oksidasi yaitu kontaminasi dengan lingkungan atmosfer. Peleburan metal sebagai endapan (deposited) dalam proses pengelasan yang memiliki suatu afinitas (*affinity*) atau daya listrik (*attraction*) untuk oksigen dan nitrogen. Oleh karena itu aliran (stream) mengambil tempat di atmosfer yang terdiri dari dua elemen oksidasi ini terjadi, sedangkan metal ini melewati elektroda ke benda kerja.

Apabila ini terjadi kekuatan dan *ductility* dari pengelasan berkurang sebesar tahananannya terhadap korosi. Pelapisan dari elektroda mencegah oksidasi dari tempatnya. Sebagaimana elektroda cair, pelapisan melepaskan suatu gas (*inert gas*) di sekitar logam cair yang memindahkan (*exclude*) atmosfer dari pengelasan. Sisa pembahasan lapisan membentuk suatu slag (terak) melewati deposit metal yang lambat pendinginan dan menghasilkan suatu las yang lebih *ductile*.

Beberapa pelapisan termasuk tepung besi yang dirubah menjadi baja dengan panas yang lebih kuat dari busur nyala dan mengalir ke dalam deposit las. Secara relatif sejumlah besar besi membentuk rate (kecepatan) deposit elektroda.

◆ Identifikasi elektroda

Elektroda sering menjadi acuan oleh nama perdagangan pabrik. Untuk menjamin derajat kesamaan dalam pembuatan elektroda, maka The American Welding Society (AWS) dan American Society for Tungsten and Material (ASTM) telah menyusun kebutuhan tertentu

untuk elektroda. Jadi, pabrik elektroda berbeda dapat menyesuaikan dengan AWS dan ASTM untuk memperoleh pengelasan yang sama. Dalam spesifikasi ini, sebagian jenis elektroda telah ditetapkan simbol-simbol spesifik, seperti E-6010, E-7010, E-8010 dan sebagainya. Awalan E, maksudnya adalah elektroda untuk pengelasan busur nyala elektrik. Dua digit pertama dari simbol maksudnya adalah kekuatan tarik minimum yang diizinkan dari defisit las metal dalam ribuan pound per square inchi (lb/inchi²). Sebagai contoh seri 60 dari elektroda menyatakan kekuatan minimum 60.000 lb/inchi². Seri 70 menyatakan 70.000 lb/inchi². Digit ketiga dari simbol elektroda menunjukkan posisi pengelasan. Tiga nomor yang digunakan untuk elektroda ini adalah 1, 2, 3. nomor 1 berarti untuk pengelasan semua posisi. nomor 2 untuk posisi horizontal atau datar. Nomor 3 menyatakan posisi pengelasan datar (flat). Digit keempat dari simbol menunjukkan beberapa karakteristik spesial dari elektroda, kualitas las, jenis arus dan jumlah penetrasi.

Tabel.7.6 Arti digit keempat dari elektroda

Digit akhir	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Suplay daya	(a)	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC	AC atau DC
Tipe terak	(b)	Organik	Rutile *	Rutile*	Rutile*	Hidrogen rendah	Hidrogen rendah	Mineral	Hidrogen rendah
Tipe busur	Digging (penembusan)	Digging (penembusan)	Sedang	Lunak	Lunak	Sedang	Sedang	Lunak	Sedang
Penetrasi	(c)	(Deep) Dalam	Sedang	Ringan	Ringan	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
Tepung besi pelapisan	0-10%	-	0-10%	0-10%	30-50%	-	-	50%	30-50%

(Rohyana,2004)

Keterangan:

(a) E-6010 adalah DC, E-6020 adalah AC atau DC

(b) E-6010 adalah organik, E-6020 adalah mineral

(c) E-6010 adalah penetrasi dalam, E-6020 adalah penetrasi sedang

* Terak Titanium dioksida yang keras kebanyakan pabrik membuat cap (*stamp*) pada setiap elektroda klasifikasi arus reguler. Sebagai tambahan untuk klasifikasi warna digunakan untuk beberapa elektroda. Kode warna ditetapkan dengan National Electrical Manufacturers Association (NEMA).

◆ Pemilihan elektroda

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan elektroda untuk pengelasan, yang pertama adalah posisi pengelasan. Tabel di bawah ini menunjukkan daftar rekomendasi umum untuk tipe arus dan posisi pengelasan dari beberapa elektroda. Sebagai suatu acuan, sebuah elektroda seharusnya digunakan dengan diameter lebih besar dari tebal bahan yang dilas. Beberapa operator lebih suka elektroda lebih besar, sebab mereka lebih cepat menjalankan sepanjang sambungan (joint) dengan demikian mempermudah operasi pengelasan, tetapi ini membutuhkan keterampilan.

Posisi dan tipe penyambungan juga merupakan faktor yang menentukan ukuran elektroda. Sebagai contoh, tebal bahan dengan kambung yang sempit, diameter elektroda yang kecil selalu digunakan untuk mengelas. Ini dilakukan untuk menjamin penetrasi pengelasan vertikal dan di atas kepala, 3/16" adalah diameter elektroda paling besar yang sebenarnya digunakan tanpa menghiraukan tebal pelat. Elektroda lebih besar dibuat terlalu sulit untuk mengontrol deposit metal. Dari sudut ekonomi, selalu praktis menggunakan elektroda yang ukuran paling besar, karena praktis untuk bekerja.

Baja deposit dan persiapan penyambungan juga mempengaruhi pemilihan elektroda. Elektroda untuk pengelasan baja lunak diklasifikasikan sebagai *fast-freeze*, *fill-freeze* dan *fast fill*. Elektroda *fast-freeze* menghasilkan suatu snappy (deep penetrasi arc) dan *fast-freeze* deposit. Secara umum dinamakan elektroda polarity selain yang dapat digunakan pada arus AC. Elektroda ini sedikit terak dan menghasilkan *flat bread*. Secara luas digunakan untuk semua jenis posisi pengelasan untuk fabrikasi dan perbaikan.

Fill freeze elektroda memilih suatu busur nyala yang moderat dan deposit antara elektroda *fast-freeze* dan *fast-fill*. Umumnya elektroda ini dinamakan *the straight polarity* atau elektroda yang dapat digunakan pada arus AC. Elektroda ini menghasilkan terak yang komplit dan *weld bred* yang berbeda.

Kelompok lain dari elektroda adalah elektroda tipe low hidrogen yang mengandung sedikit hidrogen. Elektroda ini terkenal tahan retak (*crack*), sedikit atau tidak ada sifat menyerap (deposit) dan kualitas deposit ringan.

Pengelasan *stainless steel* membutuhkan suatu elektroda yang mengandung chromium dan nikel. Semua stainless steel memiliki induksi sangat rendah. Pada elektroda ini menyebabkan pemanasan lebih dan busur nyala tidak pantas (*inpofer*) apabila arus tinggi

digunakan. Pada dasar logam menyebabkan perbedaan temperatur besar antara las dengan diameter dari kerja membengkokkan plat. Suatu aturan dasar dalam pengelasan stainless steel adalah untuk menghindari cairan tinggi dan panas tinggi pada las. Alasan lain untuk menjaga dan menghindari *precipitation* (pengendapan) karbon yang menyebabkan korosi.

Ada juga elektroda yang dipakai khusus untuk *hard facing*, pengelasan tembaga dan campuran tembaga, aluminium, besi tuang, mangan, paduan nikel dan baja tuangan nikel. Komposisi dari elektroda ini biasanya didasari dengan logam dasar yang akan dilas.

◆ Seleksi Kuat Arus dan Elektroda

Untuk membuat las yang bagus, diameter elektroda harus diseleksi untuk tebal metal yang dilas dan kuat arus (ampere) yang digunakan harus tepat untuk diameter elektroda. Tabel 7.7 menunjukkan rekomendasi kuat arus dan diameter elektroda untuk pekerjaan pengelasan dalam suatu bengkel bodiomotif.

Tabel 7.7 Kuat arus dan Tebal bahan dan dia elektrode

No	Tipe logam dan tebal (inchi)	Diameter elektroda (inchi)	Kuat arus (ampere)
1.	Pelat logam tipis (Outer sheet metal, etc; sampai tebal 7/64 inchi)	1/16	10 – 30
		5/64	25 – 45
		3/32	40 – 70
2.	Baja lunak tipis (Struktur bodi dalam, dsbnya, tebal 7/64 sampai 3/16 inchi)	1/8	50 – 130
		5/32	90 – 180
		3/16	130 – 230
3.	Baja lunak tebal (Rangka, dsbnya, tebal 3/16 sampai 5/16 inchi)	1/8	60 – 120
		5/32	90 – 160
		3/16	120 – 200
		1/4	190 – 300

(Rohyana,2004)

7.6.10. Keselamatan kerja pada las busur.

Las busur termasuk las busur metal terbungkus, busur gas terbungkus dan pengelasan tahanan. Peralatan las busur nyala bervariasi ukuran dan tipenya. Peralatan las berkisar (range) dari pengelasan busur metal yang dapat dipindah-pindahkan (*portable*) sampai dengan pengelas busur gas terbungkus. Oleh karena peralatan las bervariasi ukuran dan tipenya, maka penting untuk membaca dan mengikuti rekomendasi pabrik.

➤ **Keselamatan las busur secara umum**

- Sebelum memulai operasi pengelasan, suatu inspeksi komplit seharusnya dibuat pengelas (*welder*).
- Baca semua label dan manual instruksi.
- Pindahkan semua potensi resiko kebakaran (*fire hazard*) dari daerah pengelasan
- Selalu memiliki sebuah tabung pemadam api yang siap pakai.
- Peralatan mesin las dengan daya memiliki pengatur (*switch*) pemutus hubungan yang dapat di matikan secara cepat.
- Daya ke mesin seharusnya diputus hubungannya sebelum dilakukan perbaikan.
- Hubungan kabel ke tanah dari mesin las adalah esensial.
- Pemegang elektroda seharusnya tidak digunakan jika kabel hubungan putus, jepitan rusak, atau isolasi jelek.
- Suatu busur nyala tidak di tabrakan (*struck*), jika tidak ada proteksi mata yang pantas secara dekat.

➤ **Peralatan proteksi diri**

- Radiasi infra merah (*infrared*) menyebabkan kerusakan retina mata dan katarak. Lindungi mata anda dengan helm yang baik.
- Lindungi badan anda dari percikan (*spatter*) las dan busur nyala dengan pelindung seperti:
 - Pakaian wool
 - Pakai apron
 - Sarung tangan (*gloves*)
 - Pakaian yang tidak berjumbai (*frayed*) atau licin (*worn*).
 - Baju memiliki lengan panjang
 - Celana panjang (*trousers*) seharusnya dapat menutup sepatu ketika pengelasan
 - Mantel (*cape*) tahan api dan dibutuhkan untuk pengelasan posisi di atas kepala.
- Periksa pelindung peralatan sebelum digunakan untuk meyakinkan kondisinya dalam keadaan baik.
- Jaga pakaian bebas dari gemuk (*grease*) dan minyak (*oil*).

➤ **Ventilasi**

Ada ventilasi yang memadai tersedia sewaktu pengelasan di tempat kerja atau dimana ada rintangan untuk udara dapat berpindah (*movement*). Aliran yang bersifat alami (*natural*),

kipas (fan) dan posisi dari kepala dapat membantu menjaga asap (*fume*) menjauh dari wajah pengelas. Ventilasi cukup jika:

- Kamar atau daerah pengelasan paling sedikit 10.000 ft³ untuk setiap pengelas.
- Tinggi loteng tidak kurang dari 16 ft.
- Ventilasi tidak dihalangi oleh partisi, peralatan, atau resiko struktural (*structural barriers*).
- Pengelasan tidak dilakukan pada ruangan yang sempit (*confine space*)

➤ **Hindari kejutan listrik**

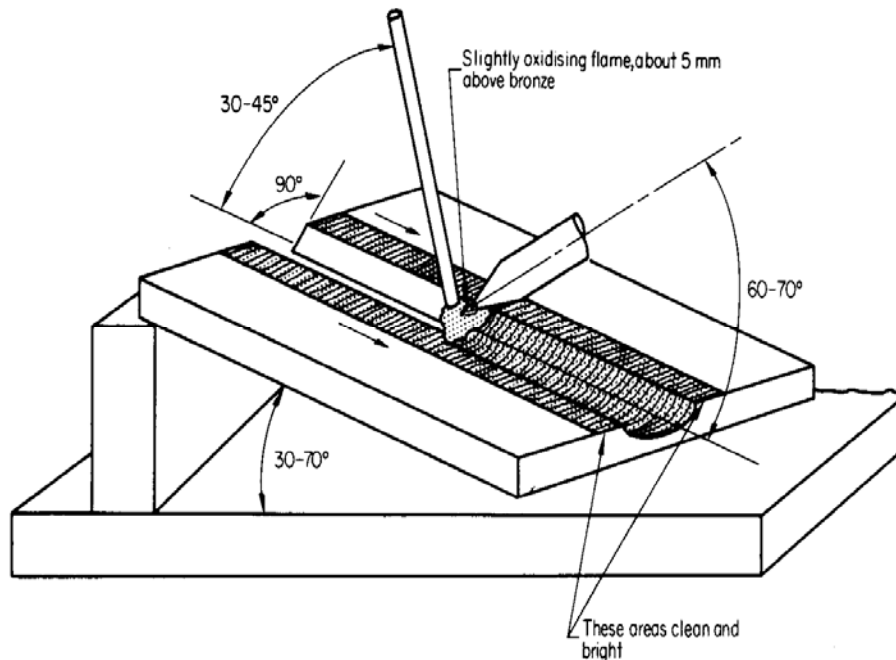
Kejutan listrik dapat membunuh. Untuk mencegah kejutan listrik dapat dilakukan antara lain:

- Pakai isolasi pemegang elektroda dan kabel yang baik.
- Yakinkan kabel-kabel dalam kondisi kering dan bebas dari lemak dan minyak.
- Jaga kabel pengelasan dari kabel suplai daya.
- Pakai sarung tangan yang kering.
- Pakaian juga harus kering.
- Isolasi pengelas dari tanah (*ground*) dengan menggunakan isolasi kering, seperti karet dan kayu kering (*dry wood*).
- Jangan memegang elektroda dengan tangan atau sarung tangan basah.

7.7. Penyambungan dengan Las Oxy-Asetilen

Pengelasan dengan gas oksasi-asetilen dilakukan membakar bahan bakar gas C₂ H₂ dengan O₂ sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu yang dapat mencair logam induk dan logam pengisi. Sebagai bahan bakar dapat digunakan gas-gas asetilen, propan atau hidrogen.

Diantara ketiga bahan bakar ini yang paling banyak digunakan adalah asetilen, sehingga las pada umumnya diartikan sebagai las oksasi-asetilen. Karena tidak memerlukan tenaga listrik, maka las oksasi-asetilen banyak dipakai di lapangan walaupun pemakaiannya tidak sebanyak las busur elektroda terbungkus.



Gambar 7.55. Proses Las Oksi-Asetilen
(Wood, 1979)

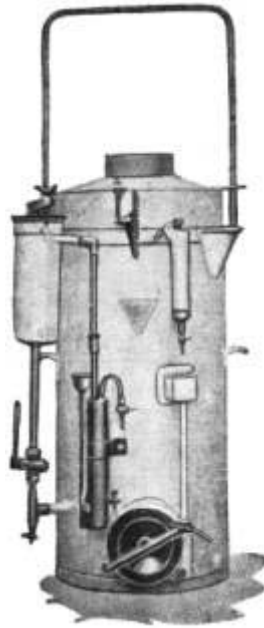
Pada skema las oksi asetilen diperlihatkan sudut brander las bersikar antara 60 – 70 ° dan sudut bahan tambah (filler) berkisar 30 – 45°. Arah pengelasan dari kiri kekanan dan posisi pengelasan di bawah tangan

7.7.1. Peralatan utama pada pengelasan Oxy-Asetilen

➤ Generator Asetilen

Generator asetilen merupakan alat yang digunakan untuk memproduksi asetilen melalui proses reaksi kalsium karbida dengan air. Proses kerja generator relatif sederhana, yaitu dengan jalan mempertemukan kalsium karbida dengan air secara proporsional yang selanjutnya akan diikuti dengan terjadinya reaksi sehingga menghasilkan gas asetilen.

Pemakaian generator dalam memproduksi asetilen masih terbilang banyak, terutama di daerah yang jauh dari industri asetilen atau daerah terpencil. Keuntungan penggunaan generator dapat menekan biaya operasional bila dibandingkan dengan pemakaian asetilen dalam botol. Namun kelemahan yang dimiliki ialah tekanan asetilen lebih labil dibandingkan dengan asetilen dalam botol.



Gambar 7.56. Generator asetilen

Generator asetilen dapat dikelompokkan atas beberapa jenis sesuai menurut kapasitas, pelayanan, cara kerja, dan tekanan.

- o Berdasarkan Kapasitas (Daya)
Menurut kapasitas, yaitu jumlah (liter atau m³) gas yang dapat diproduksi setiap jam, generator dapat digolongkan kedalam beberapa tingkat, seperti; 0,8; 1,25; 2; 3,2; 5; 10; 20; 40; dan 80 m³/jam.
- o Berdasarkan Pelayanan
Berdasarkan pelayanan, generator asetilen dapat dibedakan atas:
 - o Generator portable (yang dapat dipindah-pindahkan), biasanya yang berukuran kecil dan berkapasitas antara 30 s/d 600 Cu.ft/jam (1 Cu.Ft = 0,028 m³).
 - o Generator stasioner (tetap), ialah generator yang digunakan untuk industri-industri besar.
- o Berdasarkan Proses/Cara Kerja
Yang dimaksud dengan cara kerja di sini adalah sistem pembentukan asetilen di dalam generator. Berdasarkan cara kerja generator asetilen ini dapat dibedakan atas dua jenis utama yaitu:
 - Pesawat pencampur yang menggunakan sistem:
 - Sistem tetes (air ke karbid)
 - Sistem lempar (karbid ke air)

- Pesawat kontak, dimana karbid dan air dibuat bereaksi pada waktu tertentu. Sistem ini dikenal dengan Sistem celup, Sistem desak

➤ Pembakar (Brander) Las

Brander las merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai:

- Pencampur asetilen dengan oksigen
- Pengatur pengeluaran gas
- Pembangkit nyala api



Gambar 7.57. Brander Las Asetilen

Tabel 7.8. Hubungan Tebal Bahan, No. Tip Nozzle,&Tekanan Gas

Tebal Bahan (mm)	Nomor Tip	Tekanan Gas (dalam psi)			
		Brd. Tipe injektor		Brander tipe mixer	
		Asetilen	Oksigen	Asetilen	Oksigen
0,4	00	5	5 – 7	1	1
0,8	0	5	7 – 8	1	1
1,5	1	5	7 – 10	1	1
2,5	2	5	8 – 18	2	2
3,0	3	5	12 – 20	3	3
4,5	4	5	15 – 24	4	4
6,0	5	5	16 – 25	5	5
7,5	6	5	20 – 29	6	6
10,0	7	5	24 – 33	7	7
12,5	8	5	29 – 34	7,5	7,5
15,0	9	5	30 – 40	8	8
20,0	10	5	30 – 42	9	9

(Alip,1989)

Bagian utama brander las terdiri dari tiga komponen yaitu; badan pemegang, katup pengatur nyala, serta batang nozzle. Pemegang brander sesuai dengan namanya digunakan sebagai tempat pegangan. Selain itu juga merupakan kedudukan katup pengatur dan penyalur gas ke batang nozzle.

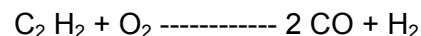
Katup pengatur pada alat ini terdapat dua buah, yaitu katup penyaluran oksigen dan katup penyaluran asetilen. Melalui kedua katup ini jumlah pengeluaran gas dapat diatur sesuai dengan proporsi yang dibutuhkan. Semakin lebar dibuka saluran gas, semakin banyak gas yang lewat dan pada akhirnya semakin besar/keras pula api yang dihasilkan.

Batang nozzle memiliki dua fungsi yaitu sebagai ruang pencampur gas dan sebagai nyala melalui orifisnya. Batang nozzle ini biasanya memiliki ukuran lubang yang berbeda-beda, yang pemakaiannya dapat disesuaikan dengan ketebalan bahan yang akan dilas.

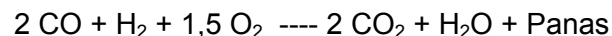
➤ **Nyala Api Oxy-Asetilen**

Ketepatan menggunakan nyala api dalam las oksidasi asetilen memegang peranan penting untuk memperoleh keberhasilan mengelas. Kesalahan menggunakan nyala dari yang semestinya digunakan dapat mengakibatkan kerusakan pada bahan yang dilas atau mutu pengelasan yang diperoleh kurang baik.

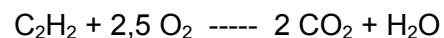
Nyala api las yang timbul akibat proses pembakaran gas asetilen dengan sejumlah oksigen sebenarnya merupakan hasil reaksi yang terjadi dalam dua tahap proses. Tahap pertama, pembakaran terjadi disebabkan oleh oksigen yang disediakan oleh pembakar yang diperoleh dari dalam tabung (pembakaran pertama) sebagai berikut:



Tahap kedua, pembakaran yang disebabkan oleh oksigen dari udara bebas (pembakaran kedua):



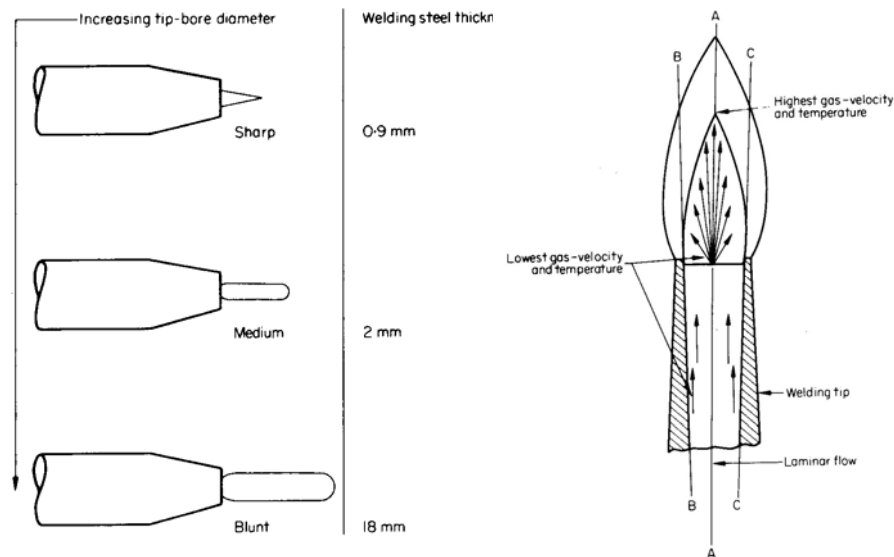
Jadi pembakaran sempurna diperoleh dengan mereaksikan satu bagian gas asetilen dengan 2,5 bagian oksigen:



Berdasarkan perbandingan oksigen dengan asetilen yang dicampur dalam pembakar, nyala api las dapat dibedakan atas tiga macam, yaitu nyala netral, nyala oksidasi, dan nyala karburasi.

✓ **Nyala Netral**

Nyala netral adalah nyala yang dihasilkan dari proses pencampuran antara gas asetilen dengan oksigen dalam jumlah perbandingan yang sama. Gas campuran yang dimaksudkan adalah gas yang diperoleh dari dalam tabung, sebagai mana reaksi pembakaran pertama di atas.



Gambar 7.58. Nyala api Oksi-asetilen
(Argawal, 1981)

Namun karena dalam prakteknya sebagian hidrogen terbakar menjadi uap air yang disebabkan oleh oksigen dalam proses pencampuran, maka oksigen menjadi berkurang. Oleh karena itu diperlukan oksigen lebih dari satu bagian untuk mendapatkan kestabilan nyala netral, sehingga perbandingan gas asetilen dengan oksigen yang disalurkan dari dalam tabung menjadi berkisar antara 1: 1,1 atau 1 : 1,2.

Nyala netral dapat dikenal dengan bentuk inti nyala yang panjang, tidak tajam dan memiliki dua tingkat nyala. Warna inti nyala adalah putih kebiru-biruan.

- **Cara Memperoleh Nyala Netral**

Mula-mula bukalah katup asetilen sedikit pada brander, dan langsung nyalakan dengan menggunakan percikan bunga api dari korek api las, maka akan didapati nyala asetilen yang berwarna kemerahan dengan asap yang tebal. Teruskan memutar katup asetilen sampai nyala yang terjadi bebas dari asap. Selanjutnya bukalah katup oksigen secara perlahan, sehingga didapati perbandingan pengeluaran gas dengan kadar yang sama yang ditunjukkan oleh bentuk nyala seperti pada gambar di atas.

Sewaktu proses pengelasan berlangsung sering didapati adanya kecenderungan nyala netral akan sedikit berubah menjadi nyala oksi dari akibat pengaruh tekanan gas. Untuk itu perlu sewaktu-waktu melihat dan menyetel kembali nyala tersebut, sehingga kemungkinan terjadinya kerusakan hasil las karena penggunaan nyala yang salah bisa dihindari.

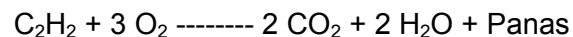
- **Penggunaan Nyala Netral**

Nyala netral dalam pengelasan pada umumnya digunakan untuk mengelas logam-logam yang memerlukan terjadinya pencairan dan perpaduan secara bersamaan, seperti pada baja, baja tahan karat, besi tuang, tembaga, dan aluminium.

Nyala netral sering digunakan karena dalam proses pengelasan tidak merubah dan mengurangi sifat-sifat utama dan sifat fisis dari bahan dasar.

✓ **Nyala Oksidasi**

Nyala oksidasi adalah nyala pembakaran yang terjadi dengan jumlah pencampuran gas yang tidak seimbang. Nyala ini dihasilkan dengan perbandingan volume zat asam lebih banyak dari volume asetilen. Reaksi yang terjadi dalam hal kelebihan oksigen adalah:



Nyala oksidasi dapat dikenal dengan bentuk inti nyala pendek, tajam dan tidak begitu jelas. Nyala luar juga kelihatannya pendek dikarenakan oleh oksidasi yang kuat. Tanda-tanda lain yang dimilikinya adalah dengan adanya suara khusus yang mendesis.

Nyala oksidasi dapat menyebabkan cairan logam mendidih dan memercik. Penambahan oksigen kedalam nyala dapat menyebabkan logam terbakar dan menghasilkan las getas atau pemisahan bagian logam.

- **Cara Memperoleh Nyala Oksidasi**

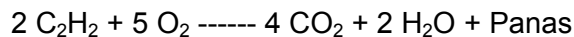
Nyala netral merupakan dasar bagi perolehan nyala lainnya. Justru itu untuk memperoleh nyala oksidasi, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menyetel nyala api netral. Selanjutnya tambahkan volume pengeluaran oksigen dengan memutar katup oksigen pada brander, sehingga nyala yang diperoleh memiliki bentuk dan ciri-cirinya.

- **Penggunaan Nyala Oksidasi**

Nyala oksidasi dapat digunakan untuk mengelas tembaga dan las kuningan (*brazing*). Selain itu umumnya nyala ini digunakan untuk proses pemotongan.

✓ **Nyala Karburasi**

Nyala karburasi diperoleh dengan membakar campuran gas yang mengandung asetilen berlebihan. Pada nyala ini kelebihan asetilen yang terkandung dan keluar melalui brander akan dibakar oleh oksigen yang berada pada udara bebas. Reaksi yang terjadi adalah:



Asetilen yang berlebihan dari inti nyala akan membentuk sayap asetilen yang panjang sayapnya tergantung jumlah kelebihan asetilen. Kalau panjang sayap dua kali nyala inti berarti perbandingan pembakaran gas adalah 2 asetilen dengan 1 oksigen (gas dimaksud yang dikeluarkan dari dalam tabung).

Tanda-tanda yang dapat dikenal pada nyala ini yaitu dengan adanya tiga tingkat nyala di ujung brander. Nyala luar biasanya lebih panjang dari nyala netral dan berwarna lebih terang.

- **Cara Memperoleh Nyala Karburasi**

Sebagaimana nyala oksidasi, pada nyala karburasi juga pertama sekali yang harus diperoleh adalah nyala netral. Selanjutnya kurangi volume pengeluaran oksigen, maka akan didapati nyala karburasi dengan tanda-tanda seperti yang telah diterangkan di atas.

- **Penggunaan Nyala Karburasi**

Asetilen yang berlebihan sangat banyak mengandung karbon dan inilah yang menyebabkan nyala karburasi kaya akan unsur karbon. Oleh karena itu nyala ini sering digunakan untuk proses pengerasan permukaan logam. Di samping itu dalam las brazing, karena bahan tambah yang digunakan memiliki titik cair dan kekerasan yang lebih rendah dari logam dasar, maka untuk menambah kekerasan dan kekuatan lasan nyala ini sangat cocok digunakan.

Nyala karburasi kurang baik digunakan untuk proses pengelasan cair karena dapat mempengaruhi sifat utama dan sifat fisis logam. Penyusupan kelebihan asetilen ke dalam cairan logam las, akan menambah kadar karbon ke dalam logam dan ini dapat membuat hasil lasan keras dan rapuh.

➤ **Bahan Tambah (Filler)**

Bahan tambah yang lazim disebut dengan kawat las atau filler adalah suatu batang logam yang digunakan sebagai bahan pengisi. Kawat ini diperdagangkan di pasaran dalam bentuk batangan yang biasanya dibuat dengan panjang kira-kira 900 mm. Ukuran penampang kawat bervariasi, diantaranya tersedia dengan diameter 1,6, 2,5, 3,2, 4,0, 5,0, 6,0, 8,0, dan 10,0 mm.

Penggunaan kawat las pada dasarnya harus disesuaikan dengan logam yang akan di las, kecuali untuk membrazing. Untuk itu kawat las tersedia dari berbagai jenis bahan, seperti baja lunak, besi tuang, stainless steel, tembaga, paduan tembaga, aluminium, dan paduan aluminium.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam memilih kawat las apabila pengelasan akan dilaksanakan, diantaranya jenis bahan yang akan dilas, tebal bahan yang akan dilas, jenis kampuh yang akan dibuat, ukuran lasan, dan kekuatan las yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan agar didapati hasil pengelasan yang baik.

➤ **Flux**

Flux merupakan bahan yang harus digunakan selain bahan tambah untuk pengelasan logam yang bukan baja lunak (*mild steel*). Ada beberapa jenis logam yang mempunyai sifat mengikat oksigen dengan kuat, seperti aluminium, tembaga, besi tuang, dan *stainless steel*. Logam ini apabila mengalami proses pemanasan dan pencairan akan mudah menyerap oksigen yang berada pada udara sekitarnya. Penyerapan

oksigen sangat tidak dikehendaki, karena akan menimbulkan oksida logam yang memiliki efek jelek terhadap hasil lasan. Untuk itulah dibutuhkan suatu bahan yang dapat melindungi cairan logam dari pengaruh oksidasi, yang disebut dengan *flux*.

Flux selama proses pembakaran akan bereaksi dengan oksida, melepaskan gas-gas yang timbul dan menghilangkan bahan-bahan yang bukan logam. Di samping itu *flux* akan membentuk lapisan *slag*, sehingga dapat melindungi cairan logam dari pengaruh luar.

Flux tersedia dalam berbagai bentuk seperti serbuk (tepung), pasta, dan cairan. Untuk pemakaian dapat disesuaikan, misalnya yang berupa tepung dengan jalan mencelupkan kawat las (yang terlebih dahulu sudah dipanasi) ke dalamnya. *Flux* akan melekat dan menyelimuti kawat las. Untuk yang berupa pasta dan cairan, pemakaian dengan jalan dioleskan.

Ada beberapa jenis bahan *flux* yang digunakan dalam pengelasan, seperti: *borax* ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), sodium karbonat (Na_2CO_3), sodium bikarbonat (NaHCO_3), sodium silikat, polassium borat, karbonat, khlorida, sulphat, dan borik acid (H_2BO_3). Untuk pemakaian *flux* ini harus diikuti penjelasan pabrik yang membuat. Misalnya, *flux* jenis *borax*, keterangan yang diberikan untuk kuningan, maka bahan *flux* ini hanya baik digunakan untuk pengelasan dengan bahan tambah kuningan.

➤ Regulator

Semua gas umumnya disimpan di dalam botol pada tekanan lebih tinggi di atas tekanan kerja atau nyala. Karena itu diperlukan perlengkapan untuk mengurangi tekanan atau dengan kata lain untuk mengatur tekanan menurut keperluan. Alat ini disebut dengan regulator.

Regulator dapat juga disebut katup pengurang (pereduksi) tekanan, yang dipasang pada katup botol oksigen, asetilen dan botol-botol lain atau pada pipa saluran.

Regulator yang dipasang pada botol, pada dasarnya memiliki dwi fungsi yaitu:

- Menurunkan tekanan isi botol menjadi tekanan kerja.
- Mengatur agar tekanan kerja pada pembakar selalu tetap, meskipun tekanan isi botol berubah

Pada regulator juga dilengkapi dengan dua buah alat pengukur yang disebut dengan monometer tekanan tinggi (isi) dan monometer tekanan rendah (kerja). Fungsi monometer pada regulator tersebut adalah:

- Monometer tekanan tinggi (*the high pressure gauge*) berfungsi untuk menunjukkan tekanan gas dalam botol.
- Monometer tekanan rendah (*the low pressure gauge*) berfungsi untuk menunjukkan besarnya tekanan kerja yang sedang digunakan.

Oleh karena dalam satu unit pesawat las asetilen digunakan dua buah botol gas, yaitu botol gas oksigen dan botol gas asetilen, maka regulator yang dipasang juga dua buah yaitu regulator oksigen dan regulator asetilen.



Gambar. 7.59. Regulator Oksigen



Gambar.7.60. Regulator Asetilen

✓ **Jenis Regulator**

Regulator yang digunakan pada botol gas baik untuk mengelas maupun untuk memotong dapat dibedakan atas beberapa kelompok, yaitu:

- o Jenis yang dipakai pada botol dan jenis yang dipakai pada sistem *manifold*.
- o Jenis kerja lurus (*direct acting*) dan kerja balik (*reverse acting*)
- o Jenis bertuas dan tanpa tuas (*lever types and non level* atau *nozzle and stem*)
- o *Regulator* bertingkat tunggal dan regulator bertingkat ganda
- o *Regulator* bertekanan tinggi (sampai 150 Atm) dan tekanan menengah (15-30 Atm).
- o *Regulator* oksigen, asetilen, udara, hidrogen, propane dan lain-lain.

✓ **Perbedaan utama regulator asetilen dan oksigen**

Regulator asetilen

- o Garis pada regulator diberi warna merah
- o Ulir sambungan ke katup botol pada regulator adalah ulir kiri, mur memakai tirus.
- o Skala tekanan pada monometer tekanan rendah sampai 30 atau 50 psi (2,5 atau 4 kg/cm²)
- o Skala tekanan pada monometer tekanan tinggi sampai 400 atau 500 psi (25 atau 35 kg/cm²)
- o Ada tulisan Asetilen

Regulator oksigen

- o Garis pada regulator diberi warna hijau/biru
- o Ulir sambungan ke katup botol pada regulator adalah ulir kanan, mur tanpa memakai *chamfer*.
- o Skala tekanan pada monometer tekanan rendah sampai 100 atau 250 psi (10 atau 40 kg/cm²)
- o Skala tekanan pada monometer tekanan tinggi sampai 3000 atau 5000 psi (250 atau 350 kg/cm²)
- o Ada tulisan oksigen.

✓ **Pemeliharaan dan keselamatan regulator**

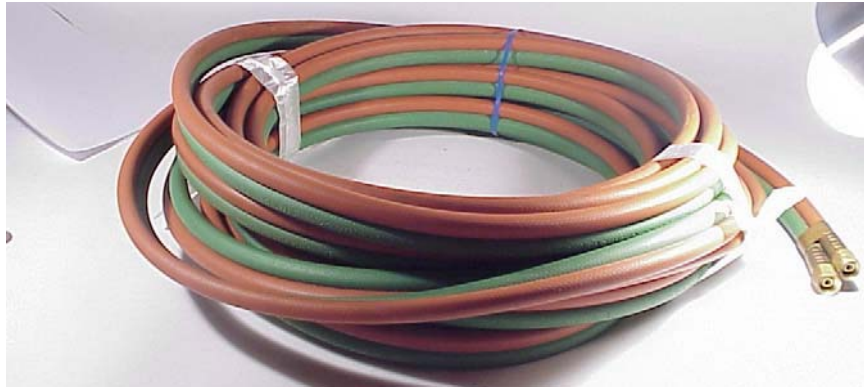
- Sebelum memasang regulator pada botol, hendaklah:
 - o Katup botol dibuka terlebih dahulu agak sebentar, hal ini bertujuan untuk menghembuskan kotoran-kotoran yang mungkin terdapat pada sambungan katup botol.

- o Periksa keadaan ulir pada regulator dan sambungkan ke katup botol, mur regulator seharusnya dengan mudah dapat dipasangkan pada katup botol.
- Gunakan kunci yang cocok untuk menggerakkan sambungan regulator ke botol, dengan arti kata kunci harus sepantasnya mengikat mur *regulator*.
- Pastikan bahwa baut pengatur *regulator* dalam keadaan bebas (longgar) sebelum membuka katup botol.
- Bukalah katup botol secara perlahan agar tidak jadi aliran jet yang dapat merusakkan *regulator*.
- Jangan sekali-kali membiarkan minyak, oli dan gemuk bersentuhan dengan salah satu bagian dari *regulator*.
- Jangan sekali-kali mempertukar pemakaian *regulator* oksigen dengan asetilen.
- Hindari *regulator* dari pukulan, guncangan dan hentakan. Dari itu bukalah (lepaskan) regulator dari botol yang hendak dipindahkan.
- Bila berhenti bekerja dalam waktu yang lama, tutup katup-katup botol, buang gas dari selang dan longgarkan dari baut pengatur.
- Bila tekanan naik, sedangkan katup kerja tertutup, tutup segera katup botol.
- Periksa kebocoran hanya dengan larutan sabun dan air.
- Jangan sekali-kali menggunakan regulator untuk setiap gas atau setiap tekanan, selain dari gas dan tekanan yang ditentukan.

➤ Selang Gas

Selang gas digunakan untuk penyaluran gas dari silinder/-botol atau generator melalui regulator ke pembakar (brander las). Selang ini dibuat dari bahan karet yang berlapis-lapis. Setiap lapisan ditenun dan dipasang berlainan misalnya dari bahan serat, nilon, kapas, lenen dan sebagainya. Pada bagian dalam di buat karet yang bermutu tinggi, tahan panas dan tekanan.

Sedangkan pada bagian luar dibuat dari karet bercampur belerang (*vulcanized rubber*) dan diberi warna. Kadang-kadang pada karet lapisan luar, juga dilapisi dengan lenen atau asbes guna menghindari kerusakan.



Gambar 7.61. Selang Gas

Selang gas harus bersifat lemas (elastis), tahan panas dan tahan terhadap tekanan. Untuk selang asetilen harus dapat menahan tekanan sampai 10 kg/cm^2 dan untuk selang oksigen harus dapat menahan tekanan dengan 20 kg/cm^2 . Ukuran selang bermacam-macam yang ditentukan oleh diameter dalamnya. Ada yang dibuat berukuran 5,5; 9,5 dan 13 mm. (Alip, 1989)

✓ **Perbedaan selang oksigen dengan selang asetilen**

Selang tidak dibolehkan untuk dipakai secara bergantian, misalnya mula-mula digunakan untuk menyalurkan satu jenis gas dan kemudian jenis gas lainnya. Apabila oksigen disalurkan melalui selang yang sebelumnya bekas digunakan untuk mengalir asetilen, maka akan dapat menyebabkan terbentuknya suatu campuran yang mudah terbakar akibat sisa-sisa bekas asetilen yang masih tertinggal. Untuk menghindari terjadinya hal ini, maka selang oksigen dan asetilen dibuat berbeda satu sama lainnya.

Tabel 7.9. Perbedaan selang oksigen dan asetilen

No.	Selang Oksigen	Selang Asetilen
1.	Warna biru, hijau, atau hitam	Warna merah atau maron
2.	Kekuatan tekanan sampai 20 kg/cm^2	Kekuatan tekanan sampai 10 kg/cm^2
3.	Ditandai dengan oxy	Ditandai dengan ace

(Alip, 1989)

✓ **Pemeliharaan Keselamatan Selang**

Selang harus ditangani secara hati-hati untuk mencegah kecelakaan, kerusakan, dan kebocoran. Beberapa hal yang harus diperhatikan terhadap selang:

- o Jaga selang agar jangan kusut, sebab akan dapat menghambat pengaliran gas.
- o Jangan diseret pada lantai yang kasar.
- o Lindungi selang dari panas, percikan api, terak panas, dan logam panas.
- o Jangan biarkan selang tergencet, tertekuk atau berbelit-belit.
- o Gunakan klem pengikat yang cocok untuk mengikat selang. Jangan digunakan kawat atau pita isolasi
- o Gulung kembali selang dengan baik setelah selesai menggunakannya.
- o Selang tidak boleh terlindas, terhimpit atau terjepit benda keras seperti besi dan lain sebagainya.

7.7.2. Keselamatan kerja las oksi-asetilen

Keselamatan kerja untuk pengelasan las oksi-asetilen adalah sebagai berikut:

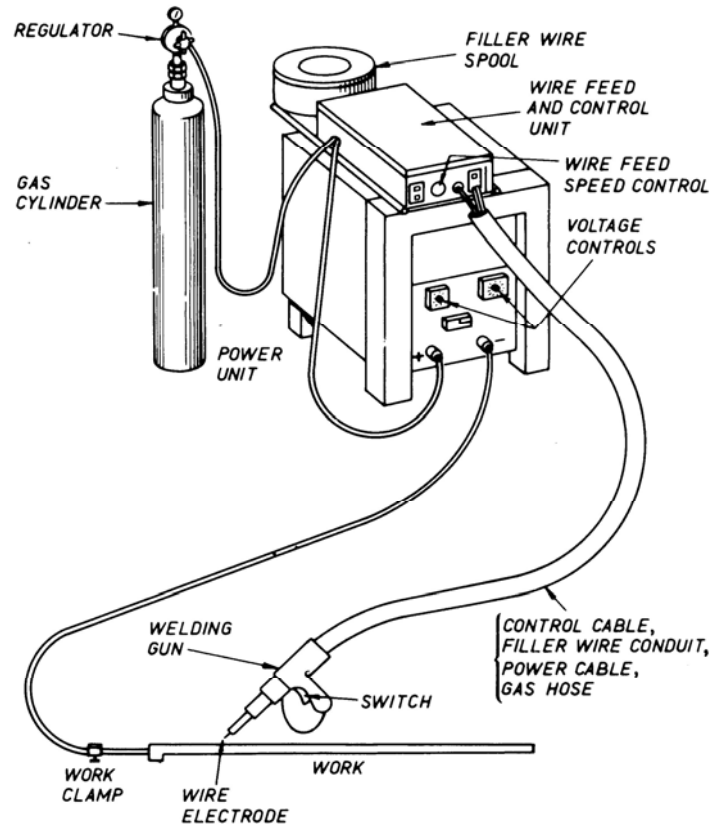
- Jangan gunakan gas asetilen pada tekanan di atas 15 psi.
- Jangan gunakan peralatan yang rusak (*damage*).
- Jangan gunakan minyak (*oil*) atau gemuk (*grease*) pada atau disekitar peralatan oksigen.
- Jangan gunakan oksigen atau gas untuk menghembus kotoran atau debu pada pakaian kerja (*clothing*) atau peralatan (*equipment*).
- Jangan gunakan korek api untuk menghidupkan brander, selalu memakai korek api las.
- Ketika membuka katup silinder atau oksigen, selalu celah (*crack*) buka pertama.
- Selalu pastikan regulator mempunyai mur pengatur dengan memutarnya berlawanan arah jarum jam sampai bebas sebelum katup silinder terbuka. Berdiri pada sisi sebuah regulator, jangan di depannya ketika membuka katup silinder.
- Selalu pakai kaca mata (*goggle*) dengan baik, sarung tangan (*gloves*), pakaian kerja ketika bekerja dengan peralatan oksi-asetilen.
- Selalu memakai sebuah tabung pemadam api tangan (*fire extinguisher handy*) ketika bekerja dengan peralatan oksi-asetilen.
- Selalu menaruh kembali tutup (*cap*) silinder ketika telah selesai memakai silinder.

- Jangan percaya pada warna silinder untuk mengidentifikasi isinya, karena beberapa penyalur (*supplier*) menggunakan kode-kode warna yang berbeda.
- Selalu memakai regulator yang baik untuk dalam silinder.
- Selalu memakai silinder hanya dalam posisi tegak lurus.
- Jangan menyimpan silinder pada temperatur di atas 130° F.
- Selalu menjaga katup pembuka (*the valve wrench*) pada katup silinder asetilen ketika menggunakan. Katup hanya terbuka maksimum 1,5 putaran.
- Jangan membawa geretan (*lighter*), korek api (*matches*), atau obyek lain yang mudah terbakar dalam saku (*pocket*) ketika pengelasan atau pemotongan.
- Selalu hati-hati dari sekeliling anda ketika memakai brander.
- Hati-hati tidak membiarkan selang terjadi kontak dengan nyala brander atau nyala api (*spark*) dari pemotongan.



Gambar 7.62. Las Asetelin

7.8. Pengenalan Las TIG (Tungsten Inert Gas)/GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)



Gambar 7.63. Las TIG
(Wood, 1979)

7.8.1. Pengertian pengelasan TIG/GTAW.

Tungsten = suatu logam yang digunakan untuk elektroda yang tidak mencair pengelasan (*non consumable*), fungsinya hanya menghubungkan arus listrik dari sumber daya ke logam yang berbentuk busur panas

Inert = tidak giat (aktif)

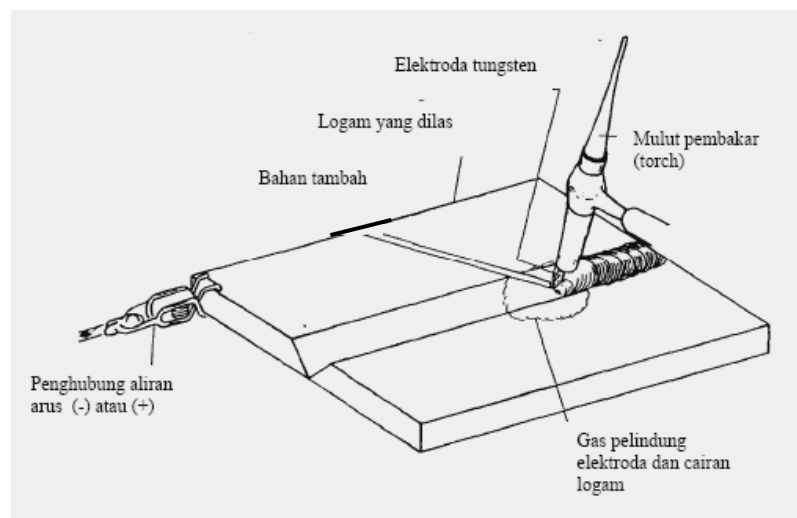
Gas = bahan salutan yang melindungi busur dan daerah cairan logam

Pengelasan dengan gas pelindung Argon (*Tungsten Iner Gas*) Merupakan salah satu pengembangan dari pengelasan yang telah ada yaitu pengembangan dari pengelasan secara manual yang khususnya untuk pengelasan *non ferro* (aluminium,

magnesium kuningan dan lain-lain, baja spesial (Stainless steel) dan logam-logam anti korosi lainnya.

Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) ini tidak menggunakan proses elektroda sekali habis (non consumable electrode), Temperatur yang dihasilkan dari proses pengelasan ini adalah 30.000 0 F atau 16.648 0 C dan fungsi gas pelindung adalah untuk menghindari terjadinya oksidasi udara luar terhadap cairan logam yang dilas, maka menggunakan gas Argon, helium murni atau campuran salah satu sifat dari gas ini adalah bukan merupakan bahan bakar, melainkan sebagai gas pelindung. Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) merupakan pengelasan yang sangat tinggi kualitasnya, juga dapat meningkatkan:

1. Kontrol yang sangat baik terhadap kemampuan adanya perubahan arus listrik dalam pengelasan
2. Hasil pengelasan pada sambungan secara visual sangat baik
3. Ujung elektroda terpusat pada bagian yang akan di las.



Gambar 7.64. Skema Pengelasan Las TIG
(Rohyana, 2004)

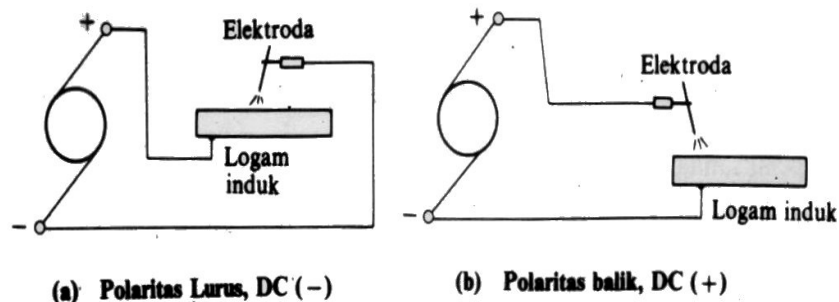
Pada las TIG, logam pengisi dimasukkan ke dalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk. Tetapi untuk mengelas pelat yang sangat tipis kadang-kadang tidak diperlukan logam pengisi. Las TIG dapat dilaksanakan dengan tangan atau otomatis dengan mengotomatisasikan cara pengumpanan logam pengisi.

Penggunaan las TIG mempunyai dua keuntungan, yaitu pertama kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur terlepas

dari besarnya arus listrik sehingga penetrasi ke dalam logam induk dapat diatur semuanya. Cara pengaturan ini memungkinkan las TIG dapat digunakan dengan memuaskan baik untuk pelat baja tipis maupun pelat yang tebal. Kedua adalah kualitas yang lebih baik dari darah las. Tetapi sebaliknya bila dibandingkan dengan las MIG, efisiensinya masih lebih rendah dan biaya operasinya masih lebih tinggi. Karena hal-hal di atas, maka las TIG biasa digunakan untuk mengelas baja-baja kualitas tinggi seperti baja tahan kara, baja tahan panas dan untuk mengelas logam-logam bukan baja.

Las TIG sangat banyak digunakan untuk mengelas pelat aluminium yang tipis atau bila diperlukan las dengan masukan panas yang rendah. Las TIG menggunakan elektroda yang tidak terlalu cair, jadi juga berarti bahwa arus listrik yang banyak digunakan tidak terlalu besar. Pada pengelasan logam dengan kapasitas panas yang berbeda dapat menimbulkan terjadinya penembusan yang tidak sempurna pada pada logam dengan kapasitas panas yang lebih besar. Perbedaan kapasitas panan ini dapat karena perbedaan tebal atau karena perbedaan luas. Dalam hal ini logam dengan kapasitas panas yang lebih tinngi harus diberi pemanasan mula atau mencampurkan gas He pada gas pelindung sehingga busur menjadi lebih terpusat.

Sumber listrik yang digunakan untuk mengelas TIG dapat berupa listrik DC atau listrik AC. Dal hal ini listrik DC rangkaian listriknya dapat dengan polaritas lurus di mana kutup positif dihubungkan dengan logam induk kutup negatif dengan batang elektroda atau rangkaian sebaliknya yang disebut polaritas balik. Skema dari kedua rangkaian ini dapat dilihat dalam gambar.

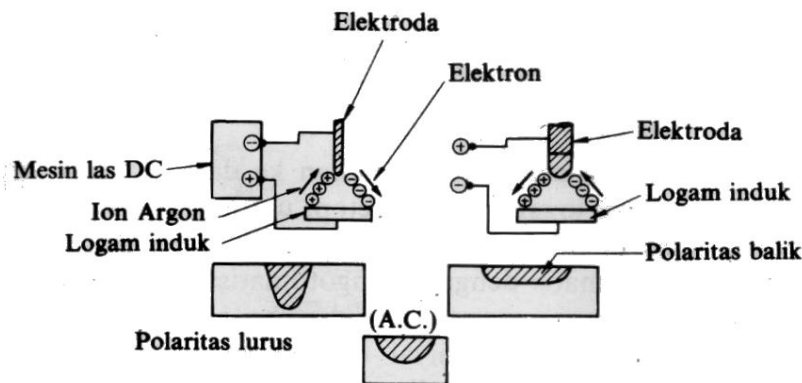


Gambar 7.65. Diagram rangkaian listrik dari mesin las listrik DC (Alip, 1989)

Dalam polaritas lurus elektron bergerak dari elektroda dan menumbuk logam induk dengan kecepatan yang tinggi sehingga dapat terjadi penetrasi yang dalam. Karena pada

elektroda tidak terjadi tumbukan maka secara relatif suhu elektroda tidak terlalu tinggi, karena itu dengan polaritas ini dapat digunakan arus yang besar. Sebaliknya dalam polaritas balik elektroda menjadi panas sekali, sehingga arus listrik yang dapat dialirkan menjadi rendah. Untuk ukuran elektroda yang sama dalam polaritas balik kira-kira hanya 1/10 arus polaritas lurus yang dapat dialirkan. Bila arus terlalu besar maka ujung elektroda akan turut mencair dan merubah komposisi logam cair yang dihasilkan dengan polaritas balik penetrasi ke dalam logam induk menjadi dangkal dan lebar. Di samping itu terjadi proses inosasi pada gas argon yang menyelubunginya dan terbentuk ion-ion Ar positif, yang menumbuk logam dasar dan dapat melepaskan lapisan oksida yang ada dipermukaannya. Karena sifatnya yang dapat membersihkan maka peristiwa ini dinamakan pembersihan.

Pengaruh polaritas terhadap proses pengelasan TIG dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 7.66. Pengaruh polaritas pada pengelasan TIG
(Harsono&Toshei,1981)

Bila dipergunakan listrik AC maka proses yang akan terjadi sama dengan menggunakan arus searah dengan polaritas lurus dan polaritas balik yang digunakan secara bergantian. Karena hal ini maka penggunaan arus bolak balik, hasil pengelasan akan terletak antara hasil pengelasan dengan arus searah dengan polaritas lurus dan polaritas balik. Pada umumnya busur yang dihasilkan dengan listrik DC kurang begitu mantap dan untuk memantapkannya perlu ditambahkan listrik AC dengan frekuensi tinggi. Pemakaian jenis polaritas dalam pengelasan beberapa macam logam ditunjukkan dalam tabel berikut:

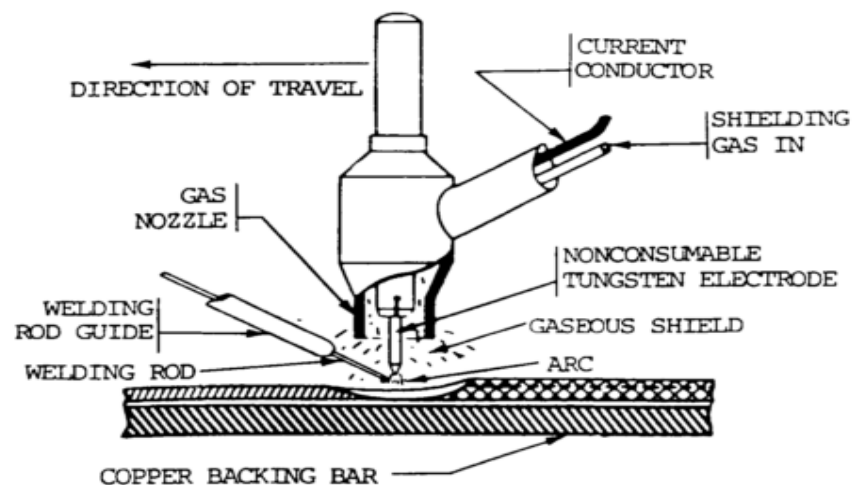
Tabel 7.10. Penggunaan Mesin las TIG untuk beberapa logam

No	Logam	Listrik AC Frekwensi Tinggi	Listrik DC Polaritas Lurus	Listrik DC Polaritas Balik
1	Baja	Terbatas	Sesuai	-
2	Baja tahan karat	Terbatas	Sesuai	-
3	Besi cor	Terbatas	Sesuai	-
4	Aluminium dan paduannya	Sesuai	-	Dapat untuk pelat tipis
5	Magnesium dan paduannya	Sesuai	-	Dapat untuk pelat tipis
6	Tembaga dan paduannya	Terbatas	Sesuai	
7	Alumunium bronz	Sesuai	Terbatas	

(Harsono&Toshei,1981)

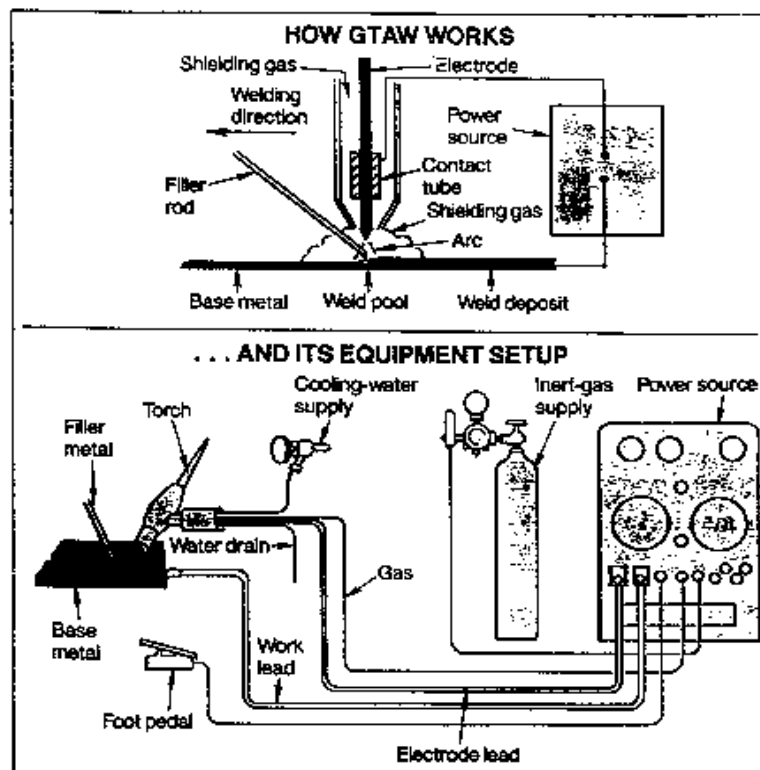
Berdasarkan keterangan diatas, maka biasanya arus searah dengan polaritas lurus dipakai untuk pengelasan dipakai untuk pengelasan baja, sedangkan untuk aluminium karena permukaannya selalu dilapisi dengan oksida yang mempunyai titik cair yang tinggi, maka sebaiknya memakai arus bolak balik biasa yang ditambah dengan arus bolak balik frekuensi tinggi. Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa las TIG dapat dilakukan pengelasan dengan tangan dan pengelasan otomatis.

Skema dari kedua macam pelaksanaan ini ditunjukkan dalam gambar dibawah.

Gambar 7.67. Skema Las TIG
(Kenyon,1979)



Gambar 7.68. Contoh Pengerjaan Las TIG



Gambar 7.69. Rangkaian Las TIG
(Kenyon, 1979)

7.8.2. Unit Kontrol

Fungsi *switch on/of* yang ada pada unit kontrol adalah untuk mengatur :

- o Besarnya arus untuk pengelasan
- o Aliran gas Pelindung
- o Aliran air pendingin

Kontrol unit akan bersama-sama operasional dengan sistem tenaga yang ada pada mesin las ,juga bisa dioperasikan dengan remote kontrol yang menggunakan injakan kaki.

7.8.3. Sistem awal penyalaan busur

Ujung penyalaan busur atau menggunakan unit frekuensi tinggi akan terjadi penyalaan awal dengan cara menggosokkan elektroda tungsten terhadap benda kerja. Hal ini akan memberikan kontinuitas penyalaan dan pengelasan yang baik. Dalam pengerjaan pengelasan harus selalu menggunakan peralatan yang sesuai dengan kelengkapan mesin las yang telah ditentukan.

7.8.4. Penindis

Tempat penyimpan kapasitor, sering dikatakan juga penindis fungsi penindis ini adalah untuk mengatur perubahan pemakaian arus AC menindis komponen DC ini akan menghasilkan sirkuit pengelasan.

7.8.5. Menghilangkan lubang

Menghilangkan lubang pada kawah pengelasan adalah secara otomatis dengan mengurangi arus listrik pengelasan secara berangsur-angsur sampai dengan arus yang sesuai dengan yang dikehendaki atau sesuai dengan diameter elektroda, hal ini adalah untuk mencegah terjadinya pelubangan.

Terjadinya pelubangan, ditekan sekecil mungkin dan diatur dalam mesin las. Dalam kasus yang lain dan sama efeknya yaitu penggunaan remot kontrol yang digerakan dengan injakan kaki.

7.8.6. Mulut Pembakar

- Mulut pembakar dengan pendinginan udara
Pendinginan untuk pengelasan dengan menggunakan udara hanya digunakan untuk pengelasan dibawah 50 amp, sedangkan untuk pengelasan diatas 50 amperes

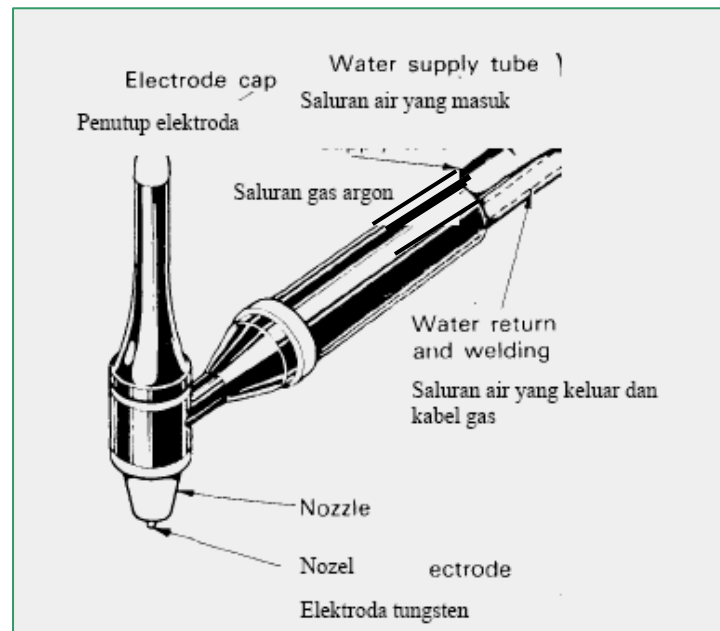
menggunakan sampai dengan 200 ampere atau lebih menggunakan air. Selang saluran yang mengalirkan udara dengan gas digabungkan dengan melalui tabung PVC, juga disatukan dengan kabel arus listrik

➤ Mulut pembakar dengan pendinginan air (water cooled torches)

Mulut pembakar dengan pendinginan air dibuat dengan berbagai ukuran, karena akan dioperasikan dalam berbagai besar arus listrik untuk pengelasan.

Isi selang gabungan terdiri dari:

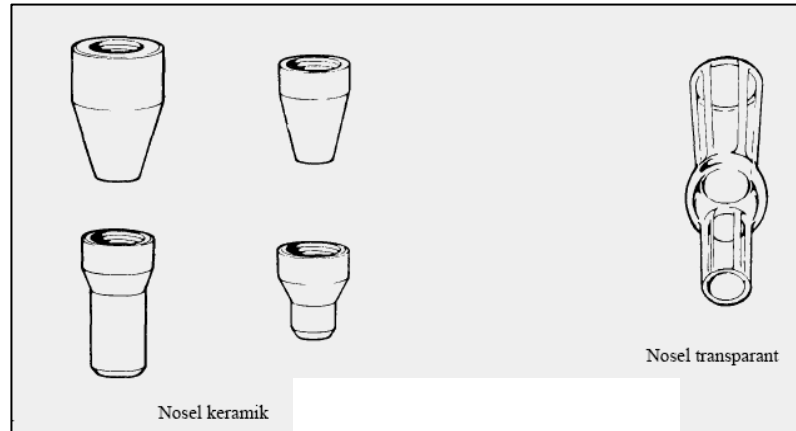
1. Saluran aliran gas yang masuk
2. Saluran aliran air yang masuk
3. Saluran aliran air keluar.



Gambar 7.70. Mulut Pembakar (Welding Torch) dengan Pendinginan air (Alip,1989)

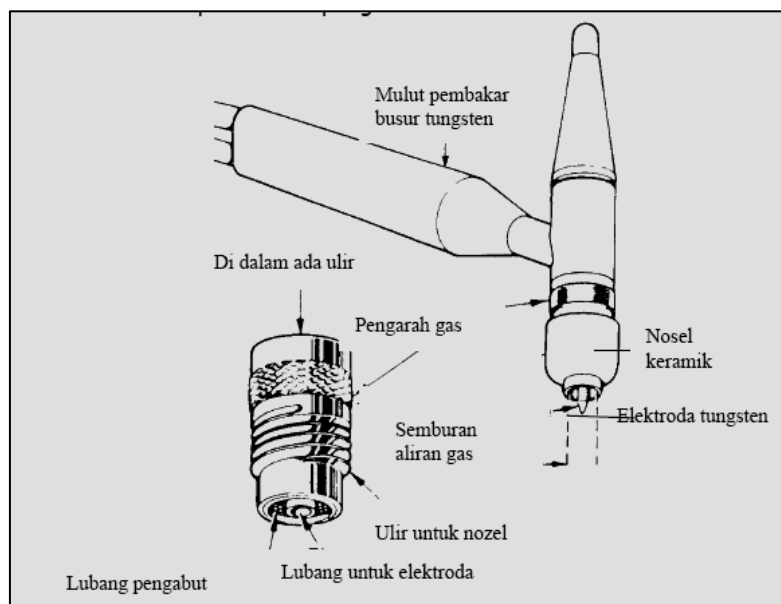
7.8.7. Nozel gas pelindung

Ukuran nozel yang akan digunakan oleh operator harus terlebih dahulu melihat petunjuk atau data-data atau tabel yang dikeluarkan oleh perusahaan yang membuat mesin las juga berapa ketetapan ukuran nozel yang sesuai dengan ukuran mulut pembakar. Seorang operator harus melihat besar kecilnya ukuran pelindung nozel dengan kesesuaian terhadap keperluan pengelasan.



Gambar 7.71. Jenis Pelindung Nozel

Lensa gas harus berfungsi dengan baik terhadap mulut pembakar karena gas akan melindungi terjadinya oksidasi udara luar terhadap elektroda pengelasan.

Gambar 7.72. Nozel Las TIG
(Alip,1989)

7.8.8. Gas Pelindung

Fungsi gas pelindung adalah untuk menghindari terjadinya oksidasi udara luar terhadap cairan dan akan mengakibatkan kurang sempurnanya perpaduan antara bahan tambah (*filler rod*) dengan cairan bahan yang disambung.

Jenis gas pelindung:

- Gas argon (Ar)
- Gas helium (He)
- Gas campuran helium dengan argon (75 % He, 25 %Ar).
- Gas campuran argon/helium/hydrogen.

✓ **Gas argon**

Gas argon selalu digunakan pada pengelasan tungsten inert gas (TIG). Gas ini adalah hasil destilasi dari udara, destilasi udara menghasilkan akan menghasilkan nitrogen 78 %, oksigen 21 % dan 1 % gas lainnya termasuk gas argon. Keistimewaan gas argon adalah bisa digunakan untuk pengelasan semua logam dan harga gas dipasaran relatif murah bila dibandingkan gas pelindung lainnya.

✓ **Gas helium**

Gas helium sangat sulit dicari dipasaran ,karena produksi gas hanya ada di beberapa tempat oleh karena itu harganya sangat mahal dan penggunaannya hanya untuk pengelasan yang dalam saja lain halnya bila dibandingkan dengan gas argon bisa digunakan untuk semua logam.

✓ **Gas campuran argon dan helium**

Gas campuran argon dan helium dengan prosentasi 75 % He, 25 %Ar sangat baik untuk pengelasan logam yang berbeda jenis. Salah satu gas menjadi dasar. Prosentasi gas helium paling besar, karena untuk meningkatkan temperatur pemanasan gas ini sangat baik untuk pengelasan aluminium. Kekurangan gas ini adalah rambatan panasnya terlalu cepat dan cepatnya pencairan logam, maka hasil penetrasi pengelasan lebar dan dalam.

✓ **Gas campuran argon/helium/hydrogen**

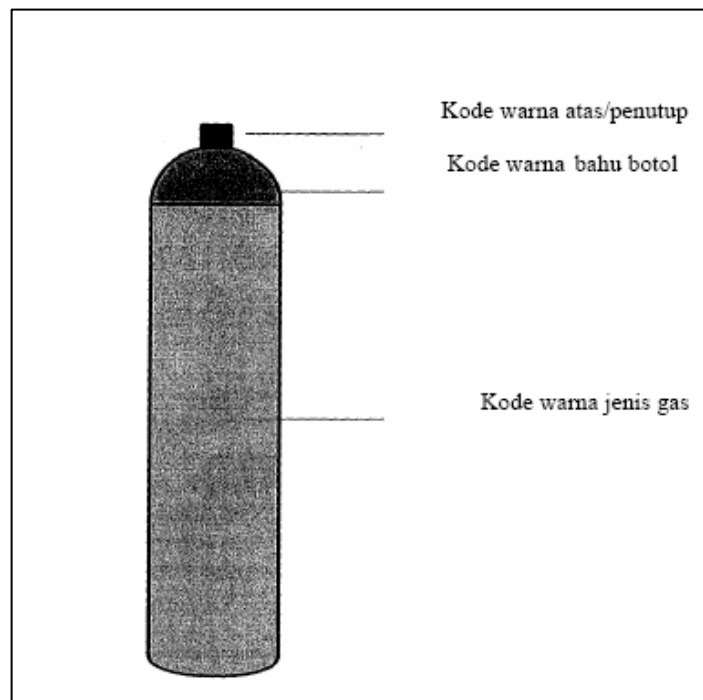
Gas campuran ini sangat baik untuk pengelasan baja (baja karbon rendah dan baja paduan), *stainless steel*, tembaga paduan dan nickel. Gas ini akan menghasilkan busur panas sangat baik dan kecepatan rambatan panas busur sangat baik, tetapi kekurangannya gas ini melindungi terlalu lama

✓ **Tanda Warna silinder**

Untuk memudahkan membedakan jenis gas yang digunakan untuk pengelasan dengan menggunakan gas, karena dalam pengelasan dengan menggunakan gas banyak jenisnya, sedangkan untuk pengelasan dengan menggunakan tungsten inert gas adalah:

1. Silinder gas Argon berwarna biru tua (*peacock blue*)
2. Silinder gas helium berwarna coklat muda (*middle brown*)
3. Silinder gas argon/helium berwarna bagian badan biru tua (*peacock blue*) dan bagian punggung coklat muda (*middle brown*)
4. Silinder gas argon/helium/hydrogen berwarna bagian badan biru tua (*peacock blue*), bagian punggung coklat muda (*middle brown*) dan bagian atas/penutup berwarna merah tua (*red band*).

Gas pelindung disimpan pada botol yang dilengkapi dengan sistem pengamanan.

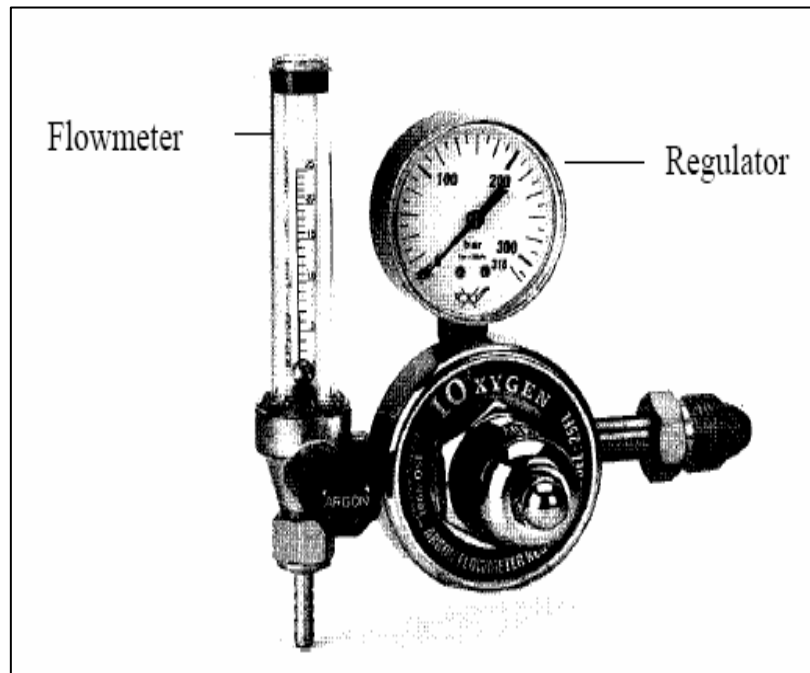


Gambar 7.73. Botol Gas Pelindung

7.8.9. Regulator dan Flowmeter

❖ Regulator

Fungsi regulator adalah untuk mengetahui tekanan botol dan mengatur tinggi rendahnya tekanan yang akan digunakan. Regulator untuk pengelasan tungsten inert gas di set maksimum sampai 200 Kpa.

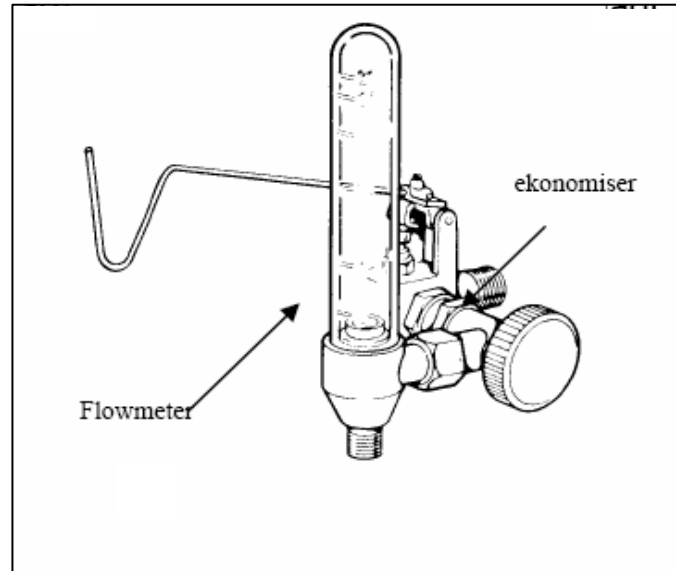


Gambar 7.74. Regulator dan Flowmeter

❖ Alat Pengukur Aliran (Flowmeter)

Alat pengukur aliran gas (*flowmeter*) adalah untuk mengukur aliran gas yang digunakan untuk melindungi proses pencairan dalam pengelasan. Di dalam alat ini mempunyai bola dalam tabung gelas yang berfungsi sebagai penunjuk ukuran gas yang dikehendaki dengan satuan cubic feet per hour (CFH).

Selain itu, ada juga *flowmeter* yang dilengkapi dengan ekonomiser. Fungsi ekonomiser adalah untuk menghemat gas, karena gas yang digunakan apabila tidak dipakai akan terus menerus keluar, oleh karena itu maka digunakan ekonomiser sebagai pengatur gas apabila kait yang sebagai tempat menyimpan mulut pembakar mendapat beban, maka gas akan tertutup dan apabila mulut pembakar dipakai lagi maka gas akan bekerja kembali.

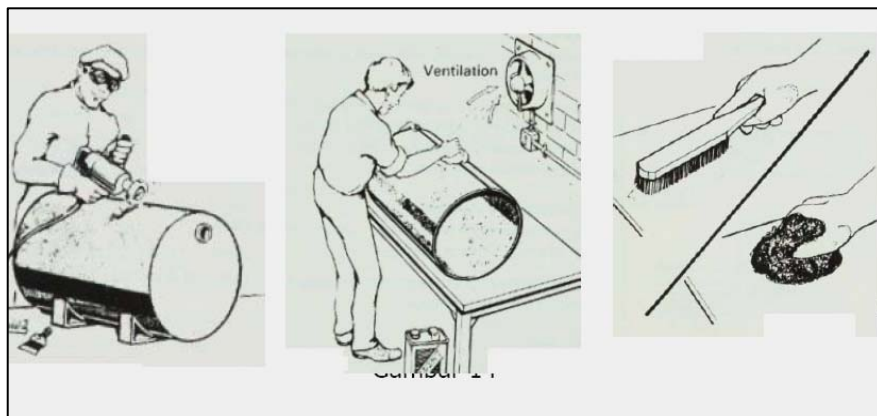


Gambar 7.75. Flowmeter dan Ekonomiser

7.8.10. Persiapan pengelasan permukaan logam.

❖ Kondisi permukaan yang akan disambung

Permukaan logam yang akan di las harus terbebas dari kotoran yang akan menghambat pencairan di daerah yang akan disambung. Untuk sambungan tumpang dan fillet agak sulit dibersihkan pada bagian sudut permukaan dan mudah terkontaminasi oleh zat lain. Sebelum dilas permukaan logam dibersihkan terlebih dahulu dengan mesin sikat baja, amplas, kikir, zat kimia sikat baja manual, sikat wool dan lain-lain.



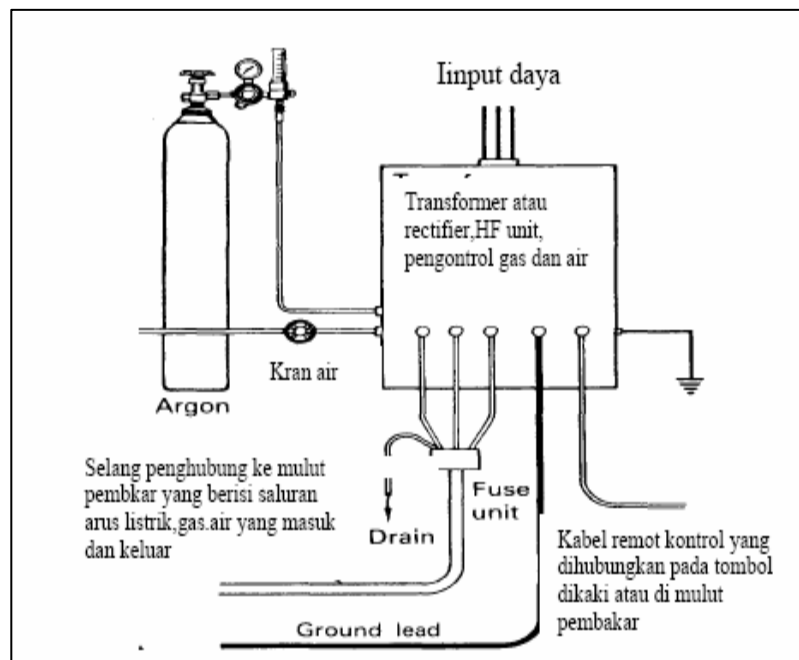
Gambar 7.76. Jenis Alat untuk Membersihkan Permukaan

Zat kimia yang digunakan untuk membersihkan permukaan adalah *trichlorethylene* dan *perchlorethylene*, utamanya zat ini untuk membersihkan oli dan gemuk (*grease*) Penggunaan zat kimia dalam membersihkan permukaan logam harus hati-hati, karena cairan zat ini akan berubah menjadi gas racun, oleh karena itu dalam proses membersihkan pelat harus memakai alat pengaman khususnya alat penutup sistem pernafasan.

❖ Memasang Peralatan

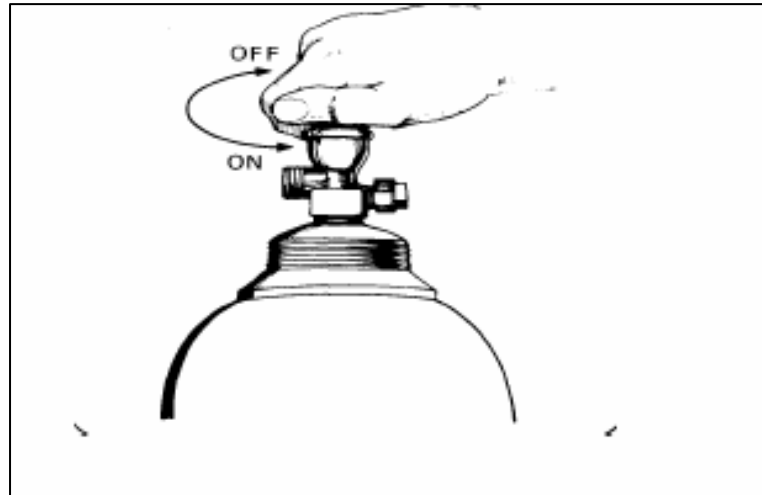
▪ Menginstal peralatan

1. Pilih kabel sekunder yang sesuai dengan arus listrik pengelasan untuk pengelasan maksimum
2. Kabel negatif (*ground*) hubungkan dengan meja kerja mengelas atau dengan pekerjaan yang dilas, maka arus yang digunakan untuk mengelas akan sepenuhnya berfungsi.
3. Hubungkan kabel negatif (*ground lead*) dari unit pembangkit tenaga (mesin las) ke meja las.
4. Hubungkan kabel mulut pembakar (*torch*) elektroda dengan pembangkit tenaga (mesin las)



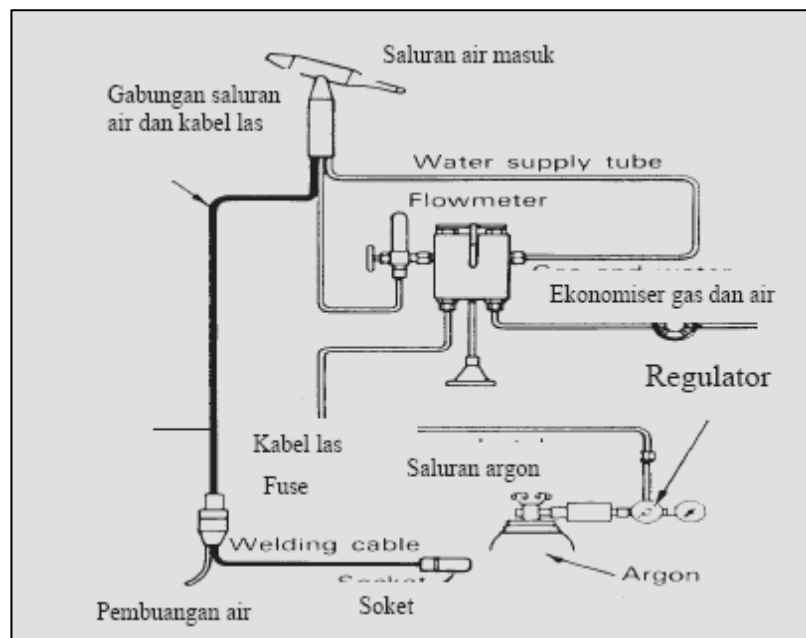
Gambar 7.77. Cara Memasang Peralatan Las TIG
(Rohyana, 2004)

5. Pemasangan conector (penghubung) gas.
 - o Bersihkan lubang katup silinder sampai bersih dan bebaskan dari debu sebelum regulator dipasang
 - o Masukkan ulir regulator ke ulir katup pengeluaran gas dari silinder (ulir kanan)
 - o Ikuti petunjuk menurut buku pedoman untuk memasang selang gas dengan regulator.



Gambar 7.78. Membuka Keran Katup Silinder

❖ Memasang saluran air pendingin



Gambar 7.79. Sistem Saluran Daya, Gas dan Air Pendingin

Pendinginan dalam pengelasan dengan TIG digunakan air, air untuk pendinginan ini dialirkan dari saluran yang dipompakan dari instalasi pipa air atau juga bisa digunakan pompa air tersendiri dan biasanya pompa air ini sudah merupakan satu unit dengan mesin las.

❖ **Pemilihan kondisi jenis arus listrik**

✓ **Jenis arus listrik**

Jenis *Alternating Current* (AC) atau Arus searah digunakan untuk pengelasan aluminum, magnesium, logam paduan Al,Mg, nikel, aluminum bronze.

Jenis *Direct Current* (DC) atau arus bolak-balik digunakan untuk pengelasan Baja, baja paduan, stainless steels, tembaga, tembaga paduan, nikel, nikel paduan, titanium dan logam reaktif lainnya.

✓ **Tingkatan arus**

Pemilihan arus pengelasan harus menghasilkan:

- Cairan las bahan tambah dengan bahan yang dilas terpadu dengan baik.
- Penetrasi cairan sangat memadai.

✓ **Ketepatan dalam pemilihan arus listrik harus berdasarkan:**

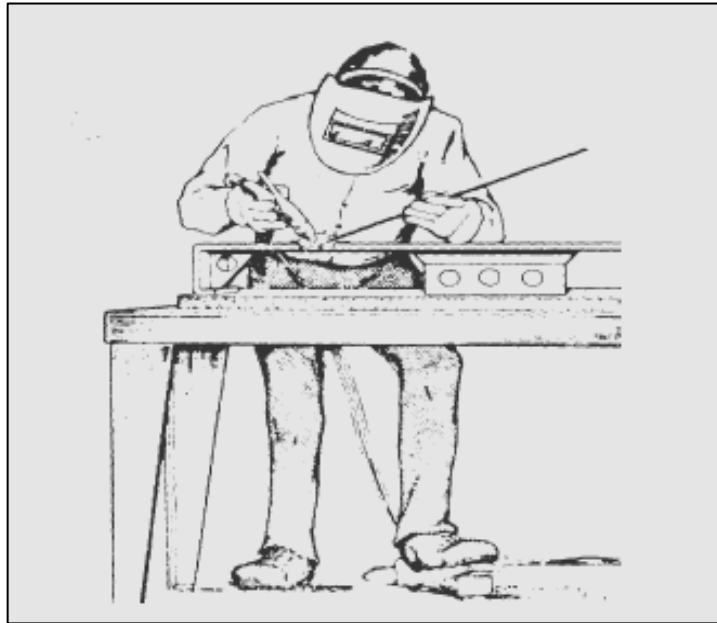
- bahan yang akan dilas.
- Tebal bahan yang akan dilas.
- Jenis sambungan.
- Posisi pengelasan
- Jenis elektroda yang digunakan.
- Jenis penjepit (*holder*) elektroda

❖ **Petunjuk umum pengelasan dengan TIG**

1. Lengkapi alat keselamatan kerja dan pelajari prosedur cara penanggulangan apabila terjadi kecelakaan
2. Periksa kabel ground lead yang dihubungkan dengan meja dan sumber daya
3. Periksa sistem sambungan-sambungan (*connector*) saluran yang menghubungkan terhadap mulut pembakar (*torch*)
4. Periksa kekakuan dan kekenyalan selang gas argon, kabel listrik dan selang air juga yang sifatnya menghambat kelancaran aliran

5. Periksa *switched on* sumber daya listrik yang ada pada mesin las.
6. Periksa dan bersihkan katup pengeluaran gas dari silinder argon.
7. Periksa ukuran nozel gas dan cocokan dengan ukuran mulut pembakar (*torch*)
8. Periksa jenis dan diameter elektroda tungsten yang akan dipakai juga kondisi ujung yang akan dipakai sudutnya dipersiapkan dengan tepat.
9. Periksa peralatan yang ada keterkaitannya dengan elektroda yang akan dipergunakan
10. Atur semua alat ukur penunjukan pengelasan untuk perubahan dan setel kembali yang tepat
11. Periksa kecepatan aliran gas argon dan atur dengan tepat. Kecepatan aliran gas harus
12. selalu diperiksa dan disesuaikan dengan aturan yang telah ditentukan. Pengaturan tidak berlaku yang menggunakan *remote control* dengan kaki dan kemudian dilepaskan di dalam mesin las, selalu akan ditujukan dalam *timer*, aliran gas dapat diatur dalam satuan waktu (*time set*), Sesudah mengatur satuan waktu maka kemudian mengatur kecepatan aliran.
13. Periksa aliran air pendingin dan juga periksa salurannya dengan cermat (apabila menggunakan air sebagai media pendingin mulut pembakar/*torch*).
14. Periksa *crater eliminator control* (jika menggunakan sistem instalasi) dan atur dengan tepat
15. Gunakan peralatan yang diijinkan dan juga baju pengaman harus diperhatikan.
16. Kondisi badan harus sehat agar supaya dalam proses pengelasan dapat berkonsentrasi penuh.
17. Memberi peringatan kepada orang yang berada di lingkungan pengelasan supaya menghindari terkenanya cahaya maupun percikan api pengelasan
18. Menggunakan peralatan keselamatan kerja yang diijinkan.
19. Pakai alat pelindung muka atau kaca mata agar supaya api nyala busur jangan langsung kontak dengan mata atau bagian muka.
20. Apabila nyala api busur tidak terputus-putus, maka jarak antara *torch* dengan bahan yang dilas harus tetap dan *torch*nya jangan di naik turunkan sampai pada ujung bahan yang dilas
21. Ikuti prosedur akhir pekerjaan pengelasan
 - Memutar *switch "off"* yang ada pada sumber daya (mesin las)., bila sudah selesai pengelasan
 - Tutup katup silinder argon.

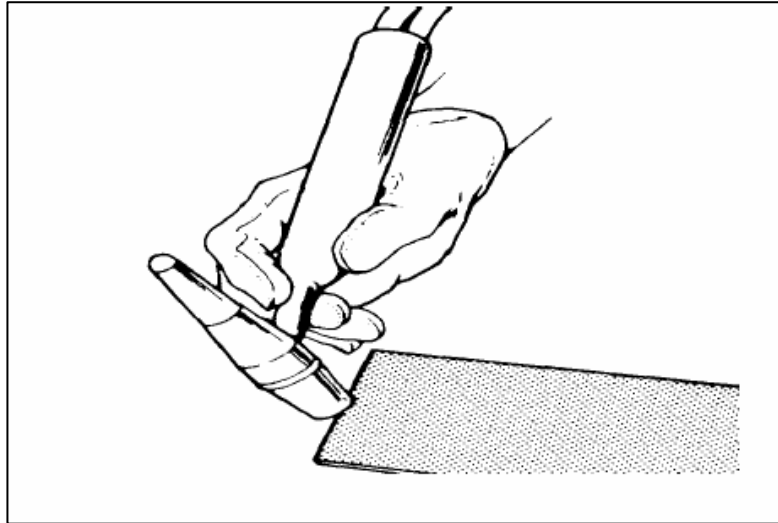
- Putar *turn off* air pendingin (bila digunakan)
- Putar switch off daya yang ada pada sumber daya (panel) juga kelengkapan yang menaikkan *frequency*.
- Lepaskan elektroda tungsten dari *torch* dan simpan pada tempat yang telah ditentukan.
- Tempatkan *torch* pada tempat yang telah disediakan .
- Peralatan lainya dan bahan tambah dibersihkan dan dikembalikan pada tempatnya



Gambar 7.80. Posisi Pengelasan dengan TIG

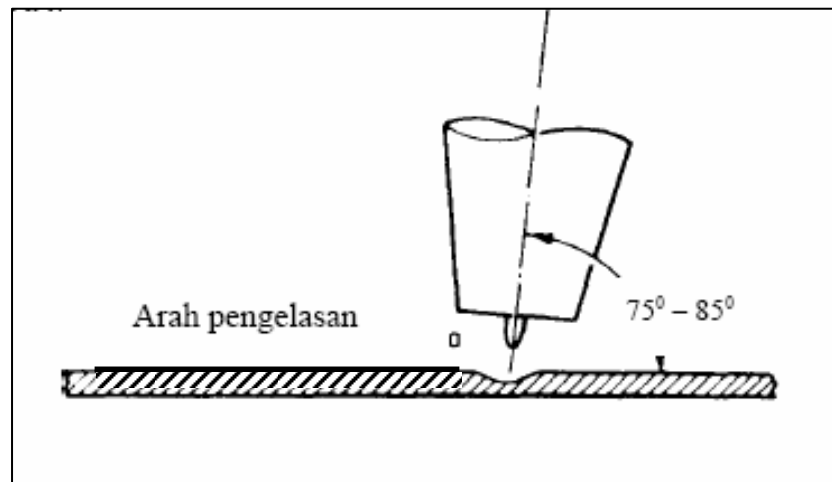
✓ **Prosedur pengelasan posisi bawah tangan**

1. Gagang mulut pembakar (*hold torch*) dipegang antara dua jari yaitu ibu jari dengan telunjuk tangan kanan dan ditahan oleh tangan bagian bawah.



Gambar 7.81. Posisi memegang gagang mulut pembakar (*torch*)

2. Gagang mulut pembakar cenderung membawa ke arah belakang, oleh karena itu arahkan titik pengelasan pada bagian yang akan disambung dengan sudut kemiringan elektroda tungsten antara 75° - 85° sudut ini digunakan mulai proses penyambungan awal sampai berakhirnya pengelasan.



Gambar 7.82. Posisi sudut elektroda tungsten dan arah pengelasan bawah tangan

3. Remot kontrol yang menggunakan injakan kaki ditekan secara perlahan-lahan dan dipertahankan kestabilannya tekanan injakan, maka akan menghasilkan penyalaan busur yang stabil (penyalaan busur tepat pada ujung elektroda, bila nyala busur tidak stabil pada posisi penyalaan frekuensi tinggi, maka nyala busur akan terputus pada saat sedang dijalankan
Catatan : Elektroda tidak harus selalu disentuhkan pada pelat
4. Bila nyala busur sudah stabil maka atur sudut pengelasan yang sesuai dengan yang telah ditentukan dan remot kontrol yang diinjak oleh kaki sepenuhnya di tekan. Panjang busur akan mencapai 0,8 mm (1/32 in), mulai dari pedal ditekan sepenuhnya kurang lebih 2 detik, maka cairan logam akan terlihat, apabila pencairan logam ingin lebih cepat dari 2 detik maka harus ada penambahan arus listrik dengan mengatur fungsi kontrol yang terletak pada mesin las.
5. Untuk gerakan arah maju dengan pengaturan arus/-amper tepat dengan tebal pelat yang dilas, maka bunyi dan bentuk nyala busur yang keluar dari mulut pembakar akan halus
6. Pada gerakan lurus dengan kecepatan pengelasan yang stabil akan membentuk daerah cairan yang lebih cepat
7. Cairan yang sempurna adalah cairan yang tidak mengandung terak ,buih atau oksida
8. Amati kedalaman cairan dan kepadatan logam. Hal ini merata atau sempurna, apabila kecepatan pengelasan arah kanan sempurna.
9. Apabila ujung *torch* sudah mendekati ujung kiri logam yang di las, maka tekanan pedal secara perlahan-lahan diangkat dan penyalaan busur akan berhenti.
10. Simpan torch pada posisi lubang mengarah ke bawah dan alirkan gas argon kurang lebih 10 sampai dengan 15 detik yang maksudnya untuk pendinginan elektroda tungsten.



Gambar 7.83. Mesin Las TIG semi-otomatis

Pada umumnya dalam pengelasan TIG sumber listrik yang dipergunakan mempunyai karakteristik yang lamban, sehingga dalam hal menggunakan listrik DC untuk memulai menimbulkan busur perlu ditambah dengan listrik frekuensi tinggi. Elektoda yang digunakan dalam las TIG biasanya dibuat dari wolfram murni atau paduan antara wolfram-torium yang berbentuk batang dengan garis tengah antara 1,0 sampai 4,8 mm. Dalam banyak hal elektroda dari wolfram-torium lebih baik daripada elektroda dari wolfram murni terutama dalam ketahanan ausnya. Gas yang dipakai untuk pelindung adalah gas Argon murni, karena pencampuran dengan O₂ atau CO₂ yang bersifat oksidator akan mempercepat keausan ujung elektroda. Penggunaan logam pengisi tidak ada batasnya, biasanya logam yang mempunyai komposisi yang sama dengan logam induk.



Gambar 7.84. Mesin Las TIG

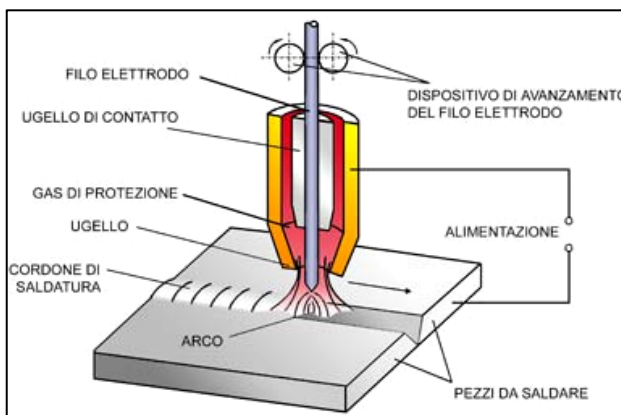
7.9. Pengenalan Las MIG (Metal Inert Gas Arc Welding)/Gas Metal Arc Welding (GMAW)

Dalam las logam mulia, kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpamakan secara terus menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Gas pelindung yang digunakan adalah gas Argon, helium atau campuran keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditembakkan gas O_2 antara 2 sampai 5% atau CO_2 antara 5 sampai 20%. Dalam banyak hal penggunaan las MIG sangat menguntungkan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifatnya yang baik, misalnya:

- Karena konsentrasi busur yang tinggi, maka busurnya sangat mantap dan percikannya sedikit sehingga memudahkan operasi pengelasan
- Karena dapat menggunakan arus yang tinggi maka kecepatannya juga sangat tinggi, sehingga efisiensinya sangat baik.
- Terak yang terbentuk cukup banyak.
- Ketangguhan dan elastisitas, kedap udara, ketidapekaan terhadap retak dan sifat-sifat lainnya lebih baik daripada yang dihasilkan dengan cara pengelasan yang lain.

Karena hal tersebut di atas, maka las MIG banyak digunakan dalam praktek terutama untuk pengelasan baja-baja kualitas tinggi seperti baja tahan karat, baja kuat dan logam-logam bukan baja yang tidak dapat dilas dengan cara yang lain

Las MIG biasanya dilaksanakan secara otomatis atau semi-otomatis dengan arus searah polaritas balik dan menggunakan kawat elektroda berdiameter antara 1,2 sampai 2,4 mm. Akhir-akhir ini telah banyak digunakan las MIG dengan arus yang tinggi dan kawat elektroda dengan diameter antara 3,2 dan 6,4 mm untuk mengelas pelat-pelat aluminium yang tebal seperti yang digunakan dalam tangki penyimpanan gas alam cair. Las MIG biasanya digunakan dengan kecepatan kawat elektroda yang tetap dengan cara pengumpanan tarik atau tarik-dorong.



Gambar 7.85. Pemindahan Sembur pada las MIG
(Wood, 1979)

7.9.1. Peralatan las MIG/GMAW

Gas *Metal Arc Welding* (GMAW) adalah proses pengelasan yang energinya diperoleh dari busur listrik. Busur las terjadi di antara permukaan benda kerja dengan ujung kawat elektroda yang keluar dari *nozzle* bersama-sama dengan gas pelindung. GMAW biasanya dioperasikan secara semi otomatis, sehingga dengan pesatnya perkembangan dunia kerja konstruksi yang membutuhkan pengelasan yang cepat dan kualitas tinggi, maka proses GMAW sudah dijadikan alternatif proses pengelasan yang banyak digunakan, mulai dengan pekerjaan konstruksi ringan sampai berat .

Untuk melaksanakan pekerjaan las ini diperlukan peralatan utama yang relatif lebih rumit jika dibandingkan dengan peralatan Las busur listrik (MMAW), di mana di samping pembangkit tenaga dan kabel-kabel las juga diperlukan perangkat pengontrol kawat elektroda, botol gas pelindung serta perangkat pengatur dan penyuplai gas pelindung. Sedang alat-alat bantu serta keselamatan dan kesehatan kerja adalah relatif sama dengan alat-alat bantu pada proses pengelasan dengan MMAW.

❖ Peralatan utama

Peralatan utama adalah peralatan yang berhubungan langsung dengan proses pengelasan, yakni minimum terdiri dari:

- Mesin las
- Unit pengontrol kawat elektroda (wire feeder)
- Tang las beserta nozzle
- Kabel las dan kabel kontrol
- Botol gas pelindung
- Regulator gas pelindung

➤ **Mesin las**

Sistem pembangkit tenaga pada mesin GMAW pada prinsipnya adalah sama dengan mesin MMAW yang dibagi dalam 2 golongan, yaitu : Mesin las arus bolak balik (*Alternating Current / AC Welding Machine*) dan Mesin las arus searah (*Direct Current/DC Welding Machine*), namun sesuai dengan tuntutan pekerjaan dan jenis bahan yang di las yang kebanyakan adalah jenis baja, maka secara luas proses pengelasan dengan GMAW adalah menggunakan mesin las DC.

Umumnya mesin las arus searah (DC) mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (AC) yang kemudian diubah menjadi arus searah dengan voltage yang konstan (*constant-voltage*). Pemasangan kabel-kabel las (pengkutuban) pada mesin las arus searah dapat diatur/dibolak-balik sesuai dengan keperluan pengelasan, ialah dengan cara:

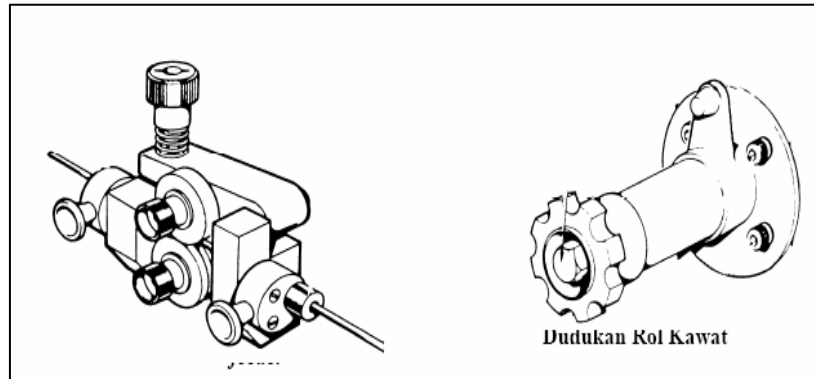
- Pengkutuban langsung (DCSP/DCEN):
Dengan pengkutuban langsung berarti kutub positif (+) mesin las dihubungkan dengan benda kerja dan kutub negatif (-) dihubungkan dengan kabel elektroda. Dengan hubungan seperti ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan elektroda sedangkan 2/3 bagian memanaskan benda kerja.
- Pengkutuban terbalik (DCRP/ DCEP):
Pada pengkutuban terbalik, kutub negatif (-) mesin las dihubungkan dengan benda kerja, dan kutub positif (+) dihubungkan dengan elektroda. Pada hubungan semacam ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan benda kerja dan 2/3 bagian memanaskan elektroda.

➤ **Wire Feeder Unit**

Alat pengontrol kawat elektroda (*wire feeder unit*) adalah alat/ perlengkapan utama pada pengelasan dengan GMAW. Alat ini biasanya tidak menyatu dengan mesin las, tapi merupakan bagian yang terpisah dan ditempatkan berdekatan dengan pengelasan.

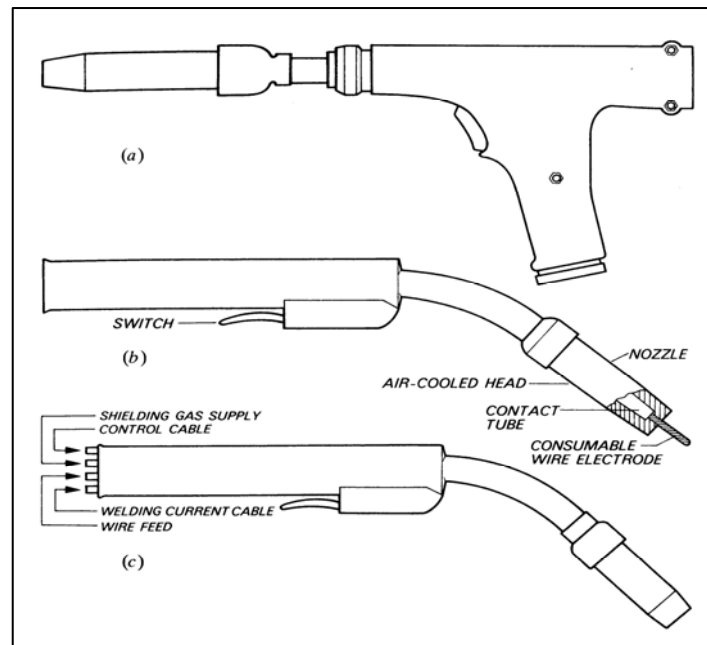
Fungsinya adalah sebagai berikut:

- o Menempatkan rol kawat elektroda
- o Menempatkan kabel las (termasuk tang las dan nozzle) dan sistem saluran gas pelindung
- o Mengatur pemakaian kawat elektroda (sebagian tipe mesin, unit pengontrolnya terpisah dengan *wire feeder unit*)
- o Mempermudah proses/penanganan pengelasan, di mana *wire feeder* tersebut dapat dipindah-pindah sesuai kebutuhan.



Gambar 7.86. Bagian-bagian Utama Wire Feeder

➤ Tang las



Gambar 7.87. Torch Las MIG

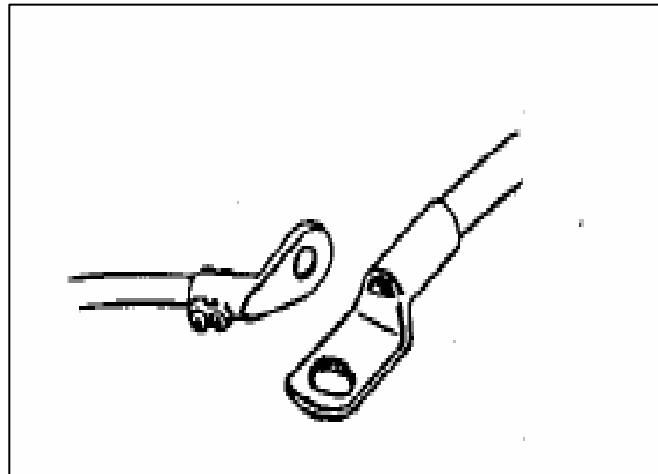
➤ Kabel las

Pada mesin las terdapat kabel primer (*primary power cable*) dan kabel sekunder atau kabel las (*welding cable*). Kabel primer ialah kabel yang menghubungkan antara sumber tenaga dengan mesin las. Jumlah kawat inti pada kabel primer disesuaikan dengan jumlah fasa mesin las ditambah satu kawat sebagai hubungan pentanahan dari mesin las.

Kabel sekunder ialah kabel-kabel yang dipakai untuk keperluan mengelas, terdiri dari kabel yang dihubungkan dengan tang las dan benda kerja serta kabel-kabel kontrol. Inti

Penggunaan kabel pada mesin las hendaknya disesuaikan dengan kapasitas arus maksimum dari pada mesin las. Makin kecil diameter kabel atau makin panjang ukuran kabel, maka tahanan/hambatan kabel akan naik, sebaliknya makin besar diameter kabel dan makin pendek maka hambatan akan rendah.

Pada ujung kabel las biasanya dipasang sepatu kabel untuk pengikatan kabel pada terminal mesin las dan pada penjepit elektroda maupun pada penjepit masa.

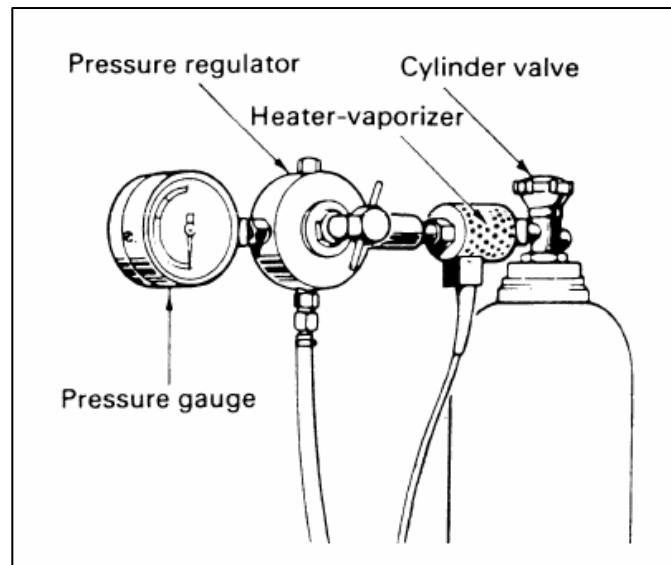


Gambar 7.88. Sepatu Kabel

➤ **Regulator gas pelindung**

Fungsi utama dari regulator adalah untuk mengatur pemakaian gas. Untuk pemakaian gas pelindung dalam waktu yang relatif lama, terutama gas CO₂ diperlukan pemanas (*heater-vaporizer*) yang dipasang antara silinder gas dan regulator.

Hal ini diperlukan agar gas pelindung tersebut tidak membeku yang berakibat terganggunya aliran gas.

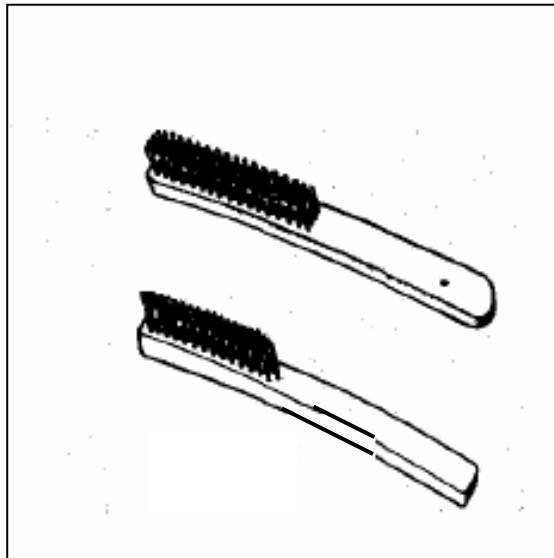


Gambar 7.89. Silinder dan Regulator Gas Pelindung

❖ Alat-alat bantu

➤ Sikat Baja

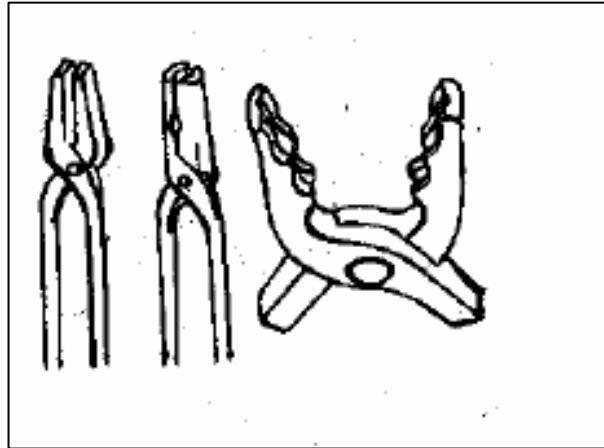
Untuk membersihkan hasil las, yaitu pengaruh oksidasi udara luar sehingga rigi-rigi las benar-benar bebas dari terak, selain itu digunakan untuk membersihkan bidang benda kerja sebelum dilas.



Gambar 7.90. Sikat Baja

➤ Alat Penjepit (Smit Tang)

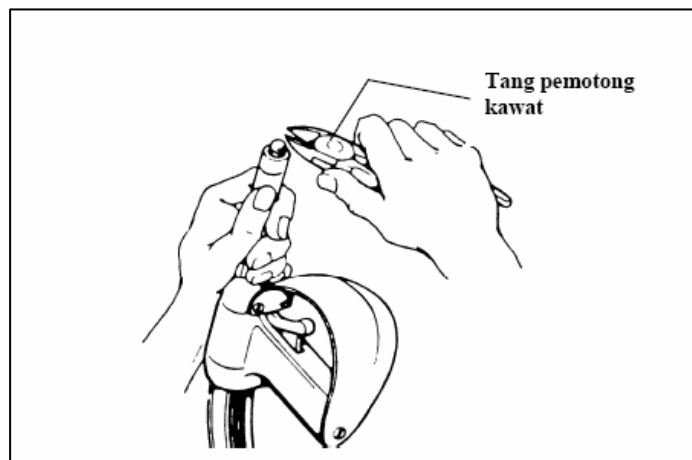
Untuk memegang benda kerja yang panas dipergunakan alat (tang) penjepit dengan macam-macam bentuk, seperti bentuk moncong rata, moncong ulat, moncong serigala dan moncong kombinasi.



Gambar 7.91. Smit Tang

➤ Tang Pemotong Kawat

Pada kondisi tertentu, terutama setiap akan memulai pengelasan kawat elektroda perlu dipotong untuk memperoleh panjang yang ideal. Untuk itu diperlukan tang pemotong kawat.

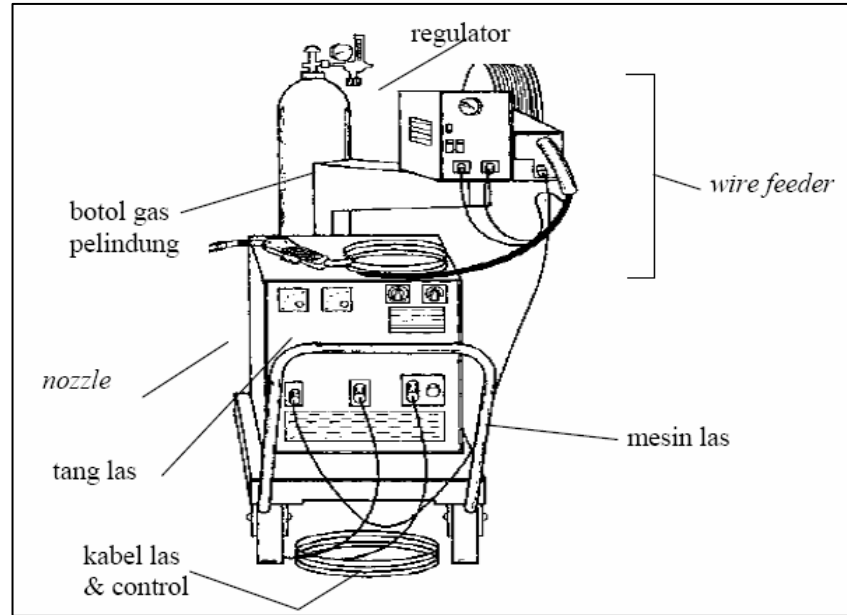


Gambar 7.92. Pemotongan Kawat

❖ Pemasangan dan penyetelan

➤ Pemasangan peralatan GMAW/MIG

Berikut ini adalah gambar pemasangan satu unit peralatan/perlengkapan GMAW yang biasa digunakan untuk pengerjaan konstruksi sedang sampai berat:



Gambar 7.93. Perlengkapan GMAW/MIG
(Kenyon, 1979)

➤ Penyetelan peralatan GMAW/MIG

Sebelum dilakukan pengelasan, perlu dilakukan penyetelan-penyetelan pada peralatan las. Hal ini dilakukan agar peralatan/ mesin las disiapkan sesuai dengan jenis dan tuntutan pekerjaan. Penyetelan-penyetelan tersebut dilakukan, baik pada mesin las maupun pada alat-alat pendukung lainnya, seperti: *wire feeder* dan pada tang las serta *nozzle*.

▪ Penyetelan mesin las

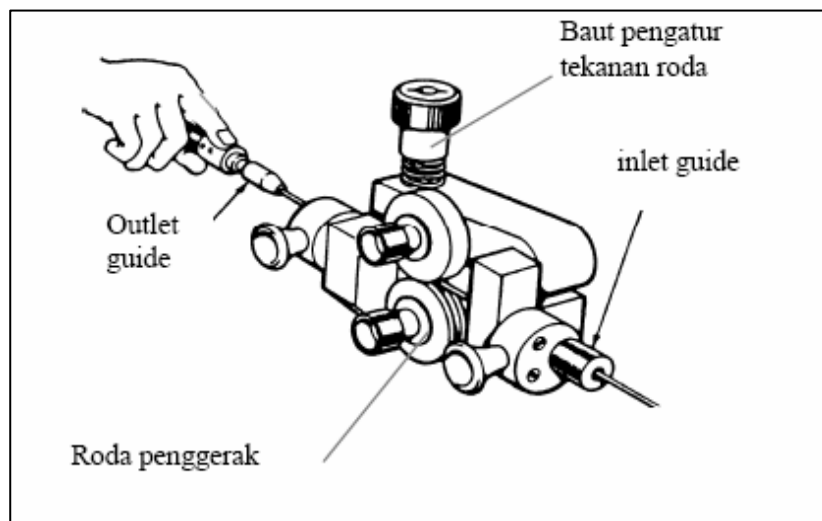
Pada mesin las tidak banyak diperlukan penyetelan, kecuali hanya penyetelan penggunaan jenis arus pengelasan, yaitu DCRP atau DCSP atau disesuaikan dengan jenis/tuntutan pekerjaan. Namun, khusus untuk penggunaan kawat elektroda solid (*solid wire*) selalu menggunakan pengkutuban DCRP (tang las dihubungkan dengan kutup positif).

▪ Penyetelan wire feeder

Penyetelan pada *wire feeder* merupakan hal yang penting dalam pengelasan dengan GMAW, di mana pada wire feeder terdapat roda (rol) yang berjumlah 2 atau 4 buah yang berfungsi untuk memutar atau mendorong kawat elektroda pada saat proses pengelasan terjadi.

Penyetelan yang dilakukan adalah:

- o Menyesuaikan ukuran alur roda dengan ukuran kawat elektroda. Beberapa tipe roda hanya cukup dengan membalik posisi roda supaya sesuai dengan ukuran kawat elektroda, tapi pada tipe yang lain kadang kala harus mengganti ukuran roda yang sesuai.
- o Mengatur/ menyetel tekanan roda terhadap kawat elektroda agar kawat dapat terputar secara lancar.



Gambar 7.94. Penyetelan Wire Feeder

▪ Penyetelan pada tang las

Ada dua hal utama yang perlu dilakukan pada tang las (*welding/eletrode gun*), yaitu: menyesuaikan ukuran contact tip dengan diameter kawat elektroda dan menyesuaikan tipe nozzle dengan kebutuhan pekerjaan.

7.9.2. Pengoperasian las MIG/GMAW

❖ Pengaturan besar arus dan tegangan pengelasan

Besarnya arus dan tegangan pengelasan adalah tergantung pada tebal bahan dan diameter kawat elektroda serta posisi pengelasan atau berdasarkan WPS pekerjaan tersebut.

Tabel berikut ini adalah ketentuan umum penyetelan/pengaturan besaran arus dan tegangan pengelasan berdasarkan diameter kawat elektroda.

Tabel 7.11. Ketentuan umum penyetelan/pengaturan besaran arus dan tegangan pengelasan berdasarkan diameter kawat elektroda.

Diameter Kawat	Arus (Amper)	Tegangan (Volt)	Tebal Bahan
0,6 mm	50 – 80	13 – 14	0,5 – 1,0
0,8 mm	60 – 150	14 – 22	0,8 – 2,0
0,9 mm	70 – 220	15 – 25	1,0 – 10
1,0 mm	100 – 290	16 – 29	3,0 – 12
1,2 mm	120 – 350	18 – 32	6,0 – 25
1,6 mm	160 – 390	18 – 34	12,0 – 50

(Alip,1989)

❖ Duty Cycle

Semua tipe mesin las diklasifikasikan/ diukur berdasarkan besarnya arus yang dihasilkannya (*current output*) pada suatu besaran tegangan (*voltage*). Ukuran ini ditetapkan oleh pabrik pembuatnya sesuai dengan standar yang berlaku pada negara pembuat tersebut atau standar internasional, di mana standar tersebut menetapkan kemampuan maksimum mesin las untuk beroperasi secara aman dalam batas waktu tertentu.

Salah satu ukuran dari mesin las adalah persentase dari "*duty cycle*". *Duty cycle* adalah persentase penggunaan mesin las dalam periode 10 menit, di mana suatu mesin las dapat beroperasi dalam besaran arus tertentu secara efisien dan aman tanpa mengalami beban lebih (*overload*).

Sebagai contoh, jika suatu mesin las berkemampuan 300 Amper dengan *duty cycle* 60%, maka artinya mesin las tersebut dapat dioperasikan secara aman pada arus 300

Amper pengelasan selama 60% per 10 menit penggunaan (6/10). Jika penggunaan mesin las tersebut dibawah 60% (duty cycle diturunkan), maka arus maksimum yang diizinkan akan naik. Dengan demikian, jika misalnya 'duty cycle' nya hanya 35% dan besar arusnya tetap 300 Amper, maka mesin las akan dapat dioperasikan pada 375 Amper.

Hal tersebut berdasarkan perhitungan:

- o Selisih : $60\% - 35\% = 25\%$
- o Peningkatan : $25/60 \times 300 = 125$, sehingga $60\% \times 125 = 75$ Amper.
- o Arus maksimum yang diizinkan = $75 + 300 = 375$ Amper.

❖ Kawat elektroda

GMAW adalah salah satu jenis proses las cair (*fusion welding*) yang banyak digunakan pada pengerjaan konstruksi ringan sampai berat. Hasil maksimal akan dapat dicapai apabila jenis kawat elektroda yang digunakan sama dengan jenis logam yang di las.

Jenis logam yang dapat di las menggunakan GMAW ada beberapa macam antara lain:

- o Baja tegangan tinggi dan menengah
- o Baja paduan rendah
- o Baja tahan karat
- o Aluminium
- o Tembaga
- o Tembaga paduan, dll.

Bentuk kawat elektroda yang digunakan pada GMAW secara umum adalah *solid wire* dan *flux cored wire* , di mana penggunaan kedua tipe tersebut sangat tergantung pada jenis pekerjaan. *Solid wire* digunakan secara luas untuk mengelas konstruksi ringan sampai sedang dan dioperasikan pada ruangan yang relatif tertutup, sehingga gas pelindungnya tidak tertiup oleh angin. Sedang *flux cored wire* lebih banyak dipakai untuk pengelasan konstruksi sedang sampai berat dan tempat pengelasannya memungkinkan lebih terbuka (ada sedikit tiupan angin).

Untuk menjaga agar kawat elektroda tidak rusak atau berkarat, terutama dalam penyimpanan, maka perlu dikemas. Kemasan/ pengepakan yang banyak dijumpai dalam perdagangan adalah berupa gulungan (rol) di mana berat gulungan kawat yang banyak digunakan adalah 15 kg, 17 kg dan 30 kg.

❖ Gas pelindung

Gas-gas pelindung untuk GMAW adalah pelindung untuk mempertahankan/ menjaga stabilitas busur dan perlindungan cairan logam las dari kontaminasi selama pengelasan, terutama dari atmosfer dan pengotoran daerah las.

Fungsi utama gas pelindung adalah untuk membentuk sekeliling daerah pengelasan dengan media pelindung yang tidak bereaksi dengan daerah las tersebut.

➤ Jenis-jenis gas pelindung

Jenis gas pelindung yang digunakan untuk mengelas baja karbon dan baja paduan adalah sebagai berikut:

- o Campuran Argon + oksigen
- o Campuran Argon + karbon dioksida
- o Campuran Argon + karbon dioksida + oksigen
- o Karbon dioksida

Adapun penggunaan gas pelindung secara umum khususnya pada solid wire diatur antara 14 – 18 l/menit (disesuaikan dengan WPS).

➤ Perbandingan penggunaan gas pelindung

Tabel 7.12. Perbandingan penggunaan gas pelindung

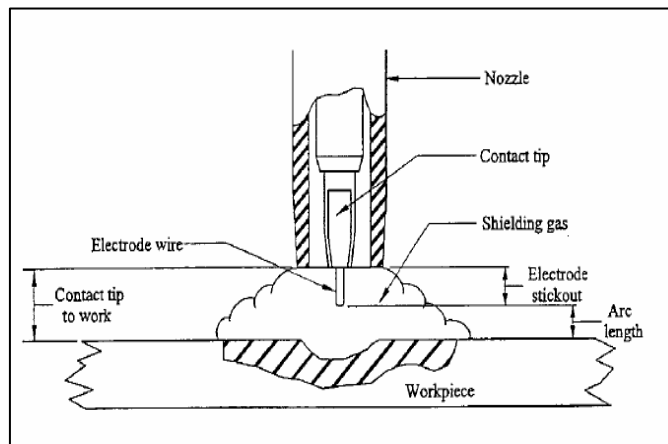
Logam	Gas	Catatan
Baja karbon rendah	Argon + CO ₂	Argon mengontrol percikan dan melindungi busur. CO ₂ memperbaiki input dan mengurangi biaya
	Argon + CO ₂ + Oksigen	Diperlukan apabila memperbaiki sifat mekanik
	CO ₂	Biaya rendah, panas input tinggi akan tetapi ada percikan terak

(Kenyon, 1979)

❖ Penyalan busur las

Arus listrik yang mengalir dari dan atau ke permukaan benda kerja mengakibatkan terjadinya busur listrik diantara ujung kawat elektroda dan permukaan benda kerja, sekali busur listrik ini terbentuk, kawat elektroda akan mengalir secara otomatis dengan kecepatan tertentu dari gulungan kawat las ke dalam busur dan membentuk kawah las.

Kawat las dan ujung kawat elektroda dilindungi oleh gas pelindung dari kemungkinan terjadinya kontaminasi atmosfer. Aliran arus, kawat las dan gas pelindung di aktifkan oleh operator melalui *triger* yang terdapat pada tang las atau welding gun Gambar berikut ini menunjukkan proses pengelasan GMAW.



Gambar 7.95. Proses pengelasan las MIG/GMAW

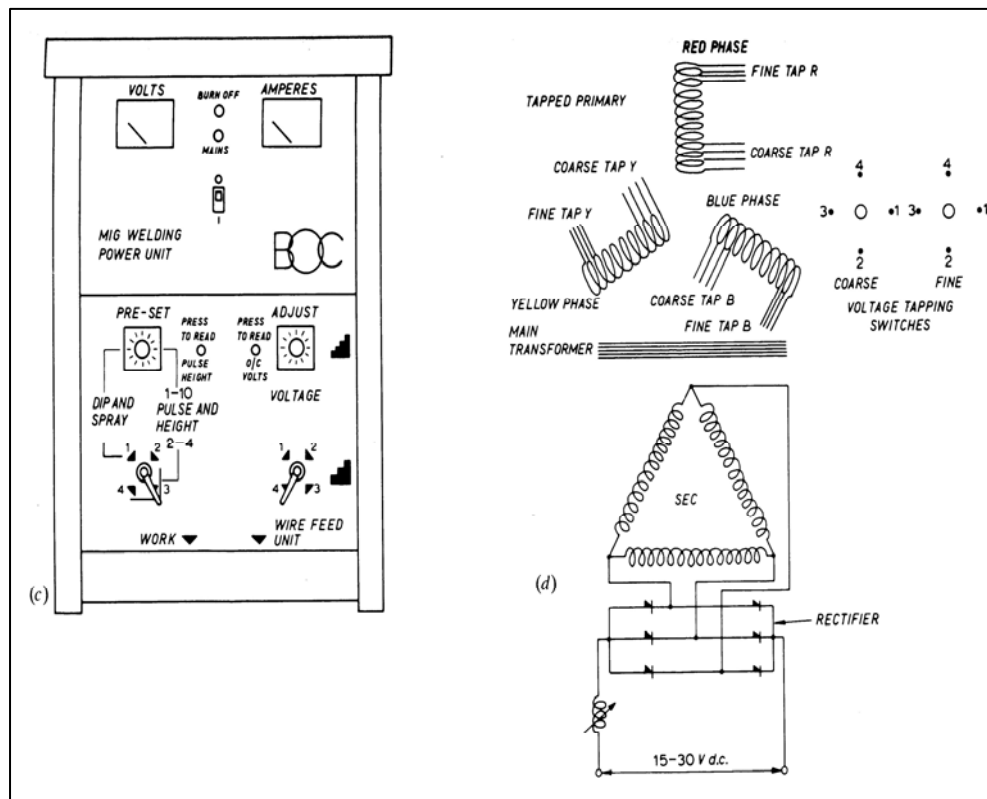


Gambar 7.96.Operasional Las MIG

Terjadinya penyeburan logam cair seperti diterangkan oleh gambar disebabkan oleh beberapa hal, antara lain polaritas listrik dan arus listrik.

Dalam las MIG biasanya digunakan cara listrik arus searah dengan tegangan tetap sebagai sumber tenaga. Dengan sumber tenaga ini biasanya penyemburan terjadi bila polaritasnya adalah polaritas balik. Di samping polaritas ternyata bahwa besar juga memegang peranan penting, bila besar arus melebihi harga tertentu yang disebut harga kritis barulah terjadi pemindahan semur.

Besarnya arus kritis tergantung pada bahan kawat las, garis tengah kawat dan jenis gas pelindungnya. Bila diameter kawat mengecil, besar arus juga harus menurun. Penambahan gas CO_2 ke dalam gas Argon akan menaikkan besarnya arus listrik.



Gambar 5.97. Power supply Las MIG
(Harsono & Toshie, 1981)



Gambar 7.98. Mesin Las MIG

7.9.3. Kerusakan hasil pengelasan

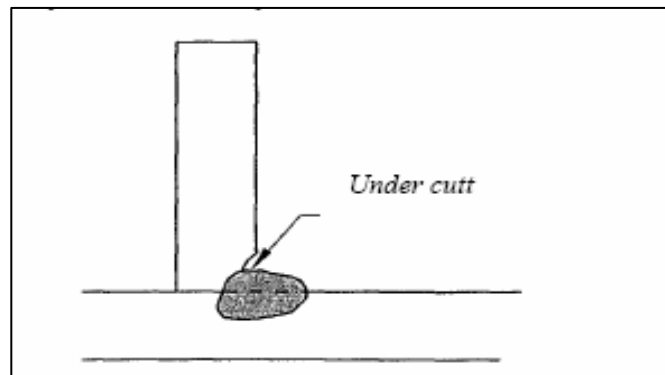
❖ Macam-macam kerusakan hasil pengelasan

Ada bermacam-macam kerusakan yang ditimbulkan oleh proses pengelasan. Kerusakan hasil pengelasan tersebut antara lain:

▪ Kerusakan bagian luar

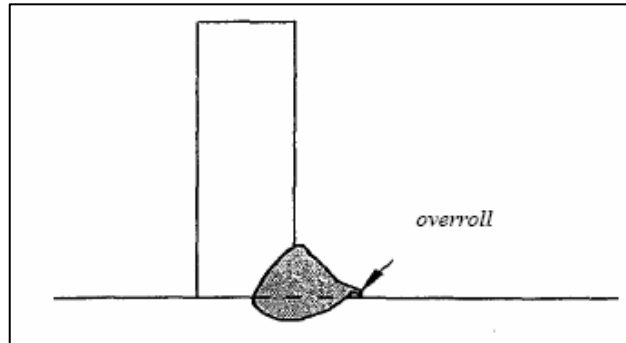
Kerusakan bagian luar adalah:

- o Takikan-bawah (*under-cutt*)



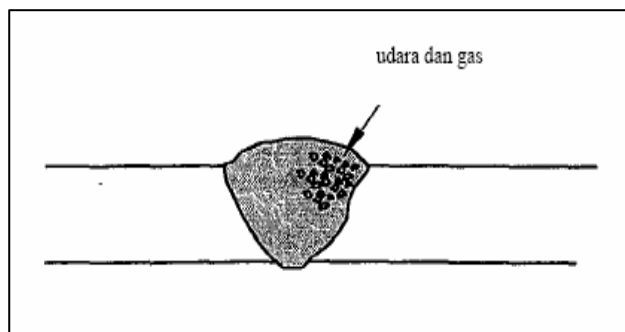
Gambar 7.99. Takikan bawah

- o Penumpukan logam las (*overroll*)
Yaitu bentuk logam las yang menumpuk pada sisi jalur las. Ciri-cirinya adalah: pada sisi jalur las tidak terjadi pencairan yang sempurna sehingga, logam las hanya menempel pada logam dasarnya.



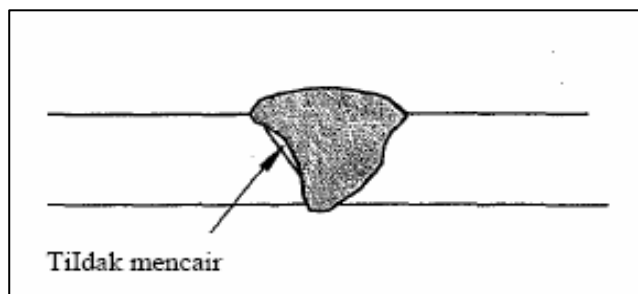
Gambar 7.100. Penumpukan logam las

- o Keropos (*porosity*)
Tanda-tandanya permukaan las berlubang-lubang.



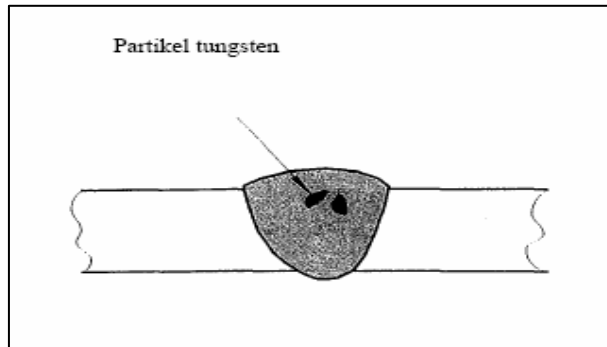
Gambar 7.101. Keropos

- o Kurang pencairan (*lack of fusion*)
Hasil tidak mencair sempurna, seakan-akan logam las hanya menempel saja.



Gambar 7.102. Kurang pencairan

- o Tercemar tungsten (*tungsten inclusion*)



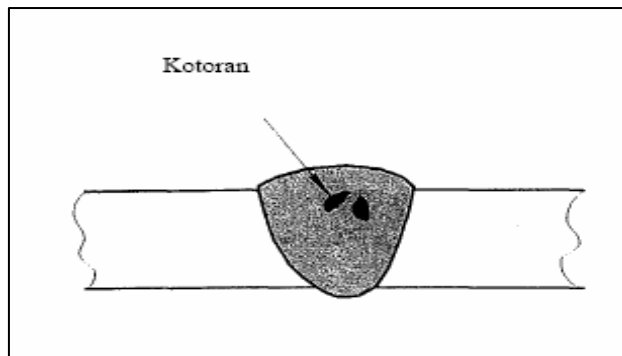
Gambar 7.103. Tercemar oleh tungsten

- **Kerusakan bagian dalam**

Kerusakan las bagian dalam hasil pengelasan GTAW tidak bisa diamati secara visual, harus dideteksi dengan menggunakan alat khusus seperti dengan ultrasonic-tracing.

Macam-macam kesalahan las bagian dalam diantaranya yaitu:

- o Kotor (inclusion)

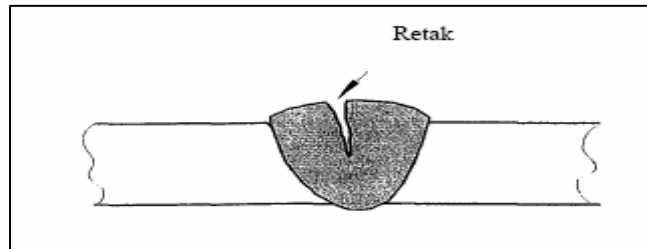


Gambar 7.104. Terperangkap kotoran

Bila logam yang akan dilas tidak dibersihkan dahulu, maka akan terjadi kontaminasi pada logam las. Kotoran-kotoran yang menyebabkan hasil menjadi kotor adalah : karat, oli, grease, debu dan lain-lain.

Untuk mencegah keadaan tersebut, maka sebelum melakukan pengelasan, maka benda kerja harus dibersihkan terlebih dahulu. Sebagai alat pembersihnya dapat digunakan : kikir, batu-gerida halus dan diterjen.

- o Retak (*cracking*)
Tanda-tanda pengelasan yang retak, yaitu pada permukaan logam terlihat pecah-pecah.



Gambar 7.105. Retak

- o Kurang penembusan (*less penetration*)
Setelah benda uji dibelah dan permukaannya dihaluskan kemudian diperiksa, maka akan terlihat penembusan dari logam las.

❖ Macam-macam penyebab kerusakan hasil pengelasan

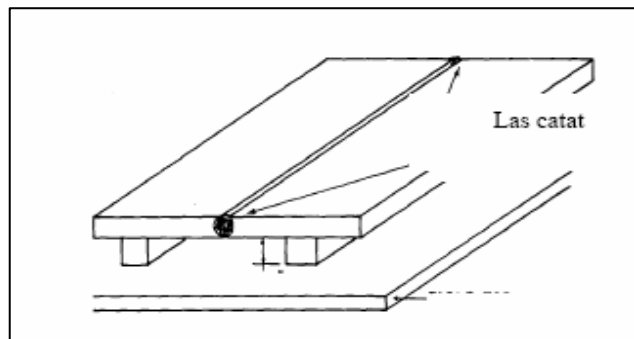
- Takikan-bawah (*under cutt*)
Kerusakan las ini diakibatkan karena:
 - o Amper terlalu tinggi
 - o jarak busur (*arc length*) terlalu tinggi
 - o kurang pengisian
 - o pengelasan terlalu lambat.
- Logam las menumpuk (*overoll*)
Ciri-ciri kerusakan las ini dapat dilihat diamati yaitu adanya penumpukkan pada sisi jalur las.
Kerusakan las ini disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:
 - o Kecepatan pengelasan terlalu lambat
 - o Penyetelan amper terlalu rendah
 - o Posisi elektroda tidak benar
- Keropos
Kerusakan las ini dapat dilihat karena pada permukaan rigi-rigi las terlihat adanya lubang-lubang
Kerusakan ini adalah diakibatkan oleh hal-hal sebagai berikut:
 - o Busur las terlalu tinggi.
 - o Kurang gas pelindung.
 - o Pengelasan tidak di ruang tertutup
 - o Lubang nozel terlalu kecil
 - o Benda yang dilas kotor

- Kurang pencairan
Kerusakan las kurang pencairan adalah diakibatkan oleh hal-hal berikut ini:
 - o Penyetelan arus terlalu rendah.
 - o Teknik pengelasan yang salah.
 - o Persiapan pengelasan kurang sempurna.
 - o Menggunakan kawat las tidak sesuai dengan jenis sambungan.
 - o Permukaan logam las kotor.
- Tercemar tungsten
Kerusakan las ini penyebabnya adalah sebagai berikut:
 - o Penyetelan arus terlalu tinggi tidak sesuai dengan ukuran elektroda yang dipakai.
 - o Pengasahan elektroda tidak benar.
 - o Elektroda menyentuh benda kerja saat pengelasan.
 - o Logam las banyak tercemar oleh elektroda.

❖ Teknik-teknik untuk pencegahan distorsi

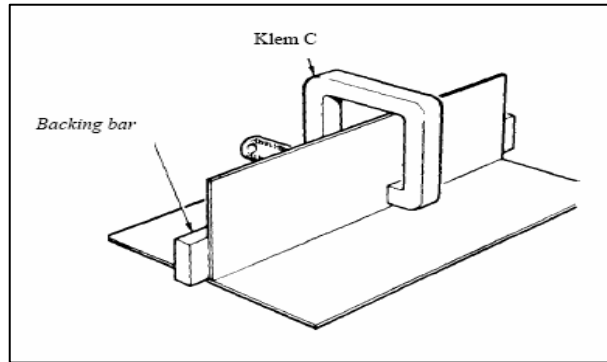
Pada proses pengelasan akan terjadi perubahan bentuk akibat panas pengelasan, untuk pecegahan diperlukan teknik-teknik khusus yaitu:

- o Las catat (*tack-weld*)
Pada pengelasan sambungan sebelum dilakukan pengelasan penuh, harus dilakukan las catat dengan sempurna seperti terlihat pada gambar berikut ini :



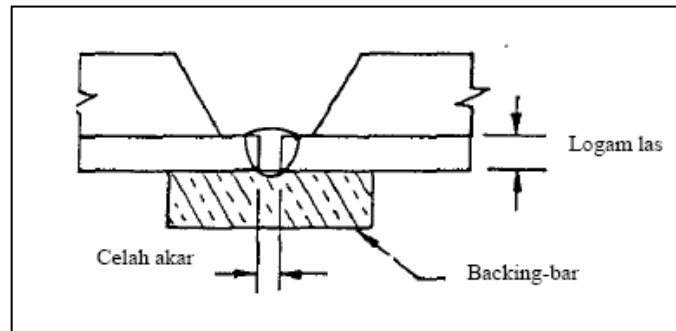
Gambar 7.106. Las catat

- o Menggunakan alat bantu (*jig and fixture*)
Gunakan alat bantu pengikat yang sesuai seperti klem. untuk mencegah terjadinya perubahan bentuk.



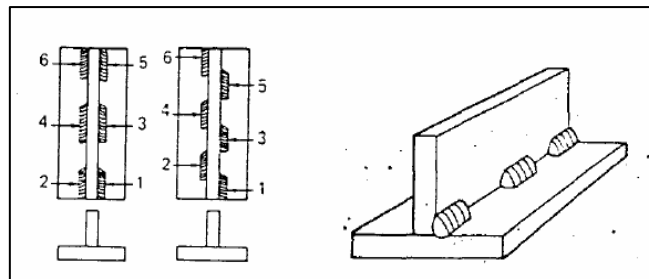
Gambar 7.107. Menggunakan klem

- o Menggunakan pelat-punggung (*backing bar*)
 Pada sambungan pelat sebelum pengelasan penuh pada bagian sisi sebelah sambungan dipasang pelat pengganjal. Biasanya sebagian pelat-punggung dibuat dari bahan tembaga.



Gambar 7.108. Menggunakan pelat-punggung

- o Pengelasan berurutan (*sequence weld*)
 Mengelas sambungan yang panjang ada kecenderungan terjadi distorsi yang besar, untuk pencegahannya ialah dengan melakukan teknik pengelasan berurutan (*sequence-weld*)



Gambar 7.109. Teknik pengelasan berurutan

❖ **Prosedur perbaikan hasil pengelasan**

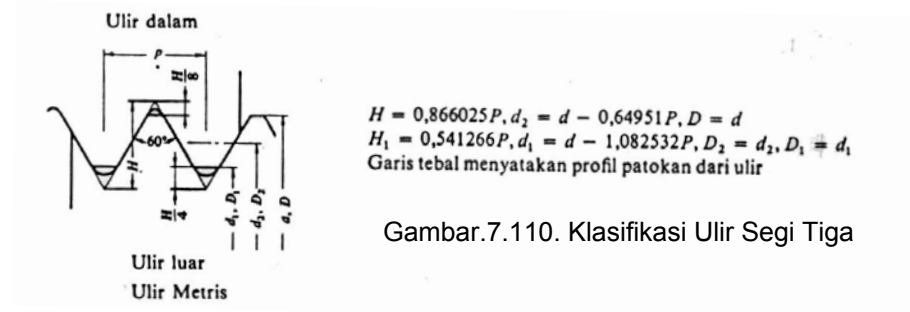
Apabila terjadi kerusakan pada hasil pada hasil pengelasan ikutilah langkah-langkah perbaikan sebagai berikut:

- o Takikan bawah
 - Turunkan amper sesuai dengan petunjuk.
 - Kurangi kecepatan pengelasannya.
 - Tambahkan pengisian logam las.
- o Penumpukkan logam las
 - Naikan amper.
 - Kurangi pengisian logam las.
 - Gunakan kawat las ukurannya yang lebih kecil.
- o Keropos
 - Kurangi jarak busurnya.
 - Naikkan aliran gasnya.
 - Lindungi daerah pengelasan dengan menutup pintu dan jendela atau memasang tabir pelindung.
 - Gunakan ukuran nozel yang lebih besar.
 - Bersihkan permukaan benda-kerja terlebih sebelum dilas.
- o Kurang pencairan
 - Naikan ampernya.
 - Sesuaikan teknik pengelasannya dengan jenis pekerjaan.
 - Perbaiki persiapannya.
 - Pilih ukuran elektroda yang sesuai dengan tebal benda kerja dan posisi pengelasan.
 - Bersihkan permukaan benda kerja sebelum dilas.
- o Tercemar tungsten
 - Turunkan ampernya sesuaikan dengan ukuran elektroda.
 - Persiapkan bentuk elektrodanya sesuai yang ditunjukkan pada modul.
 - Sesuaikan teknik pengelasannya.
 - Bersihkan dan gerinda ulang hingga siap dikerjakan lagi

7.10. Sambungan Skrup/Baut dan Mur

Baut dan mur dapat digunakan untuk proses penyambungan antara dua bagian pelat. Proses penyambungan ini dapat dilakukan dengan mengebor bagian plat yang akan disambung sesuai dengan diameter baut dan mur yang akan digunakan. Sambungan baur, mur dan *screw*

ini merupakan sambungan yang tidak tetap artinya sewaktu-waktu sambungan ini dapat dibuka.



Gambar.7.110. Klasifikasi Ulir Segi Tiga

Tabel 7.13. Klasifikasi Ulir Segitiga Dalam Ukuran Inchi dan matrik

Ulir ⁽¹⁾			Jarak bagi p	Tinggi kaitan H_1	Ulir dalam		
					Diameter luar D	Diameter efektif D_2	Diameter dalam D_1
1	2	3			Ulir luar		
					Diameter luar d	Diameter efektif d_2	Diameter inti d_1
M 0,25			0,075	0,041	0,250	0,201	0,169
M 0,3			0,08	0,043	0,300	0,248	0,213
	M 0,35		0,09	0,049	0,350	0,292	0,253
M 0,4			0,1	0,054	0,400	0,335	0,292
M 0,5	M 0,45		0,1	0,054	0,450	0,385	0,342
			0,125	0,068	0,500	0,419	0,365
M 0,6	M 0,55		0,125	0,068	0,550	0,469	0,415
	M 0,7		0,15	0,081	0,600	0,503	0,438
			0,175	0,095	0,700	0,586	0,511
M 0,8			0,2	0,108	0,800	0,670	0,583
M 1	M 0,9		0,225	0,122	0,900	0,754	0,656
			0,25	0,135	1,000	0,838	0,729
M 1,2			0,25	0,135	1,200	1,038	0,929
M 1,4			0,3	0,162	1,400	1,205	1,075
M 1,7			0,35	0,189	1,700	1,473	1,321
M 2			0,4	0,217	2,000	1,740	1,567
M 2,3			0,4	0,217	2,300	2,040	1,867
M 2,6			0,45	0,244	2,600	2,308	2,113
M 3 × 0,5			0,5	0,271	3,000	2,675	2,459
			0,6	0,325	3,000	2,610	2,350
	M 3,5		0,6	0,325	3,500	3,110	2,850
M 4 × 0,7			0,7	0,379	4,000	3,515	3,242
			0,75	0,406	4,000	3,513	3,188
	M 4,5		0,75	0,406	4,500	4,013	3,688
M 5 × 0,8			0,8	0,433	5,000	4,480	4,134
			0,9	0,487	5,000	4,415	4,026
			0,9	0,487	5,500	4,915	4,526

(Sularso, 1995)

Baut, mur dan screw mempunyai ulir sebagai pengikat. Ulir digolongkan menurut bentuk profil penampangannya diantaranya: ulir segitiga, persegi, trapesium, gigi gergaji dan bulat. Bentuk –bentuk ulir ini digunakan untuk berbagai keperluan. Bentuk ulir yang paling banyak digunakan adalah bentuk segitiga.

Ulir segitiga dapat diklasifikasikan menurut jarak baginya dalam ukuran metrik dan inchi serta menurut ulir kasar atau halus (lihat tabel)

Tabel 7.14. Ukuran Standar Ulir Kasar Metrik (JIS B.0205)

Ulir			Jarak bagi p	Tinggi kaitan H_1	Ulir dalam		
					Diameter luar D	Diameter efektif D_2	Diameter dalam D_1
1	2	3			Ulir luar		
					Diameter luar d	Diameter efektif d_2	Diameter inti d_1
M 6		M 7	1	0,541	6,000	5,350	4,917
M 8			1	0,541	7,000	6,350	5,917
			1,25	0,677	8,000	7,188	6,647
M 10		M 9	1,25	0,677	9,000	8,188	7,647
		M 11	1,5	0,812	10,000	9,026	8,376
			1,5	0,812	11,000	10,026	9,376
M 12	M 14		1,75	0,947	12,000	10,863	10,106
M 16			2	1,083	14,000	12,701	11,835
			2	1,083	16,000	14,701	13,835
M 20	M 18		2,5	1,353	18,000	16,376	15,294
	M 22		2,5	1,353	20,000	18,376	17,294
				2,5	1,353	22,000	20,376
M 24	M 27		3	1,624	24,000	22,051	20,752
M 30			3	1,624	27,000	25,051	23,752
			3,5	1,894	30,000	27,727	26,211
M 36	M 33		3,5	1,894	33,000	30,727	29,211
	M 39		4	2,165	36,000	34,402	31,670
				4	2,165	39,000	36,402
M 42	M 45		4,5	2,436	42,000	39,077	37,129
M 48			4,5	2,436	45,000	42,077	40,129
			5	2,706	48,000	44,752	42,587
M 56	M 52		5	2,706	52,000	48,752	46,587
	M 60		5,5	2,977	56,000	52,428	50,046
				5,5	2,977	60,000	56,428
M 64	M 68		6	3,248	64,000	60,103	57,505
			6	3,248	68,000	64,103	61,505

(Sularso, 1995)

7.10.1. Bahan Baut, Mur dan Screw

Kekuatan baut, mur dan screw sangat tergantung dari jenis bahan dasarnya. Penggolongannya menurut kekuatan distandarkan dalam JIS seperti yang diperlihatkan pada tabel. Tabel 7.15. ini memperlihatkan kekuatan tarik minimum dan maksimum dari bahan baut yang digunakan. Kekuatan tarik ini dipengaruhi oleh jenis bahan baut yang digunakan.

Tabel 7.15. Bahan Baut, Mur dan Sekrup

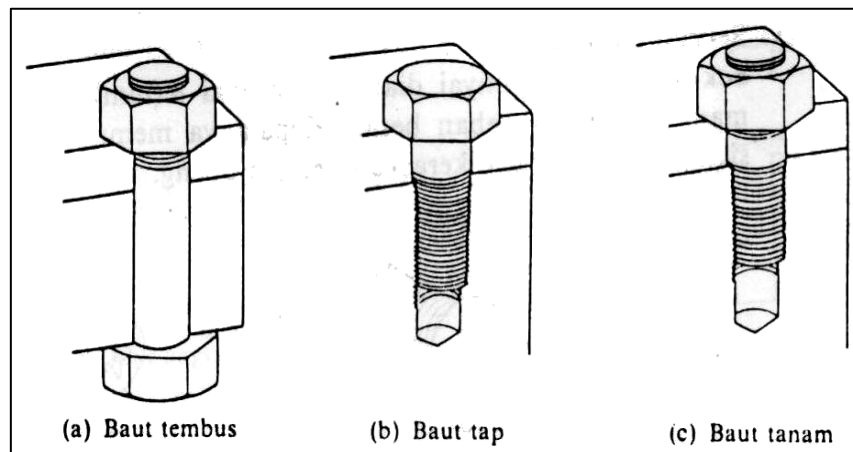
Baut/ sekrup mesin (JIS B 1051)	Bilangan kekuatan		3,6	4,6	4,8	5,6	5,8	6,6	6,8	6,9	8,8	10,9	12,9	14,9
	Kekuatan tarik σ_B (kg/mm ²)	Minimum	34	40		50		60			80	100	120	140
		Maksimum	49	55		70		80			100	120	140	160
	Batas mulur σ_T (kg/mm ²)	Minimum	20	24	32	30	40	36	48	54	64	90	108	126
Mur (JIS B 1052)	Bilangan kekuatan		4		5		6			8	10	12	14	
	Tegangan beban yang dijamin (kg/mm ²)		40		50		60			80	100	120	140	

(Sularso,1995)

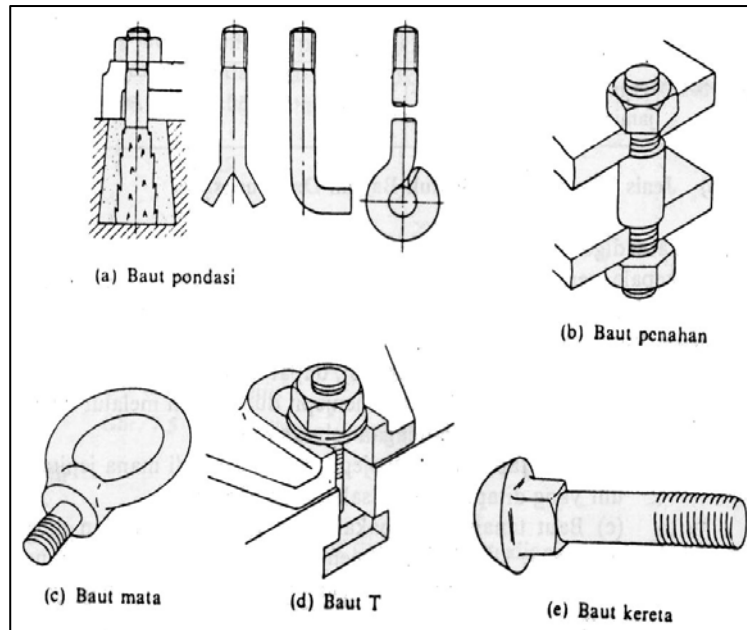
7.10.2. Jenis Baut, Mur dan Screw

Baut, Mur dan Screw digolongkan menurut bentuk kepalanya yakni segi enam, socket segi enam dan kepala persegi. Baut dan Mur ini dapat dikelompokkan sesuai dengan fungsinya diantaranya: baut penjepit, baut untuk pemakaian khusus, sekrup mesin, sekrup penetap, dan mur.

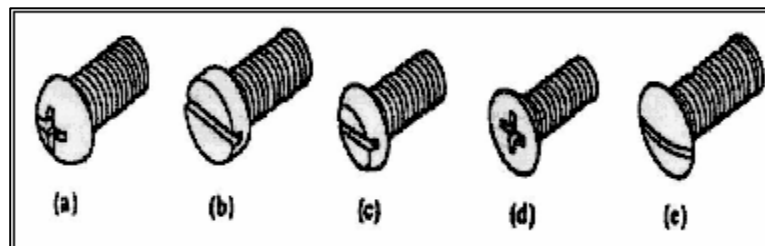
Beberapa contoh-contoh baut, Mur dan Screw diperlihatkan pada gambar di bawah. Gambar-gambar ini disesuaikan dengan bentuk kepala baut dan bentuk-bentuk mur dan bentuk screw.



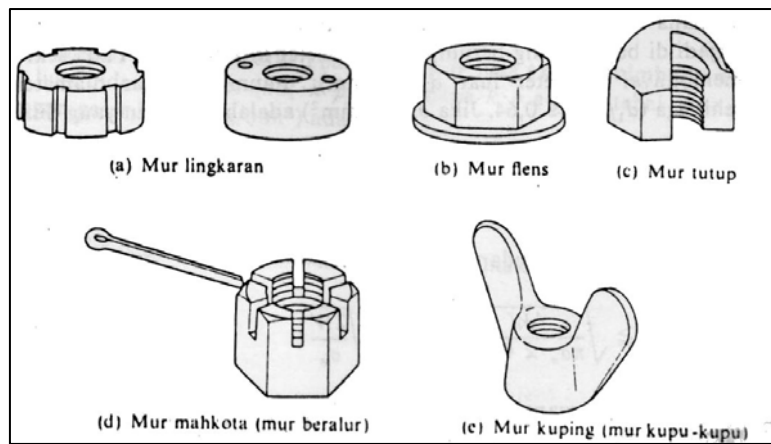
Gambar 7.111. Gambar Baut Tembus, Tap dan Tanam



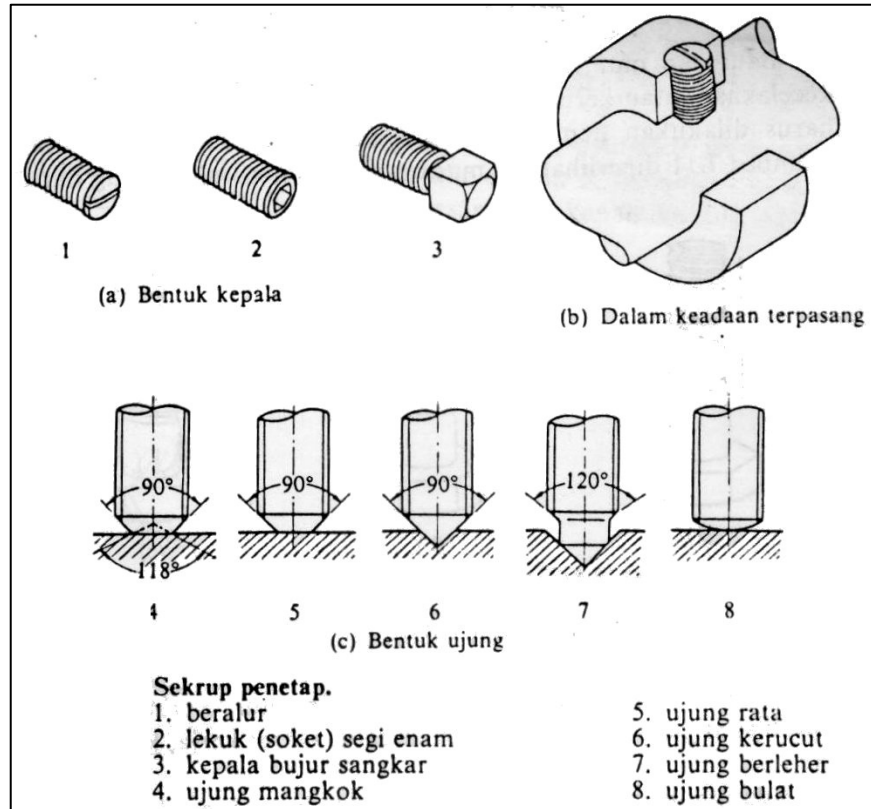
Gambar 7.112. Jenis-jenis baut



Gambar 7.113. Macam-macam Skrup Mesin



Gambar 7.114. Jenis-jenis Mur



Gambar 7.115. Gambar Sekrup

7.11. Rangkuman

Pemilihan metoda penyambungan yang tepat dalam suatu konstruksi sambungan harus dipertimbangkan efisiensi sambungannya, dengan mempertimbangkan beberapa faktor diantaranya: faktor proses pengerjaan sambungan, kekuatan sambungan, kerapatan sambungan, penggunaan konstruksi sambungan dan faktor ekonomis.

Rancangan suatu konstruksi sambungan harus diperjelas menurut kode atau simbol-simbol yang berlaku secara internasional, sehingga juru atau operator dapat melakukan proses penyambungan yang tepat sesuai dengan gambar rancangan yang diinginkan.

Metoda sambungan lipat mempunyai keuntungan jika digunakan untuk sambungan plat-plat tipis. Sambungan lipat ini dilakukan dengan menekuk/melipat sisi tepi plat antara kedua plat yang akan disambung selanjutnya kedua plat dilipat menjadi satu lipatan.

Sambungan keling keunggulannya dapat menyambung bagian plat dimana salah satu sisinya tidak terlihat. Sambungan keeling atau rivet ini dilakukan terlebih dahulu dengan mengebor kedua bagian plat yang akan disambung pengeboran ini disesuaikan dengan diameter paku keling yang digunakan. Kedua plat diletakan menjadi satu, lalu paku dimasukan kelobang dan selajutnya dilakukan pembentukan kepala paku dibagian sisi yang lain.

Solder atau patri sangat baik digunakan untuk penyambungan dengan logam yang berbeda seperti pada penyambungan untuk rangkaian elektronik. Proses penyambungan dengan solder ini dilakukan dengan mencairkan bahan tambah diantara celah plat yang akan disambung, bahan dasar yang disambung tidak mencair tetapi cukup dilakukan dengan pemanasan saja.

Sambungan las titik banyak digunakan untuk sambungan plat tipis dimana keunggulannya bekas lasan tidak jelas terlihat. Proses penyambungan dengan las titik ini dilakukan dengan meltakkan kedua plat yang akan disambung diantara kedua elektroda las, selanjutnya elektroda ditekan sampai kedua bagian plat yang dilas mencair dan menjadi satu.

Sambungan las digunakan untuk proses penyambungan logam-logam yang relative lebih tebal. Proses pengelasan merupakan proses pencairan bahan tambah dan bahan dasar logam yang di las menjadi suatu ikatan metalurgi yang berbentuk logam lasan. Energi panas yang dihasilkan untuk pencairan logam yang akan di las ini dapat diperoleh melalui energi listrik atau energi panas hasil pembakaran gas.

Hasil penyambungan logam yang baik dan efisien dapat dihasilkan dengan teknik dan prosedur yang sesuai dengan metode sambungan yang dipilih sebab setiap metode sambungan yang dipilih mempunyai spesifikasi khusus.

Performan hasil penyambungan yang baik menunjukan bentuk dan dimensi yang sesuai dengan kondisi dimana sambungan itu digunakan.

Untuk mendapatkan hasil sambungan logam yang baik sesuai dengan standar yang berlaku maka kualifikasi juru atau operator yang melaksanakan proses tersebut harus disesuaikan dengan kompetensi yang dimilikinya.

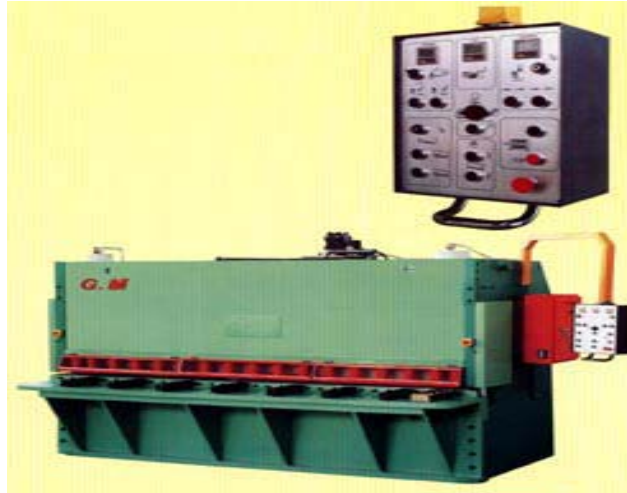
Cacat atau kesalahan pada proses penyambungan dapat diperkecil apabila proses penyambungannya dilakukan sesuai dengan teknik dan prosedur yang tepat.

7.12. Soal Latihan

1. Jelaskan prinsip-prinsip kerja dari beberapa metode sambungan logam seperti: sambungan lipat, keling, las, dan patri!
2. Apa dasar-dasar yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan metode sambungan?
3. Apa kelebihan sambungan las jika dibandingkan dari metode penyambungan yang lain?
4. Jelaskan teknik dan prosedur sambungan dengan menggunakan *special rivet* !
5. Jika anda melakukan penyambungan rivet dengan jumlah paku sambungan yang *relative* banyak maka langkah-langkah apa yang dilakukan untuk mendapatkan hasil sambungan yang rapat?
6. Suatu tangki fluida bertekanan yang terbuat dari bahan plat baja khusus, jelaskan alasan pemilihan metode penyambungan apa yang paling tepat digunakan untuk konstruksi tangki tersebut!
7. Bagaimana cara menghindari cacad atau kesalahan pada proses penyambungan plat tipis dengan metode lipatan?
8. Gambarkan skema proses pengelasan las busur nyala listrik!
9. Terangkan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi hasil pengelasan!
10. Jelaskan akibatnya apabila arus pengelasan yang digunakan rendah dan arus pengelasan yang tinggi!
11. Jelaskan proses pengelasan pada posisi *down hand*, horizontal, vertical dan overhead!
12. Apa fungsi dari brander las pada proses pengelasan las oxy *acetylene*?
13. Gambarkan tiga bentuk nyala api pengelasan las oxy *acetylene*.
14. Jelaskan akibatnya apabila tekanan gas oksigen atau asitilen tinggi dan jika tekanan rendah.
15. Apa yang menyebabkan terjadinya cacad pada hasil pengelasan ?

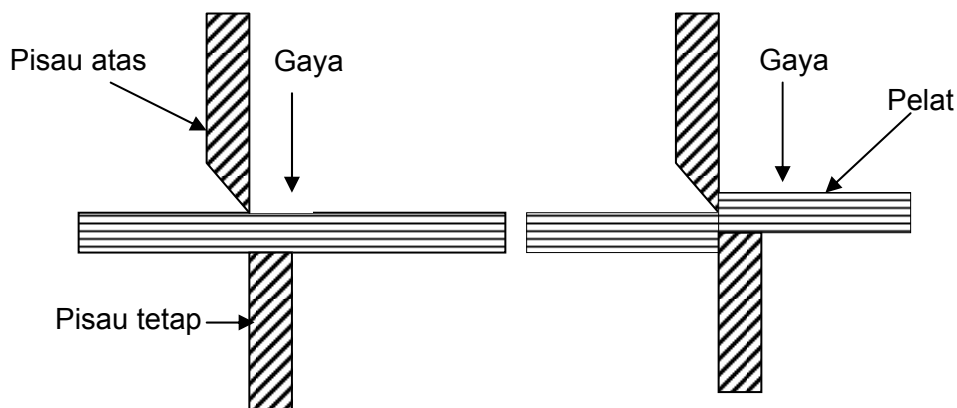
BAB. 8

METODE PEMOTONGAN



8.1 Dasar-Dasar Proses Pemotongan

Pelat-pelat hasil produksi pabrik umumnya masih dalam bentuk lembaran yang ukuran dan bentuknya bervariasi. Pelat-pelat dalam bentuk lembaran ini tidak dapat langsung dikerjakan, sebab terlebih dahulu harus dipotong menurut gambar bukan komponen yang akan dibentuk pengerjaan. Pembentukan pelat dalam bentuk lembaran ini kurang efektif apabila dikerjakan secara langsung. Dalam dunia industri istilah pemotongan pelat sebelum dikerjakan disebut pemotongan awal (*pre cutting*). *Pre cutting* atau pemotongan awal dilakukan untuk pemotongan pelat menurut bagian gambar dan ukurannya.



Gambar 8.1. Prinsip Kerja Pemotongan
(Lyman, 1968)

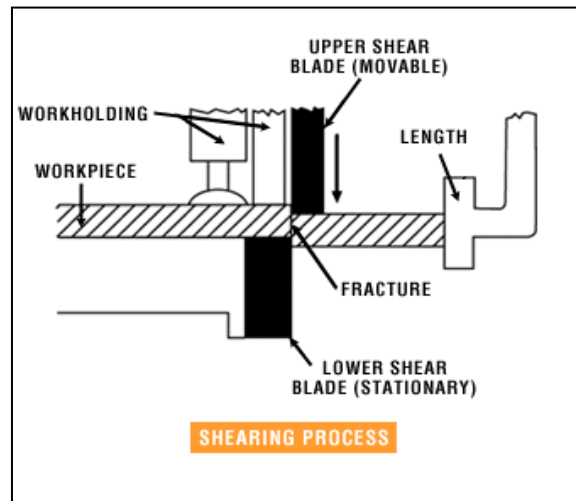
Proses pemotongan pelat-pelat ini dapat dilakukan dengan berbagai macam teknik pemotongan sesuai kebutuhan masing-masing teknik pemotongan sesuai kebutuhan masing-masing.

Peralatan potong yang digunakan untuk pemotongan pelat mempunyai jangkauan atau kemampuan pemotongan tersendiri. Biasanya untuk pemotongan pelat-pelat tipis, pemotongannya dapat digunakan alat-alat potong manual seperti: gunting tangan, gunting luas, pahat dan sebagainya. Untuk ketebalan pelat di atas 1,2 mm sangat sulit dipotong secara manual dan pemotongan digunakan mesin-mesin potong.

Teknik-teknik pemotongan pelat ini dapat dilakukan dengan berbagai macam teknik pemotongan pelat dengan peralatan tangan, mesin-mesin potong manual, mesin gunting putar, mesin waktu dan sebagainya.



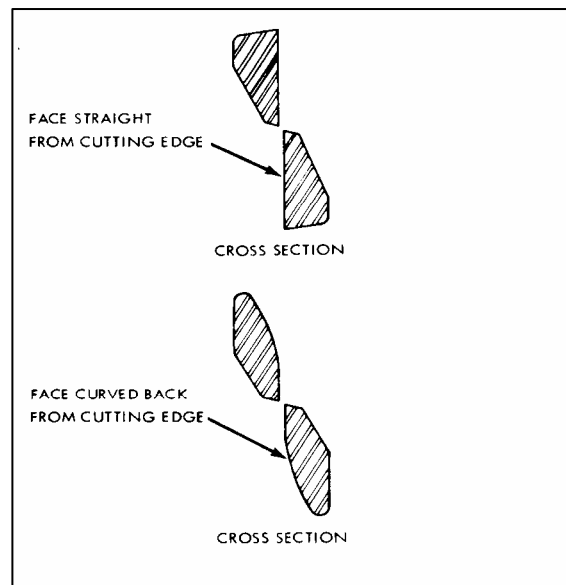
Gambar 8.2. Mesin Potong Otomatis/Mesin Guillotin Otomatis



Gambar 8.3. Proses Pemotongan Otomatis

8.2 Pemotongan Dengan Peralatan Tangan

8.2.1. Gunting Tangan



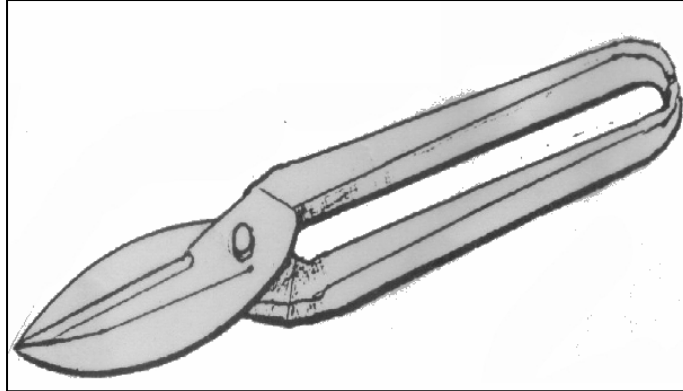
Gambar 8.4. Proses pemotongan gunting tangan
(Amstead,1977)

Sesuai dengan namanya yakni gunting tangan digunakan untuk pemotongan pelat-pelat dengan tangan secara manual. Kemampuan potong gunting tangan ini hanya mampu memotong pelat di bawah ketebalan 0,8 mm .

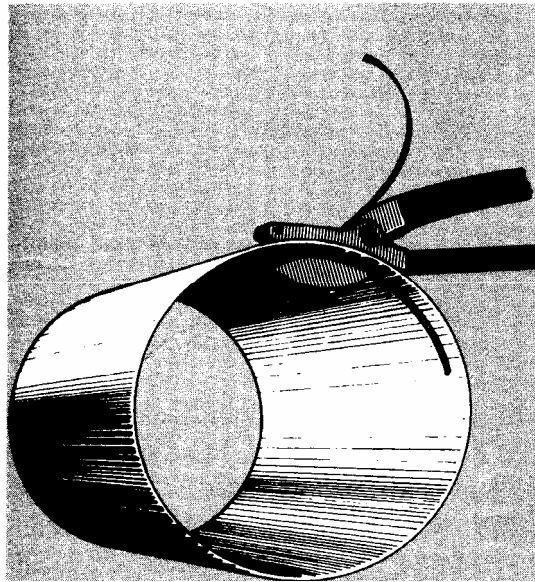
Gaya pemotongan yang ditimbulkan dalam proses pemotongan dengan gunting tangan adalah gaya geser, akibat geseran antara kedua mata pisau inilah yang menyebabkan terguntingnya pelat. Gunting tangan ini dapat dibagi dalam 3 (tiga) jenis, sesuai dengan dan penggunaannya yakni:

❖ **Gunting tangan lurus**

Gunting tangan lurus ini digunakan untuk pemotongan-pemotongan pelat dalam bentuk lurus



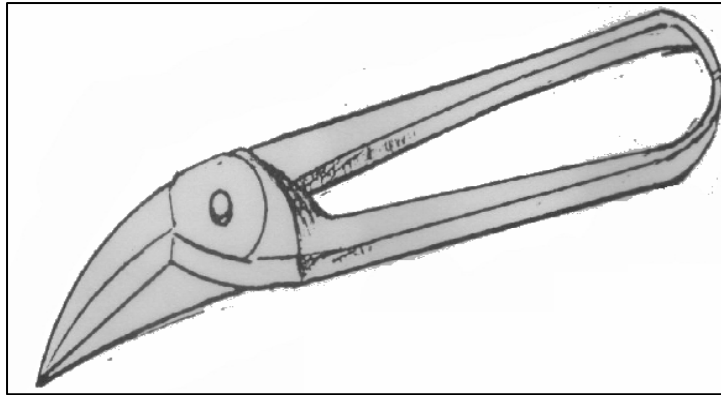
Gambar 8.5. Gunting tangan lurus



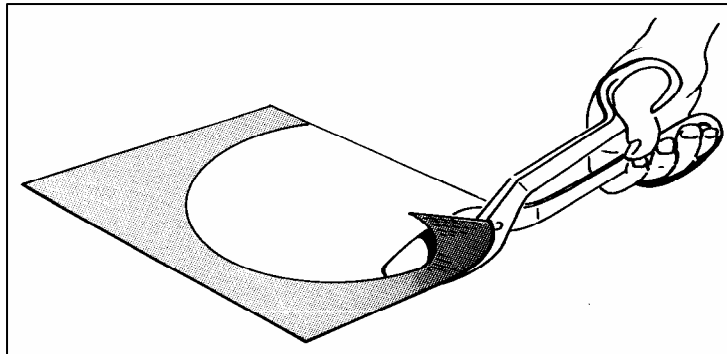
Gambar 8.6. Proses pemotongan dengan gunting lurus

❖ Gunting Tangan Lingkaran

Kegunaan gunting tangan lingkaran ini sangat baik digunakan untuk pemotongan-pemotongan pelat berbentuk lingkaran.



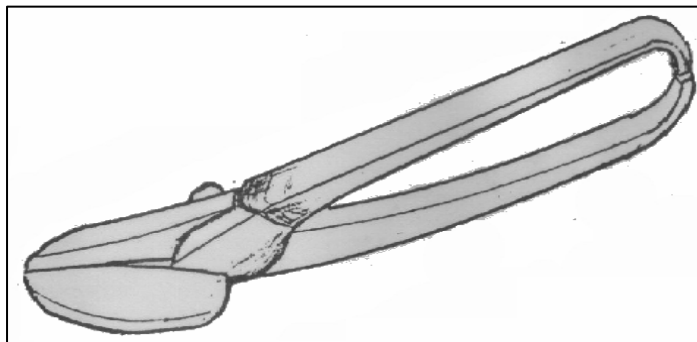
Gambar 8.7. Gunting tangan lingkaran



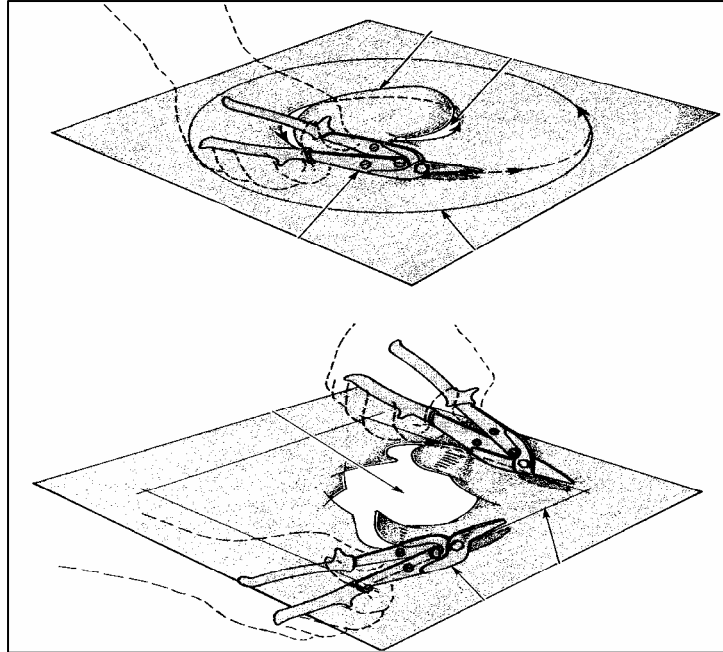
Gambar 8.8. Proses pemotongan dengan gunting Lingkaran

❖ Gunting tangan kombinasi

Gunting tangan kombinasi ini dapat digunakan untuk pemotongan lurus maupun llingkaran.

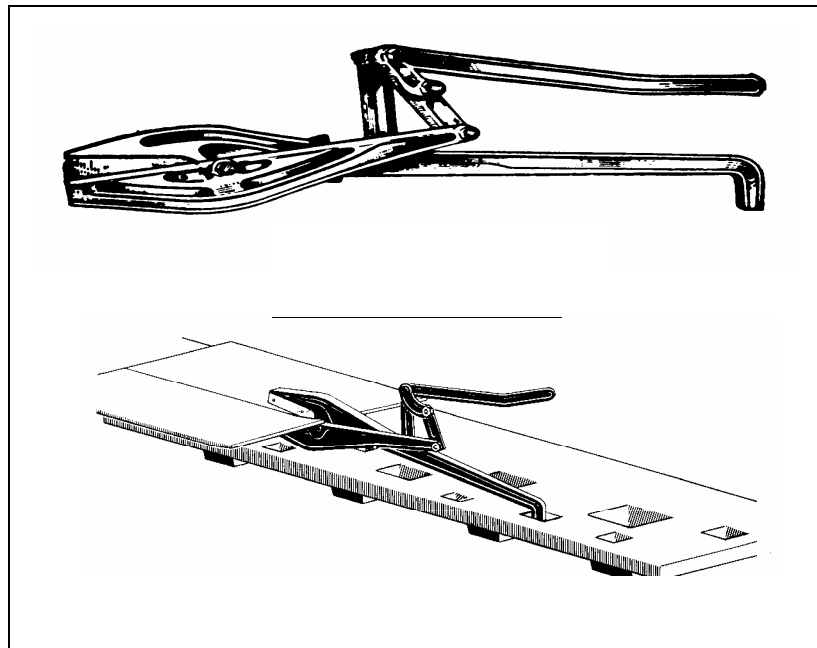


Gambar 8.9. Gunting tangan kombinasi

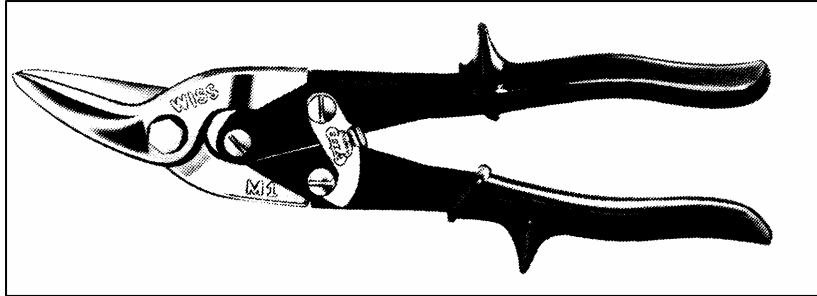


Gambar 8.10. Proses pemotongan dengan gunting kombinasi (Meyer, 1975)

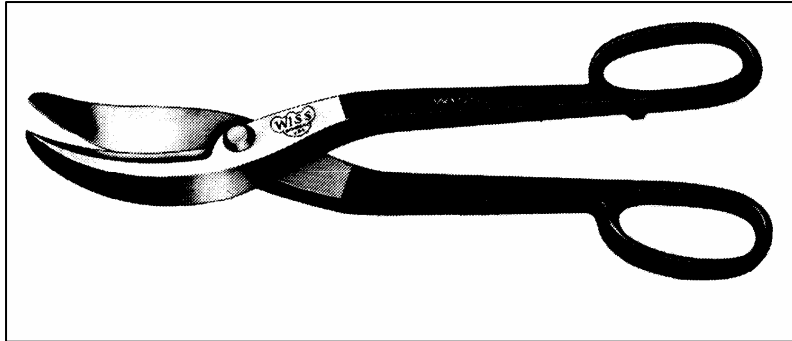
Selain gunting tangan yang tersebut di atas, ada juga gunting lainnya yang sering digunakan dalam pekerjaan pemotongan pelat. Bentuk gunting tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini .



Gambar 8.11. Gunting kombinasi dengan penahan



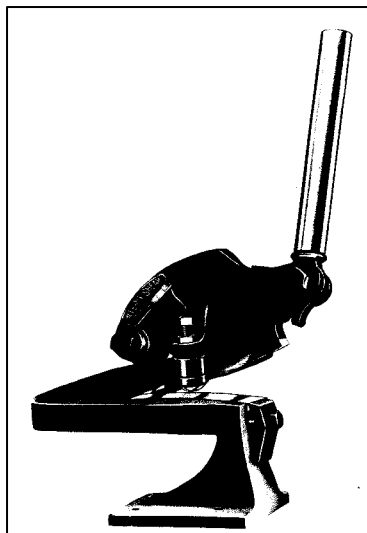
Gambar 8.12. Gunting kanan



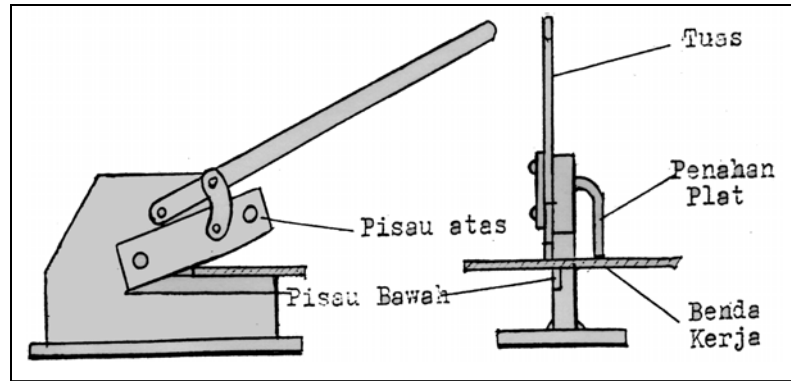
Gambar 8.13. Gunting lingkaran

8.2.2. Gunting tuas

Gunting tuas digunakan untuk pemotongan pelat yang mempunyai ketebalan 1mm - 3 mm, tetapi penggunaan gunting tuas ini lebih sering digunakan untuk pemotongan pelat-pelat strip. Prinsip pemotongan gunting tuas ini dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 8.14. Gunting tuas



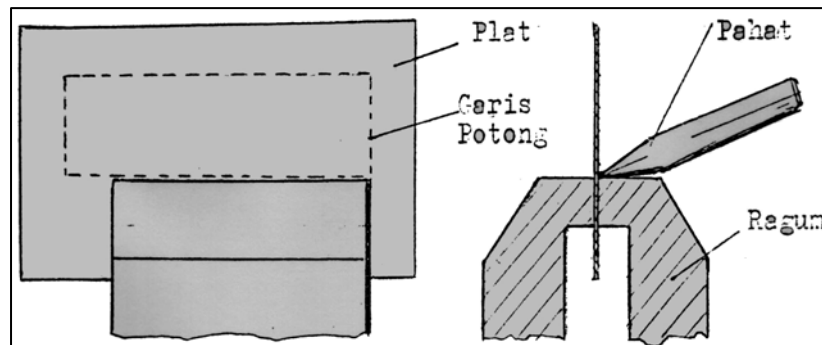
Gambar 8.15. Bagian-bagian gunting tuas

Gaya pemotongan yang ditimbulkan untuk memotong pelat ini digerakkan oleh tuas yang berhubungan langsung dengan pisau atas. Posisi pelat yang dipotong terletak pada pisau bawah yang tetap.

Jenis gunting tuas bermacam-macam sesuai dengan tipe dan bentuknya masing-masing. Salah satu jenis gunting tuas mempunyai ketebalan pemakanan sebesar tebal pisau yang digunakan. Pemotongan ini tedapat pada jenis gunting tuas meja. Gunting tuas meja ini mempunyai sisa pemotongan sebesar 5 mm sesuai tebal mata pisau yang digunakan. Jadi untuk mendapatkan ukuran yang tepat sewaktu pemotongan harus dilebihkan sebesar tebal mata pisau.

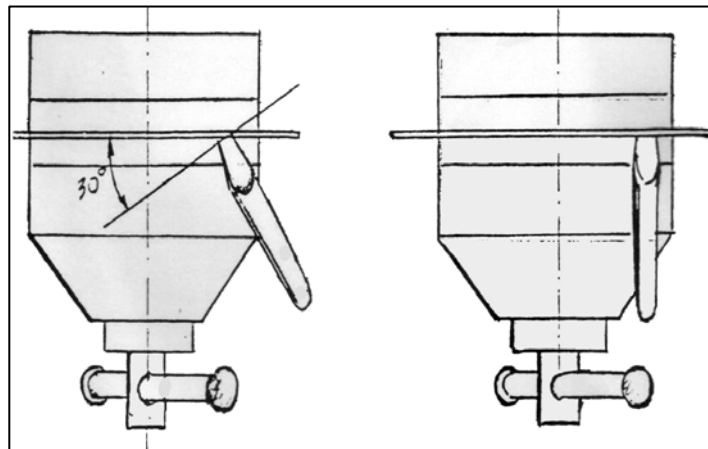
8.2.3. Pahat potong

Pahat potong tangan digunakan bagian dalam dari sisi pelat, sebab pemotongan bagian dalam pelat ini sulit dilakukan dengan gunting. Prinsip kerjanya pemotongan pelat dengan pahat ini dilakukan di atas landasan paron atau pada ragam-ragam meja. (lihat gambar 8.16)



Gambar 8.16. Pemotongan pelat dengan pahat

Teknik pemotongan ini dapat dilihat seperti pada gambar di bawah. Garis pemotongan diletakkan sejajar dengan catok ragum dan pahat dimiringkan 30° terhadap arah pemotongan.



Gambar 8.17. Posisi pahat untuk pemotongan pelat (Purwantono, 1991)

8.2.4. Gergaji Tangan

Gergaji ialah sejenis [alat](#) yang digunakan untuk memotong sesuatu. Bilah gergaji biasanya bergerigi dan bentuk gigi gergaji bergantung kepada bahan yang dipotong, contohnya kayu atau logam. Ada banyak jenis gergaji. Diantaranya merupakan peralatan tangan yang bekerja dengan kekuatan [otot](#). Beberapa gergaji memiliki sumber tenaga lain seperti stim, air atau elektrik dan lebih kuat dari gergaji tangan.

Gergaji biasanya menimbulkan bunyi bising. Menggunakan gergaji untuk memotong bahan agak berbahaya karena tepinya yang tajam. Bagian benda yang dipotong gergaji dapat terbang tanpa disadari dan berbahaya buat [pernapasan](#), [mata](#) dan [kulit](#). Gergaji tangan adalah alat potong yang banyak digunakan pada bengkel kerja bangku dan kerja mesin. Gergaji tangan adalah peralatan utama dalam bengkel, karena fungsi alat ini adalah untuk menyiapkan bahan bakal yang akan dikerjakan atau dibuat benda kerja.

Prinsip kerja dari gergaji tangan adalah langkah pemotongan kearah depan sedangkan langkah mundur mata gergaji tidak melakukan pemotongan. Prinsip kerja tersebut sama dengan prinsip kerja mengikir. Pekerjaan pemotongan dilakukan oleh dua daun mata gergaji yang mempunyai gigi-gigi pemotong. Dengan menggunakan gergaji tangan dapat dilakukan pekerjaan seperti memendekkan benda kerja, membuat alur/celah dan

melakukan pemotongan kasar/pekerjaan awal sebelum benda kerja dikerjakan oleh peralatan lain.



Gambar 8.18. Gergaji Tangan

❖ **Bagian-bagian Gergaji Tangan.**

Adapun bagian-bagian dari gergaji tangan adalah:

- **Bingkai/rangka**
Bingkai gergaji kuat dan kokoh untuk memegang mata gergaji ketika dipasang dalam berbagai bentuk untuk melakukan suatu pekerjaan. Terdapat dua jenis bingkai, yaitu bingkai tetap dan bingkai tidak tetap. Bingkai tetap hanya dapat memegang mata gergaji yang sama panjangnya dengan bingkai. Sementara bingkai tidak tetap dapat digunakan untuk memasang mata gergaji yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda. tersebut.
- **Pemegang**
Pemegang gergaji terdiri dari berbagai jenis, seperti pemegang yang berbentuk lurus atau benbentuk pistol. Pemilihan pemegang gergaji tergantung pada keinginan pemakai pada saat melakukan pekerjaan tertentu.
- **Peregang/pengikat**
Peregang adalah baut yang terdapat pada bingkai gergaji yang berfungsi untuk mengikat dan mengatur ketegangan mata gergaji pada saat dipasang pada bingkai.
- **Daun mata gergaji**

❖ **Daun mata gergaji**

Pemilihan mata gergaji sangat penting untuk mengergaji sesuatu jenis logam dengan baik. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan pada saat memilih mata gergaji adalah:

- **Bahan mata gergaji**
Mata gergaji dibuat dari bahan seperti baja karbon tinggi, baja tahan panas, baja paduan tungsten dan baja paduan molibdenum. Pemilihan jenis mata gergaji tergantung pada kekerasan logam yang akan dipotong. Mata gergaji yang terbuat dari baja tahan panas lebih ekonomi dan tidak cepat haus jika dibandingkan dengan jenis yang lain.

- Kekerasan mata gergaji
Kebanyakan mata gergaji dikeraskan keseluruhannya, tetapi untuk jenis mata gergaji lentur, hanya bagian giginya saja yang dikeraskan. Mata gergaji ini jarang patah dan dapat memotong bagian-bagian yang sukar dipotong.
- Ukuran mata gergaji
Panjang mata gergaji adalah antara 255 mm hingga 300 mm untuk gergaji besi tangan.
- Bentuk mata gigi
Bentuk mata gergaji adalah berselang seling kekiri dan kekanan. Tujuannya adalah supaya mata gergaji ini tidak terjepit pada saat memotong benda kerja dan juga untuk memberi ruang pada serbuk logam agar mudah keluar.

Ukuran mata gergaji diukur dari:

- Panjang
- Tebal
- Lebar
- Jarak atau bilangan gigi dalam satu inci

Panjang bilah mata gergaji tangan diukur dari jarak antara pusat lubang pada setiap ujungnya. Untuk bilah mata gergaji tangan yang biasa digunakan panjangnya ialah 250 mm dan 300 mm, lebarnya 13 mm dan 16 mm serta tebalnya adalah 0.63 mm dan 0.80 mm

❖ **Memilih daun gergaji**

Pekerjaan pemotongan akan berhasil dengan baik apabila pemilihan alat potongnya yang benar, artinya sesuai dengan jenis bahan yang akan dipotong, sesuai dengan kecepatan pemotongan dan sesuai dengan sifat pemotongan. Untuk itu perlu adanya pedoman dalam pemilihan daun mata gergaji.

Di bawah ini diberikan pedoman sederhana, untuk membantu pemilihan daun gergaji agar dapat dihasilkan pemotongan yang baik.

- Bahan yang akan dipotong harus terlebih dahulu diketahui kekerasannya dan jenis bahan apa.
- Bahan yang akan dipotong terlebih dahulu harus diketahui bentuk profil dan besar ukurannya.
- Sifat pemotongan yang bagaimana yang harus dilakukan, apakah pemotongan dengan menggunakan cairan pendingin atau tidak.

Pada tabel di bawah ini diberikan pedoman pemilihan daun mata gergaji berkaitan dengan besar ukuran dan jenis bahan.

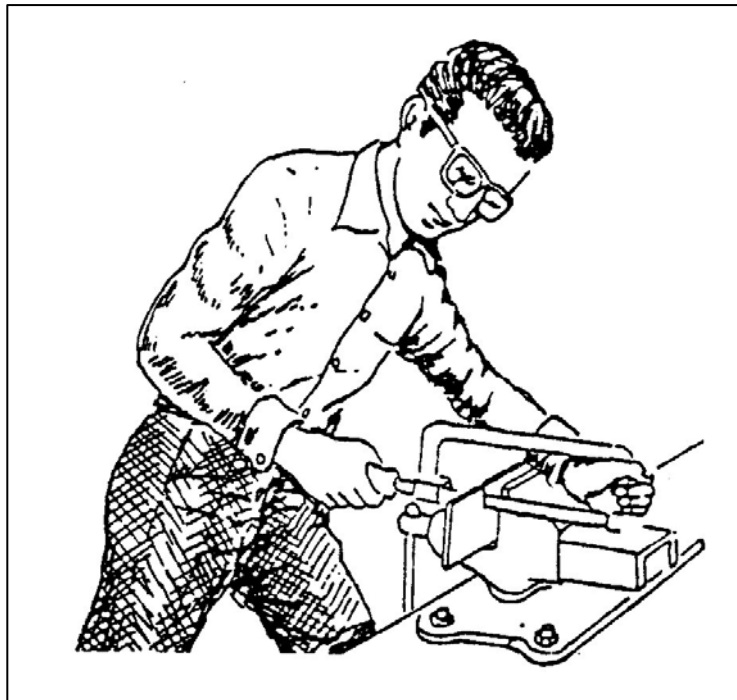
Tabel 8.1. Hubungan antara besar ukuran bahan dan jenis bahan dengan jenis daun mata gergaji.

Diameter bahan	Bahan keras	Bahan lunak
Sampai 3	32 TPI	32 TPI
3 – 6 mm	32 TPI	24 TPI
6 – 12 mm	24 TPI	18 TPI
12 – 25 mm	18 TPI	14 TPI

(Sumantri,1989)

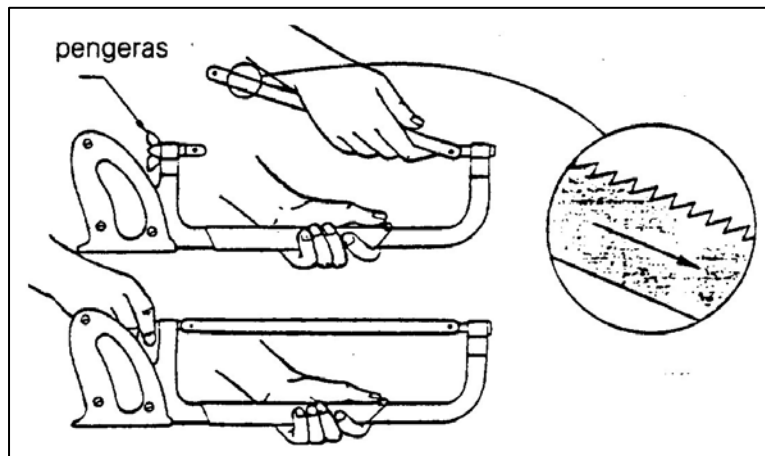
❖ Cara menggergaji

- Langkah pemotongan
Langkah pemotongan hanya dilakukan pada langkah maju. Langkah mundur mata gergaji tidak melakukan pemotongan.



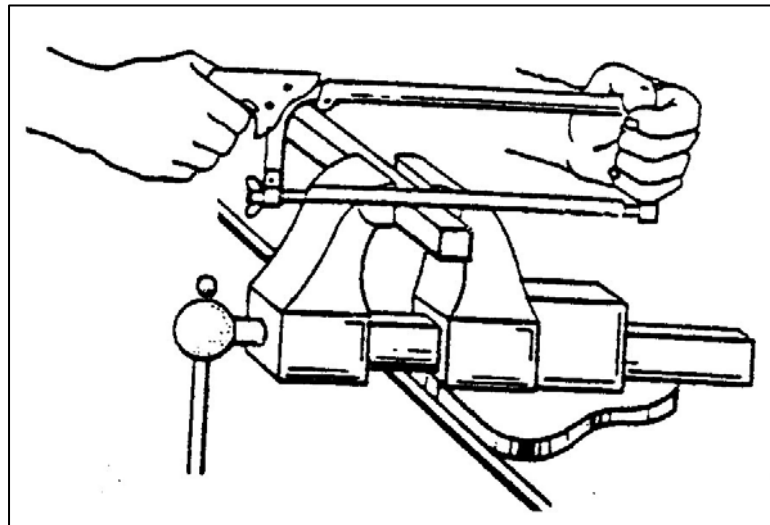
Gambar 8.19. Langkah pemotongan

- Cara memasang daun gergaji.
Pemasangan daun mata gergaji tangan adalah mata potongnya menghadap ke depan dan harus sedikit renggang agar dapat menghasilkan pemotongan halus.



Gambar 8.20. Pemasangan daun mata gergaji

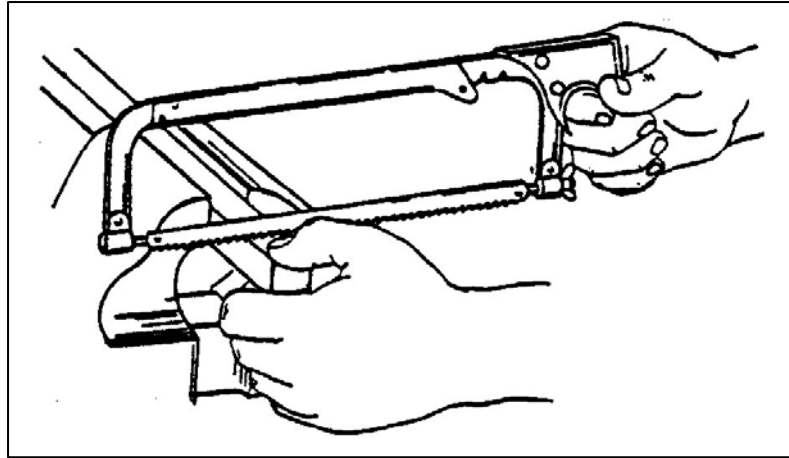
- Cara memegang gergaji tangan
Tangkai mata gergaji di pegang pada tangan kanan, tangan kiri memegang rangka bagian depan gergaji tangan. Pemegangan tangkai seperti pemegangan pada pemegangan tangkai kikir. Posisi kaki adalah sama dengan posisi kaki saat mengikir.



Gambar 8.21. Memegang gergaji tangan

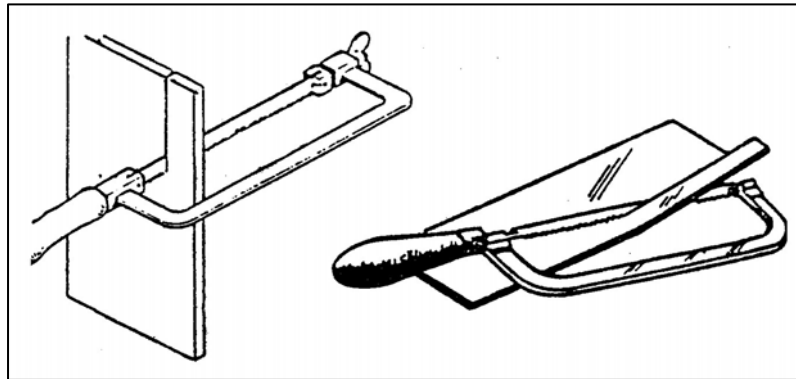
- Cara memotong pendahuluan
Pada permulaan langkah memotong buatlah sudut kecil antara gigi pemotong dengan bahan, sehingga dapat dicegah kerusakan gigi-ggi pemotong. Bimbinglah gigi-gigi pemotong dengan menggunakan ibu jari pada daerah

dimana akan dilakukan pemotongan. Dengan bantuan tersebut, maka kesalahan ukuran dapat dihindari.



Gambar 8.22. Pemotongan pendahuluan

- Memotong benda kerja yang panjang
Gergaji tangan sangat terbatas pemakaiannya, terutama untuk membelah bahan yang panjang, tetapi ia masih dapat digunakan dengan melakukan perubahan penjempitan bahan dan penjepitan daun mata gergajinya. Pengikatan daun mata gergajinya tegak lurus dengan rangka.

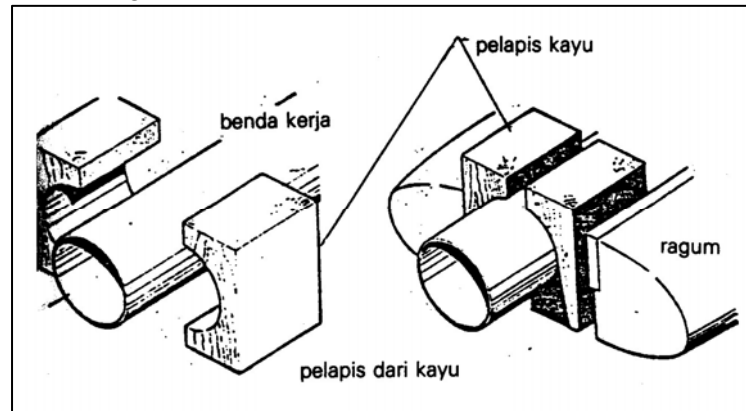


Gambar 8.23. Cara memotong bahan panjang

- Memotong pipa tipis
Pemotongan pipa-pipa dapat dilakukan dengan menggunakan gergaji tangan, hanya penjepitan pipa pada ragum harus dilakukan secara baik agar pipa tidak mengalami kerusakan. Untuk pemotongan pipa yang tipis, maka diperlukan cara khusus dalam penjepitannya. Cara penjepitan pipa tipis pada ragum adalah dengan

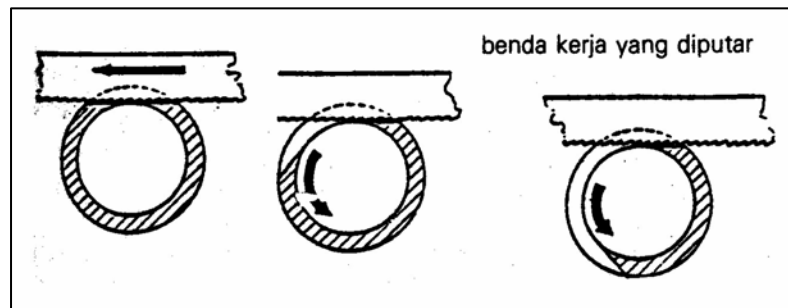
melapisi rahang-rahang ragum dengan kayu dan mengisi lobang pipa dengan kayu atau bahan lain yang lunak.

Dengan adanya pelapis kayu yang dibuat khusus, maka pipa tidak akan mengalami perubahan bentuk saat pemotongan.



Gambar 8.24. Penjempitan pipa tipis pada ragum.

Cara menggergaji pipa adalah dengan jalan menggerakkan pipa secara berputar, artinya setelah satu sisi terpotong, maka kita putar pipa untuk meneruskan pemotongan sisi berikutnya. Dengan cara ini akan dihasilkan pemotongan yang lurus.



Gambar 8.25. Cara memotong pipa.

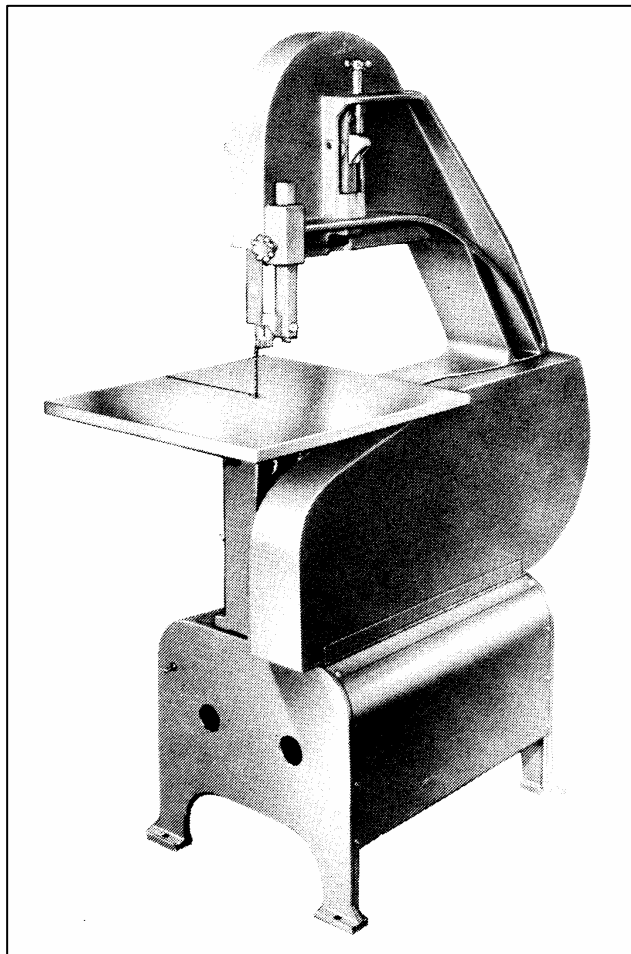
Untuk menjaga agar mata gergaji tidak mudah patah, maka harus diikuti langkah-langkah berikut:

- Pilih mata gergaji yang jarak giginya sesuai untuk logam-logam tertentu.
- Pasangkan mata gergaji dengan arah gigi yang tepat.
- Logam yang hendak dipotong harus diikat pada ragum dengan kuat.
- Ketegangan mata gergaji harus sesuai dengan jenis pemotongan.

- Gunakan mata gergaji yang lentur hanya pada bagian-bagian tertentu.
- Kecepatan pemotongan harus sesuai.
- Pada saat mengergaji, tekanan pada benda kerja harus sesuai dengan jenis logam yang digunakan.

8.3. Pemotongan Dengan Mesin Gergaji Pita

Mesin gergaji pita merupakan sebuah mesin yang mempunyai spesifikasi tersendiri, dikarenakan kemampuan mesin ini dapat memotong profil-profil lengkung tak tentu. Mesin gergaji pita ini dilengkapi dengan mata gergaji yang berbentuk pita melingkar. Mata gergaji ini diregang diantara dua rol. Rol penggerak dihubungkan dengan power suplai motor listrik. Motor listrik ini menghasilkan putaran dan sekaligus memutar mata gergaji yang berbentuk pita. Kedua rol ini mempunyai jarak yang berguna untuk tempat berlangsungnya proses pemotongan.



Gambar 8.26. Mesin Gergaji Pita

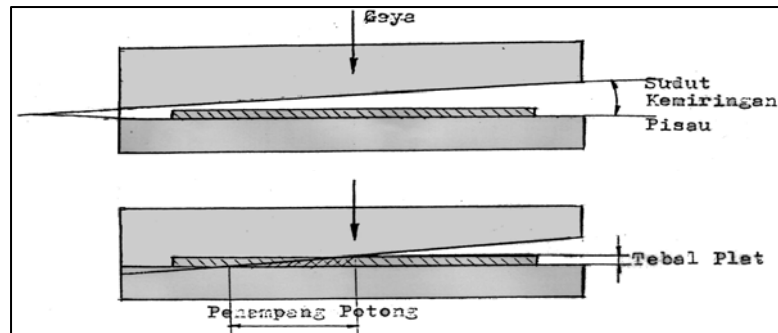
8.4. Pemotongan Dengan Mesin Guillotine

Mesin guillotine terdiri dari 2 (dua) jenis yakni mesin guillotine manual dan mesin guillotine hidrolik. Mesin guillotine manual pemotongan pelat dilakukan dengan tuas penekan yang digerakkan oleh kaki si pekerja. Mesin guillotine hidrolik proses pemotongannya digerakkan dengan sistem hidrolik, sehingga kemampuan potong mesin guillotine hidrolik ini lebih besar dari mesin guillotine manual.

Mesin guillotine ini hanya mampu untuk pemotongan pelat-pelat lurus. Untuk mesin guillotine manual ketebalan pelat yang dapat dipotong di bawah 0,6 mm dan mesin guillotine hidrolik mampu memotong pelat antara 6-10 mm.

Prinsip kerja mesin guillotine ini menggunakan gaya geser untuk proses pemotongan. Pelat yang dipotong diletakkan pada landasan pisau tetap dan pisau atas ditekan sampai memotong pelat.

Untuk mengurangi besarnya gaya geser sewaktu terjadinya proses pemotongan posisi mata pisau atas dimiringkan, sehingga luas penampang pelat yang dipotong mengecil.



Gambar 8.27. Posisi mesin guillotine

Hasil pemotongan dari mesin guillotine ini dipengaruhi oleh kemiringan dan kelonggaran (suaian) antara kedua posisi pisau. Untuk mendapatkan hasil pemotongan yang baik terhadap pelat yang dipotong sesuai antara ke 2 mata pisau harus jenis pelat yang dipotong.

Sesuai mata pisau yang diizinkan menurut pengujian Feeler Gouges untuk baja dan brass dapat dilihat pada tabel berikut:

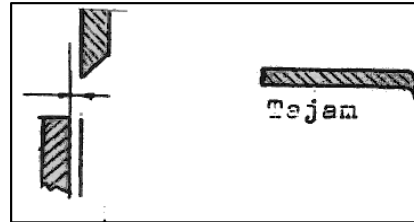
Tabel 8.2. Suaian pisau mesin guillotine.

Tebal pelat		Suaian pisau			
Inci	mm	Inci	mm	Inci	mm
0,015	0,381	0,0003	0,0075	0,0005	0,013
0,032	0,813	0,015	0,038	0,0018	0,046
0,065	1,651	0,020	0,051	0,0025	0,064
0,100	2,540	0,022	0,056	0,0030	0,076
0,125	3,175	0,030	0,076	0,0040	0,10
0,250	6,350	0,055	0,14	0,0070	10,18

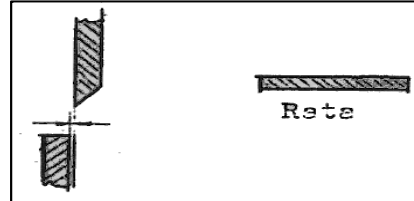
(Lyman, 1968)

Hasil pemotongan pelat yang baik dan sesuai menurut kelonggarannya (suaian) yang diizinkan dapat dilihat pada gambar berikut. Hasil pemotongan ini menurut pengujian feeler gauges.

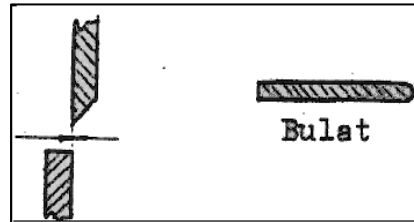
1. Hasil pemotongan jarak pisau potong longgar



2. Hasil pemotongan jarak pisau tepat

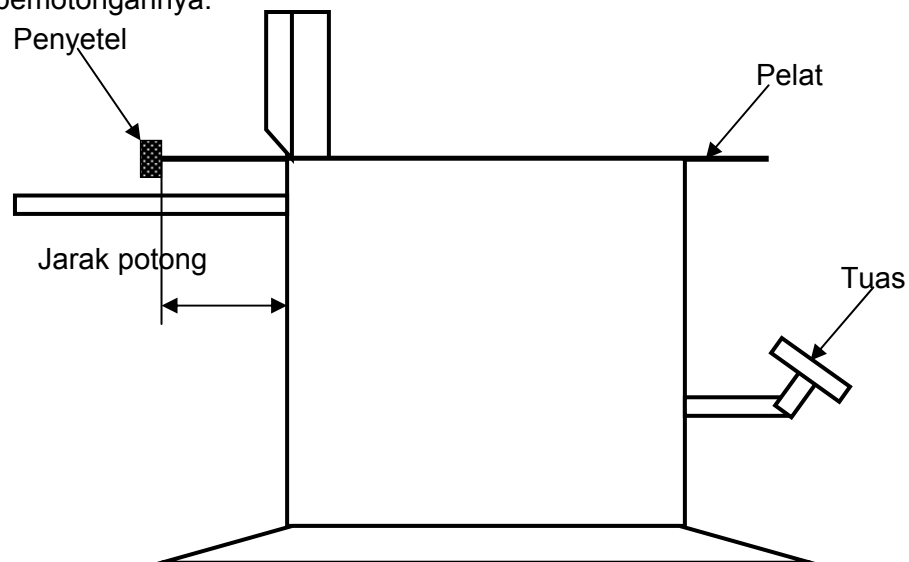


3. Hasil pemotongan jarak pisau sesak



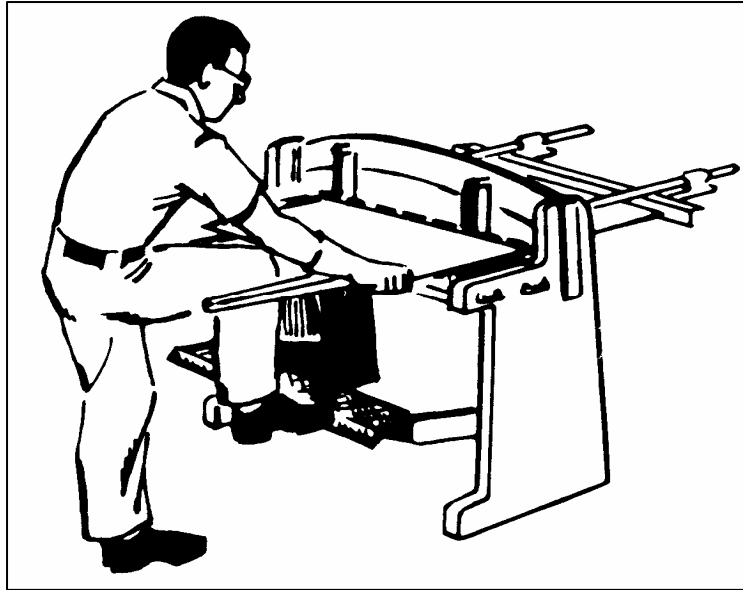
Gambar 8.28. Hasil pemotongan pelat

Pada mesin-mesin gullotine ini juga dilengkapi dengan alat ukur untuk pengukuran pelat yang tepat, sehingga mempermudah pada proses pemotongannya.

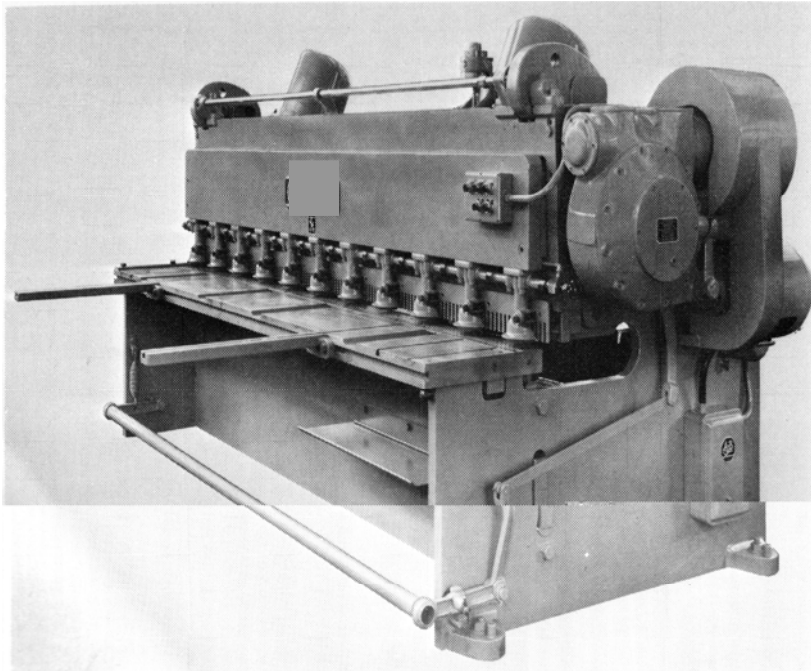


Gambar 8.29. Bagian mesin Gullotine

Proses pemotongan dengan mesin Gullotine manual adalah pelat diletakkan di atas meja. Kemudian ukuran pelat yang akan dipotong diatur dengan memperhatikan ukuran yang ada pada meja. Setelah ukuran yang diinginkan diatur dengan tepat maka tuas ditekan dengan menggunakan kaki agar pisau memotong pelat-pelat tersebut. Gambar mesin Gullotine manual dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8.30. Mesin Gullotine Manual



Gambar 8.31. Gullotine Mesin

Gambar 8.31. adalah mesin gunting pelat sebelum mengalami perkembangan sampai sekarang. Mesin gunting pelat ini mampu memotong pelat lurus, dengan ketebalan pemotongan maksimal 12 mm. Prinsip kerja mesin potong ini menggunakan tenaga motor listrik yang dihubungkan dengan tuas penekan. Tuas penekan ini dihubungkan dengan pisau bagian atas. Pisau atas ini bergerak naik turun.

Pelat diletakkan diantara pisau bawah yang tetap dan pisau atas yang bergerak turun. Sebelum pisau atas turun menggunting pelat, maka stopper atau sepatu penahan terlebih dahulu turun menahan pelat yang akan dipotong. *Stopper* atau penahan ini berfungsi untuk menahan pelat agar sewaktu terjadinya proses pengguntingan pelat tidak mengalami gaya balik.

Antara pisau bawah dan atas mempunyai kelonggaran atau kelonggaran (*clearance*) tertentu. Biasanya kelonggaran ini dapat di atur sesuai dengan ketebalan pemotongan. Besarnya kelonggaran ini berbanding lurus terhadap ketebalan dan jenis bahan pelat yang dipotong. Semakin besar ketebalan pelat yang dipotong maka kelonggaran antara pisau ini juga akan menjadi lebih besar. Bahan pelat yang mempunyai kekerasan yang tinggi juga harus diikuti dengan penyesuaian kelonggaran antara matau pisau atas dan bawah.

8.5. Pemotongan Dengan Mesin Potong Hidrolik

Mesin gunting hidrolik menggunakan tenaga *power supply* tenaga hidrolik. Tenaga hidrolik yang dihasilkan untuk memotong adalah pompa hidrolik yang digerakkan oleh motor listrik. Mesin gunting hidrolik ini dilengkapi dengan program pada panel box control hidrolik. Dengan program hidrolik ini pelayanan untuk operasional mesin potong menjadi lebih sederhana. Kemampuan menggunting atau memotong palt dengan mesin hidrolik ini sampai mencapai ketebalan pelat 20 mm. Prinsip kerja mesin hidrolik ini sama dengan mesin gulotine umumnya. Hanya penekan yang digunakan pada mesin ini menggunakan actuator kerja ganda (*double acting*) dengan silinder sebanyak dua buah.

Actuator ini diletakkan di kiri dan kanan mesin yang berhubungan langsung dengan pisau atas. *Stopper* yang digunakan juga *stopper* yang digerakkan secara hidrolik. Jumlah stoppernya lebih banyak dari actuator potong. Jumlah *actuator* ini disusun diantara celah pemotongan. Untuk pemotongan yang mempunyai lebar yang kecil juga dapat ditekan oleh *stopper*.



Gambar 8.32. Mesin Gunting Hidrolik

Mesin potong Plane Hidraulik sesuai dengan fungsinya digunakan untuk proses pemotongan berbentuk bidang (*plane*). Kemampuan pemotongan dari mesin ini disesuaikan dengan bentuk-bentuk dan besar kecilnya plane serta ketebalan

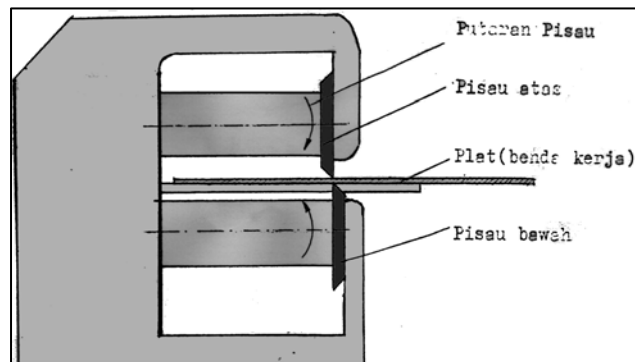


Gambar 8.33. Mesin Potong Plane Hidrolik

8.6. Pemotongan Dengan Mesin Gunting Putar/Lingkaran

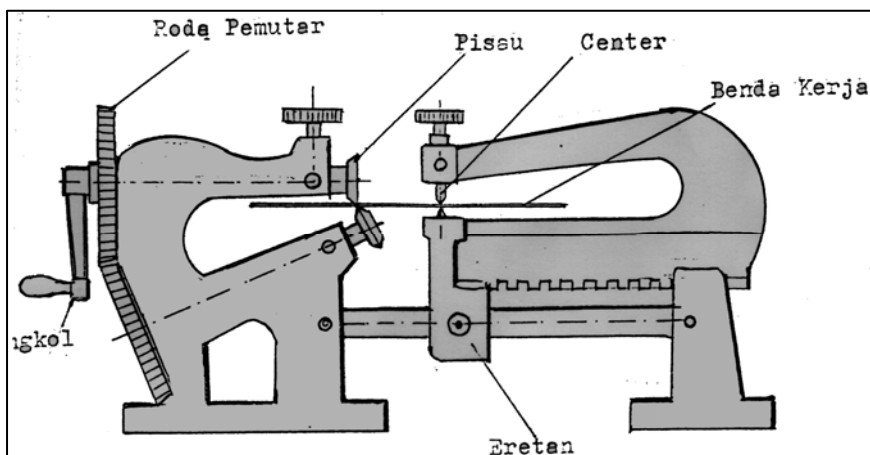
Mesin gunting putar ini mempunyai prinsip pemotongan yang sama dengan mesin gullotine, tetapi pada mesin gunting putar ini pisau pemotong pelat berbentuk bulat dan mempunyai sudut pemotongan. Pisau gunting putar ini keduanya saling berputar sewaktu berlangsungnya proses pemotongan. Salah satu keuntungan mesin gunting putar ini dapat memotong pelat sepanjang pemotongan yang dikehendaki.

Jenis mesin gunting putar ini terdiri dari dua jenis menurut penggerak pemutar pisau, yakni digerakkan secara manual dan digerakkan dengan motor listrik. Prinsip pemotongan mesin gunting putar ini adalah seperti gambar berikut:

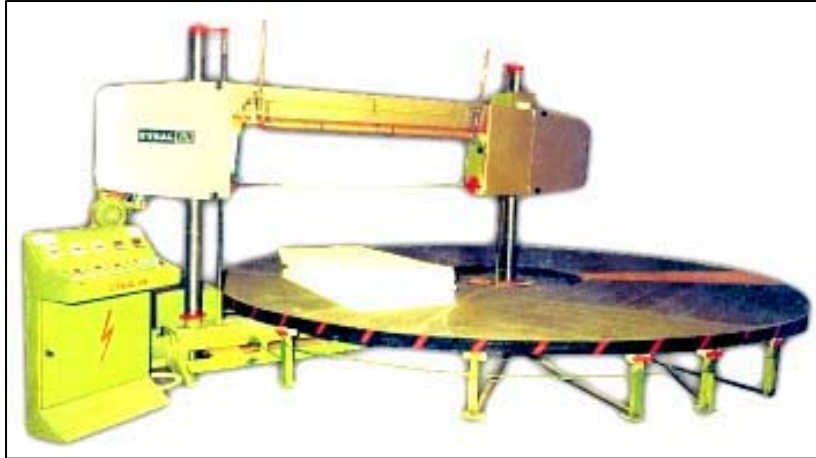


Gambar 8.34. Mesin Gunting Putar

Ditinjau dari hasil pemotongan yang dikehendaki mesin gunting putar ini ada 2 tipe yakni mesin gunting lurus dan mesin gunting putar lingkaran. Contoh mesin gunting putar lingkaran ini dapat dilihat pada gambar berikut. Pada mesin gunting putar lingkaran ini dilengkapi oleh pendukung titik pusat dari lingkaran pelat yang dipotong.



Gambar 8.35. Mesin gunting lingkaran



Gambar 8.36. Mesin Pemotongan Melingkar

Mesin potong melingkar digunakan untuk pemotongan pelat-pelat yang berbentuk lingkaran. Besarnya lingkaran pemotongan ini dapat diatur sesuai dengan jarak center dengan mata pisau pemotong. Penggunaan mesin potong ini tidak hanya digunakan untuk pemotongan lingkaran tetapi dapat juga digunakan untuk pemotongan profil yang membentuk kurva tertentu.

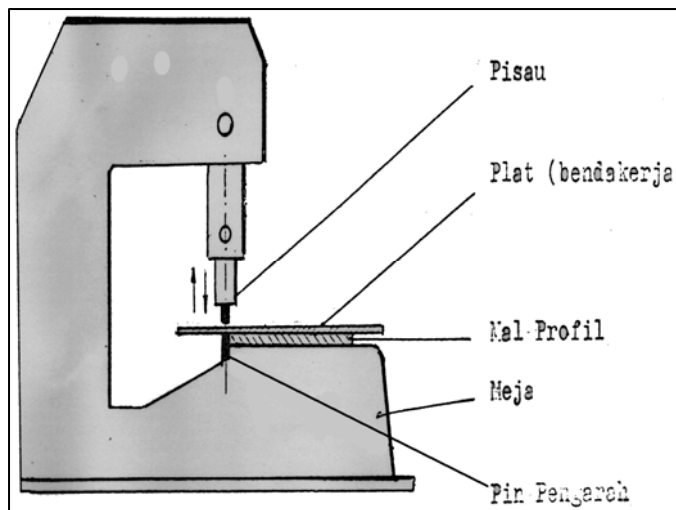


Gambar 8.37. Mesin Gunting Melingkar

Pada dasarnya mesin gunting melingkar seperti pada gambar 8.36 dan gambar 8.37. mempunyai spesifikasi pemotongan yang sama. Kapasitas pemotongan pada mesin gunting ini lebih kecil dibandingkan dengan proses pemotongan dengan mesin potong melingkar.

8.7. Pemotongan Dengan Mesin Potong Profil

Untuk menghasilkan bentuk-bentuk profil yang diinginkan pada komponen-komponen yang terbuat dari bahan pelat dibutuhkan mesin yang mampu untuk pemotongan bentuk yang tidak teratur. Salah satu mesin potong profil yang sering digunakan adalah mesin Wibler.



Gambar 8.38. Mesin Wibler

Proses pemotongan dengan mesin potong Wibler ini dilakukan dengan menggunakan profil atau mal yang diinginkan. Profil atau mal ini dibuat sesuai dengan bentuk profil benda kerja yang di rencanakan, sehingga mesin potong wadkin ini sangat efektif apabila di gunakan untuk pemotongan-pemotongan pelat yang jumlahnya cukup banyak. Mata pisau mesin wadkin ini bergerak turun naik untuk memotong pelat. Pelat diletakkan di atas mal profil dan digerakkan mengikuti garis pemotongan yang didukung oleh pengarah sesuai bentuk profil benda kerja yang dipotong.

Proses pemotongan pelat-pelat yang relatif tebal dengan bentuk profil yang rumit biasanya digunakan sistem pemotongan las asitelin (oksigen tekanan tinggi) atau dengan sistem pemotongan las busur udara.



Gambar 8.39. Mesin Potong Vertikal

Mesin Potong Vertikal mempunyai prinsip pemotongan secara vertikal. Keunggulan mesin potong vertikal ini adalah dapat melakukan proses pemotongan profil. Profil yang dipotong dengan mesin ini dapat diatur sesuai dengan bentuk profil yang diinginkan.

8.8. Pemotongan dengan Gerinda



Gambar 8.40. Mesin Gerinda Potong

Pemotongan dengan gerinda potong ini menggunakan batu gerinda sebagai alat potong. Proses kerja pemotongan dilakukan dengan menjepit material pada ragum mesin gerinda. Selanjutnya batu gerinda dengan putaran tinggi digesekan ke material. Kapasitas pemotongan yang dapat dilakukan pada mesin gerinda ini hanya terbatas pada pemotongan profil-profil. Profil-profil ini diantaranya pipa, pelat strip, besi siku, pipa *stalbush* dan sebagainya.

8.9. Pemotongan dengan Gas

➤ Pemotongan dengan Oxy-Assitelin

Cara-cara pemotongan baja yang banyak digunakan dewasa ini dapat dilihat pada tabel berikut:

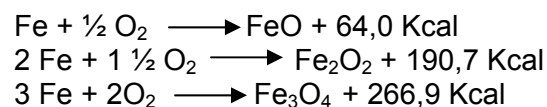
Tabel 8.3. Klasifikasi cara pemotongan

Cara pemotongan	Jenis pemotongan
Pemotongan gas	Pemotongan gas oksigen Pemotongan serbuk Pemotongan sembur api
Pemotongan las busur listrik	Pemotongan busur karbon Pemotongan busur logam Pemotongan busur plasma Pemotongan busur udara

(Harsono&Toshie, 1981)

Diantara cara-cara tersebut yang paling sering dipakai adalah pemotongan dengan gas oksigen. Pemotogan ini terjadi karena adanya reaksi antara oksigen dan baja. Pada permulaan pemotongan, baja dipanaskan lebih dahulu dengan api oxi-asstelin sampai mencapai suhu antara 800-900⁰ C. Kemudian gas oksigen tekanan tinggi atau gas pemotong lainnya disemburkan ke bagian yang dipanaskan tersebut dan terjadilah proses pembakaran yang membentuk oksida besi. Karena titik cair oksida besi lebih rendah dari baja, maka oksida tersebut mencair dan terhembus oleh gas pemotong. Dengan ini terjadilah pemotongan.

Proses pembakaran yang terjadi selama pemotongan diperkirakan mengikuti reaksi sebagai berikut:



Reaksi di atas menunjukkan bahwa selama pemotongan dihasilkan panas, sehingga proses pemotongan ini dapat berlangsung dengan hanya menyemburkan oksigen saja. Tetapi

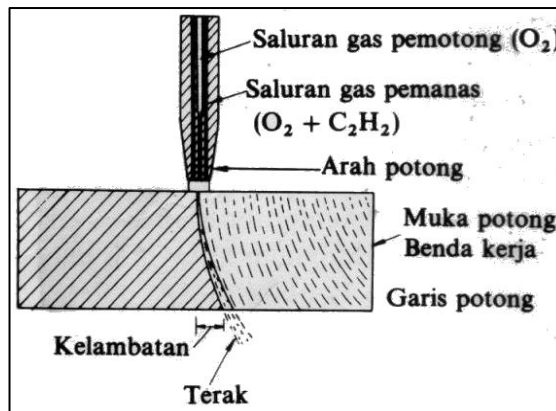
dalam praktek bahwa pemanasan masih tetap digunakan. Cara kerja pemotongan ini adalah gas oksigen bertekanan tinggi atau gas pemotong disemburkan melalui lubang tengah sedangkan gas oksi assitelin untuk pemanas dialirkan melalui lubang-lubang kecil yang mengelilinginya.

Hasil pemotongan ini dinyatakan baik bila memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Alur potong harus cukup kecil
2. Permukaan potong harus halus
3. Terak harus mudah terkelupas
4. Sisa atas pemotongan membulat

Mengenai kualitas potong ini Asosiasi Las Jepang dalam standar no. WES-2801 telah menentukan kriteria untuk kualitas permukaan hasil pemotongan dengan gas. Untuk memenuhi kriteria tersebut kualitas dari gas oksigen dan api pemanas, karakteristik alat yang digunakan dan kondisi pemotongan harus diatur dengan teliti.

Alat potong ini biasanya dikelompokkan dalam jenis-jenis tekanan rendah dan tekanan sedang. pelaksanaan dibagi dalam pelaksanaan dengan tangan dan pelaksanaan otomatis di mana alat potong diletakkan pada kereta yang digerakkan dengan motor.



Gambar 8.41. Penampang garis potong pada pemotongan oksigen. (Harsono&Toshie, 1981)



Gambar 8.42. Brander Potong Las Asetilen



Gambar 8.43. Proses Pemotongan dengan Asetilen

Pada gambar 8.36. merupakan proses pemotongan dengan gas oksigen bertekanan. Istilah lain proses pemotongan ini dikenal juga sebagai pemotongan dengan gas Oxy-Acetylene tekanan tinggi. Perkembangan pemotongan juga mengalami kemajuan dengan digunakannya juga gas LPG sebagai bahan untuk proses pemotongan dengan oksigen. Dengan menggunakan peralatan yang sama proses pemotongan yang menggunakan gas LPG ini dapat dilakukan. Biaya operasional pemotongan dengan gas Oksigen dan LPG ini menjadi lebih murah, sebab harga LPG di pasaran jauh lebih murah dibandingkan dengan harga gas asetilen.

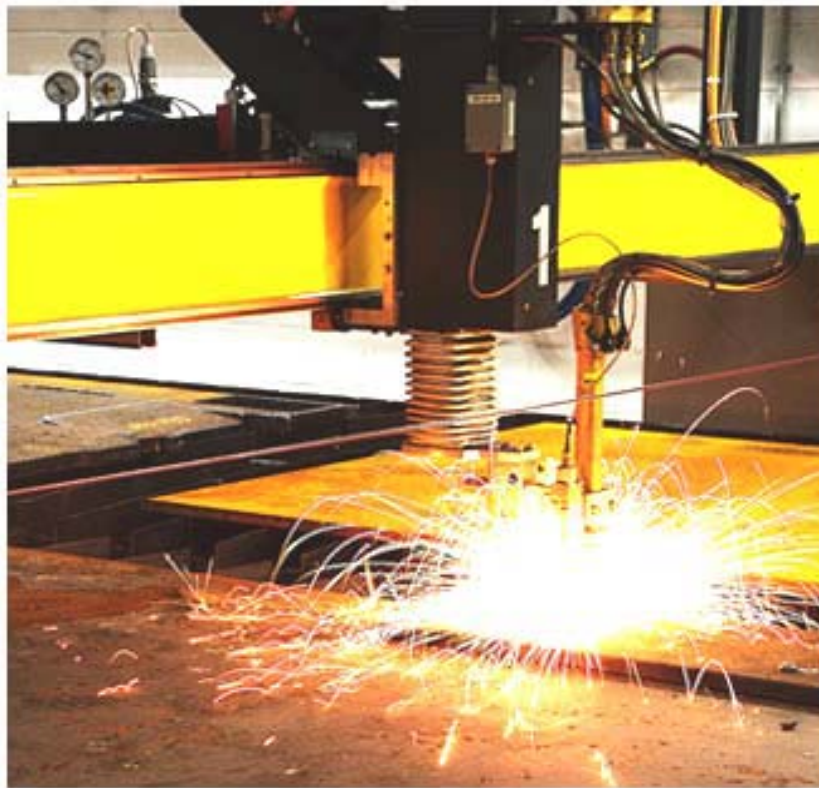
Gas LPG pada proses pemotongan ini hanya digunakan sebagai pemanas awal dari bahan pelat yang akan dipotong. Setelah pelat bahan dasar mengalami pemanasan di atas temperatur rekristalisasi maka pada saat pencapaian temperatur tersebut di semburkanlah gas oksigen. Hasil penyemburan ini memberikan reaksi antara oksigen dan besi, dimana titik lebur disekitar daerah pemanasan menjadi lebih kecil dari bahan dasar yang tidak terpengaruh oleh pemanasan.

Teknik dan Prosedur Pemotongan mengikuti langkah-langkah berikut:

- Buat tanda pada benda kerja yang akan dipotong
- Pilih Tip Brander potong sesuai dengan tebal pelat
- Atur tekanan gas asetilen dan oksigen sesuai dengan tebal pelat dan No. Tip Brander potong

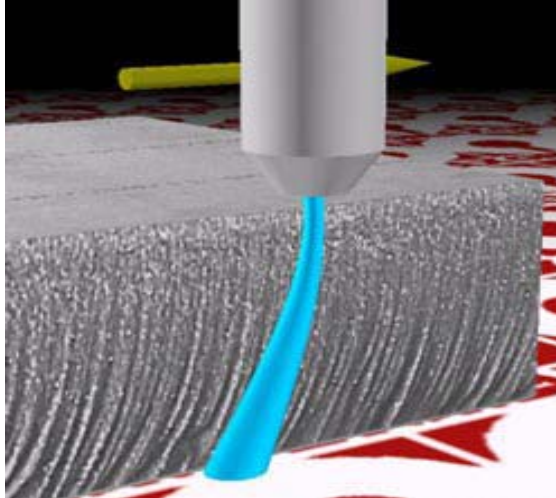
- Buka saluran pada gas oksigen dan asitilen.
- Nyalakan busur api dengan membuka terlebih dahulu katup asitelin. Dan diikuti dengan membuka katup oksigen secara perlahan sampai membentuk nyala api netral.
- Panaskan benda dengan mendekatkan nyala api ke benda kerja, Jarak busur nyala api ke permukaan benda kerja berkisar 2 – 4 mm.
- Setelah terlihat benda kerja mengalami pemanasan mendekati titik lebur atau dapat dilihat dari warna merah kekuningan, maka bukalah katup oksigen, sambil menggerakkannya ke arah jalur yang sudah ditandai sebelumnya.
- Usahakan jarak nyala api dan kecepatan pemotongan konstan.

➤ **Pemotongan dengan Las Busur Plasma**



Gambar 8.44. Pemotongan las busur Plasma

Pemotongan dengan menggunakan las busur plasma ini mempunyai kelebihan dari proses pemotongan lainnya. Keuntungan pemotongan dengan las busur plasma ini dapat memotong bahan-bahan logam khusus seperti *stainless steel*, *aluminium alloy* dan sebagainya.



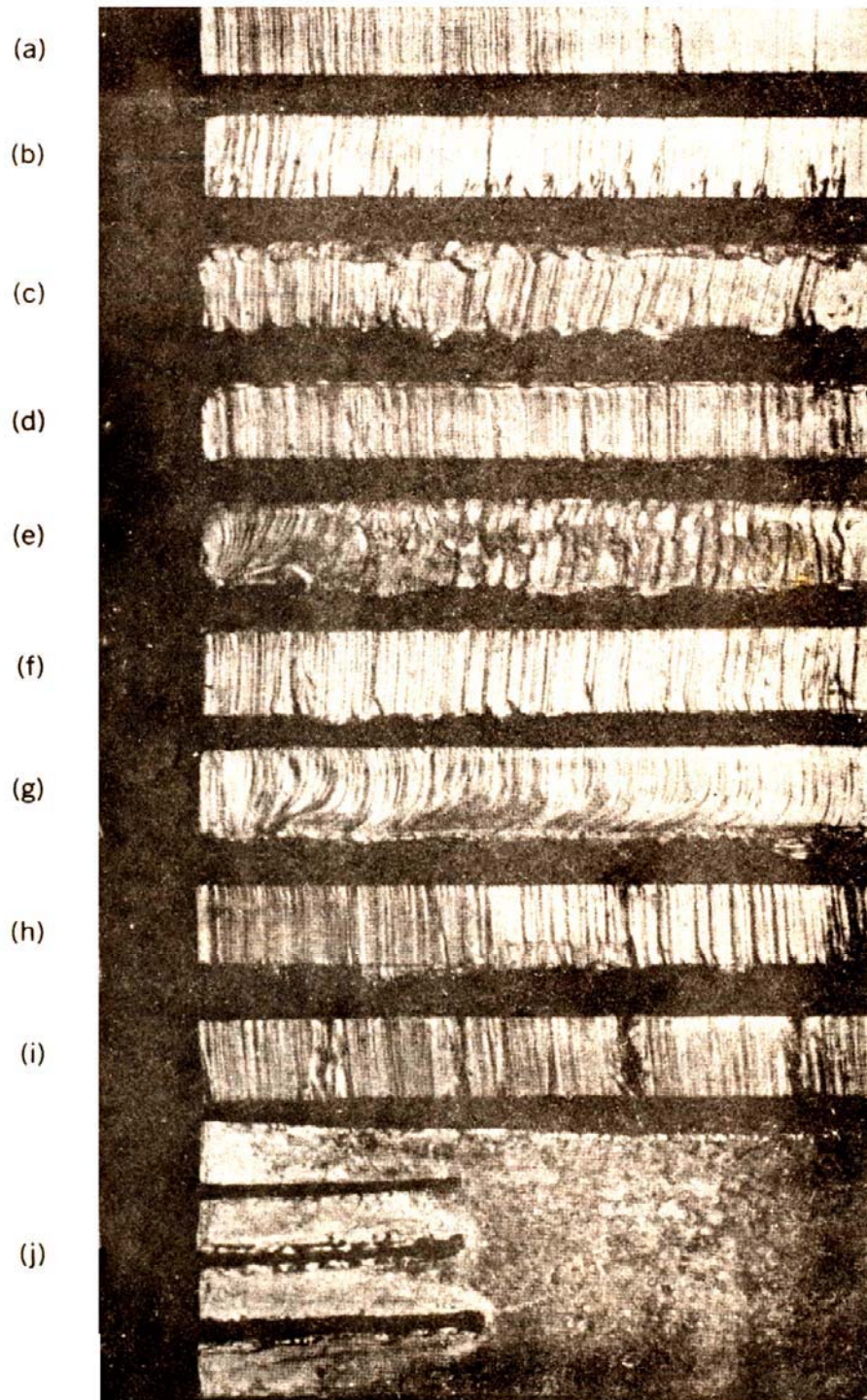
Gambar 8.45. Mesin Potong plasma (Plasma Cutting)

8.10. Pemotongan Dengan Tenaga Laser



Gambar 8.46. Mesin Potong Tenaga Laser

Mesin potong tenaga laser menggunakan sinar laser sebagai *cutter* (pisau) pemotongan. Pemotongan dengan sinar laser ini mempunyai kemampuan memotong pelat-pelat baja khusus dan logam-logam khusus.



Gambar 8.47. Standar hasil pemotongan las gas
(Agarwal, 1981)

8.11. Keselamatan kerja dalam pemotongan

Api sering terjadi pada kerja pemotongan disebabkan oleh tindakan pencegahan yang tidak dilakukan. Juga sering seorang pekerja lupa bahwa nyala api (spark) dan terak yang jatuh dan melewati celah penglihatan kaca mata pekerja. Tanggung jawab pekerja untuk supervisi atau kinerja pemotongan seharusnya mengobservasi hal-hal berikut:

- Jangan menggunakan pembakar dimana nyala api akan menimbulkan bahaya seperti dekat kamar yang berisi material yang mudah terbakar, khususnya kamar mandi (*dipping room*) dan penyemprotan (*spraying room*).
- Jika pemotongan dilakukan di atas lantai kayu, maka bersihkan lantai sebelum dimulai pemotongan. Sediakan sebuah *bucket* (ember) dan *pan* (panci) yang berisi air atau garam untuk menampung tetesan terak (*dripping slag*).
- Letakkan sebuah tabung pemadam api dekat dengan tempat kerja pemotongan.
- Apabila memungkinkan lakukan pemotongan di tempat terbuka yang cukup luas, sehingga nyala api dan terak tidak menjadi mengendap dalam bagian yang retak (*crevice*) dan celah (*crack*).
- Jika pemotongan dilakukan dekat material yang mudah terbakar, dan material ini tidak dapat dipindahkan, maka pilihlah api yang cocok dengan layar partisi yang digunakan.
- Pada tempat ada kotoran atau gas, maka perlu dilakukan tindakan pencegahan ekstra untuk menghindari ledakan (*explosion*) yang berasal dari nyala api listrik atau api terbuka selama pemotongan atau pekerjaan mengelas.

8.12. Rangkuman

Pre cutting atau pemotongan awal dilakukan untuk pemotongan pelat menurut bagian gambar dan ukurannya. Proses pemotongan pelat-pelat ini dapat dilakukan dengan berbagai macam teknik pemotongan sesuai kebutuhan masing-masing teknik pemotongan sesuai kebutuhan masing-masing. Peralatan potong yang digunakan untuk pemotongan pelat mempunyai jangkauan atau kemampuan pemotongan tersendiri.

Teknik-teknik pemotongan pelat ini dapat dilakukan dengan berbagai macam teknik pemotongan pelat dengan peralatan tangan, mesin-mesin potong manual, mesin gunting putar, pemotongan dengan batu gerinda dan pemotongan dengan gas.

Kemampuan potong suatu mesin potong dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama yakni; pemotongan lurus, melingkar, dan bentuk profil.

Sistem pemotongan yang digunakan dikelompokkan menjadi beberapa sistem pemotongan diantaranya: sistem geser (gunting), sistem reaksi kimia pemotongan dengan gas, sistem sayatan dengan gergaji, pahat, sistem goresan dengan batu gerinda dan sebagainya.

Ditinjau dari segi temperaturnya proses pemotongan pelat dikelompokkan menjadi dua bagian yakni pemotongan dingin (pada temperatur ruang) seperti pada sistem geser yang digunakan untuk pemotongan pelat tipis, dan pemotongan panas seperti pemotongan dengan gas oksigen yakni untuk pemotongan pelat-pelat tebal.

Alternatif pemilihan metode pemotongan yang tepat harus disesuaikan berdasarkan faktor-faktor berikut: Jenis bahan, bentuk profil bahan yang akan dipotong seperti lembaran, bulat, segiempat dll, tebal bahan, bentuk pemotongan (lurus atau melingkar), jumlah yang akan dipotong, alat potong yang tersedia, toleransi hasil pemotongan yang dibutuhkan. Hasil pemotongan yang baik dapat diperoleh dengan mengukur secara tepat sesuai dengan gambar kerja dan harus dipertimbangkan kehilangan ukuran akibat proses pemotongan tersebut.

8.13. Soal Latihan

1. Apa yang dimaksud dengan pre cutting?
2. Pemotongan pelat-pelat tipis sangat baik digunakan gunting, apa alasannya?
3. Jelaskan yang dimaksud dengan clearance pada pemotongan dengan gunting!
4. Jika jarak antara pisau potong besar, apa yang terjadi pada hasil potong?
5. Gergaji merupakan salah satu alat potong, Jelaskan jika penggunaan mata gergaji terbalik!
6. Apa yang menyebabkan gergaji pita dapat digunakan untuk proses pemotongan yang mempunyai radius atau kelengkungan tertentu?
7. Lukislah skema pemotongan pelat tebal dengan menggunakan proses pemotongan *oxy acetylene*!
8. Pemotongan dengan gas oksigen sangat menguntungkan jika digunakan untuk pemotongan pelat tebal, Jelaskan alasannya!
9. Jelaskan prinsip kerja mesin potong *gulotine machine hydraulic*!
10. Jelaskan salah satu teknik pemotongan pelat baja khusus!
11. Untuk pemotongan apakah digunakan mesin gerinda potong?
12. Terangkan keuntungan pemotongan dengan menggunakan gerinda potong tersebut!

BAB. 9

PROSES PEMBENTUKAN



Prinsip dasar pembentukan *logam* merupakan proses yang dilakukan dengan cara memberikan perubahan bentuk pada benda kerja. Perubahan bentuk ini dapat dilakukan dengan cara memberikan gaya luar sehingga terjadi deformasi plastis. Aplikasi pembentukan *logam* ini dapat dilihat pada beberapa contohnya seperti pengerolan (*rolling*), pembengkokan (*bending*), tempa (*forging*), ekstrusi (*extruding*), penarikan kawat (*wire drawing*), penarikan dalam (*deep drawing*), dan lain-lain. Dalam proses pembentukan logam inipun digunakan perkakas (*tooling*) yang fungsinya memberikan gaya terhadap benda kerja, serta mengarahkan perubahan bentuknya. Secara makroskopis, deformasi dapat dilihat sebagai perubahan bentuk dan ukuran. Perubahan bentuk yang terjadi dapat dibedakan atas *deformasi elastis* dan *deformasi plastis*.

Deformasi elastis adalah perubahan bentuk yang terjadi bila ada gaya yang bekerja, serta akan hilang bila bebannya ditiadakan. Dengan kata lain bila beban ditiadakan, maka benda akan kembali ke bentuk dan ukuran semula. Sedangkan deformasi plastis adalah perubahan bentuk yang permanen, meskipun bebannya dihilangkan maka kondisi benda akan tetap berubah bentuknya sesuai dengan bentuk yang dikenakan pada benda tersebut.

Kemampuan untuk menghasilkan berbagai bentuk dari lembaran logam datar dengan laju produksi yang tinggi merupakan kemajuan teknologi pembentukan pelat yang sedang mengalami perkembangan. Perkembangan ini ditandai dengan digunakannya sistem hidrolik sebagai penggerak untuk proses pembentukan. Penggunaan sistem hidrolik sebagai

alat penekan atau (*press*) dalam proses pembentukan ini sangat menguntungkan. Keuntungan ini diantaranya adalah sistem hidrolik yang digunakan dapat dengan mudah dikontrol, baik tekanannya maupun langkah-langkah penekan. Sistem hidrolik menggunakan katup-katup kontrol dengan selenoid dan manual. Katup selenoid ini memudahkan sistem hidrolik untuk dikontrol sehingga pemanfaatan untuk proses pembentukan sangat mendukung. Apalagi untuk proses yang digerakan secara otomatis dan berkelanjutan. Peralihan dari proses pembentukan dengan tangan ke metode produksi besar-besaran menjadi faktor penting dalam meningkatkan standar kehidupan selama periode perkembangan tersebut.

9.1. Proses Pengerjaan Dingin

Proses pengerjaan dingin (*cold working*) yang merupakan pembentukan *plastis* logam di bawah suhu *rekristalisasi* pada umumnya dilakukan disuhu kamar jadi tanpa pemanasan benda kerja. Suhu rekristalisasi yang dimaksud adalah suhu pada saat bahan logam akan mengalami perubahan struktur mikro. Perubahan struktur mikro ini akan mengakibatkan perubahan karakteristik bahan logam tersebut. *Cold working* sangat baik untuk produksi massal, mengingat diperlukannya mesin-mesin yang kuat dan perkakas yang mahal. Produk-produk yang dibuat biasanya harganya sangat rendah. Selain itu material yang menjadi sampah relatif lebih kecil daripada proses pemesian.

Pada kondisi ini logam yang *dideformasi* mengalami peristiwa pengerasan regangan (*strain-hardening*). Logam akan bersifat makin keras dan makin kuat tetapi makin getas bila mengalami deformasi. Hal ini menyebabkan relatif kecilnya deformasi yang dapat diberikan pada proses pengerjaan dingin. Bila dipaksakan suatu perubahan bentuk yang besar, maka benda kerja akan retak akibat sifat getasnya.

Proses pengerjaan dingin tetap menempati kedudukan yang khusus, dalam rangkaian proses pengerjaan. Langkah deformasi yang awal biasanya adalah pada temperatur tinggi. Misalnya proses pengerolan panas. Balok *ingot*, *billet* ataupun slab di rol panas menjadi bentuk yang lebih tipis, misalnya pelat. Pada tahapan tersebut deformasi yang dapat diberikan relatif besar. Namun proses pengerolan panas ini tidak dapat dilanjutkan pada pelat yang relatif tipis. Memang mungkin saja suatu gulungan pelat dipanaskan terlebih dahulu pada tungku sampai temperaturnya melewati temperatur rekristalisasi. Akan tetapi bila pelat tersebut di rol, maka temperaturnya akan cepat turun sampai di bawah temperatur rekristalisasi. Hal ini disebabkan oleh besarnya panas yang berpindah dari pelat ke sekitarnya. Pelat yang tipis akan lebih cepat mengalami penurunan temperatur dari pada pelat yang tebal.

Proses deformasi yang dilakukan pada benda kerja yang luas permukaannya spesifikasinya besar (luas spesifik adalah luas permukaan dibagi dengan volume) hanyalah proses pengerjaan dingin. Beberapa contohnya adalah proses pembuatan pelat tipis (*sheet*) dengan pengerolan dingin, proses pembuatan kawat dengan proses penarikan kawat (*wire drawing*) serta seluruh proses pembentukan terhadap pelat (*sheet metal forming*).

Keunggulan proses pengerjaan dingin adalah kondisi permukaan benda kerja yang lebih baik dari pada yang diproses dengan pengerjaan panas. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya proses pemanasan yang dapat menimbulkan kerak pada permukaan.

Keunggulan lainnya adalah naiknya kekerasan dan kekuatan logam sebagai akibat pengerjaan dingin. Namun hal ini diikuti oleh suatu kerugian, yaitu makin getasnya logam yang dideformasi dingin.

Sifat-sifat logam dapat diubah dengan proses perlakuan pada (*heat treatment*). Perubahan sifat menjadi keras dan getas akibat deformasi dapat dilunakkan dan diuletkan kembali dengan proses anil (*annealing*).

Suatu bentuk dihasilkan dari bahan lembaran datar dengan cara perentangan dan penyusutan dimensi elemen volume pada tiga arah utama yang tegak lurus sesamanya merupakan proses pembentukan logam. Bentuk yang diperoleh merupakan hasil penggabungan dari penyusutan dan perentangan lokal elemen volume tersebut. Usaha telah dilakukan untuk menggolongkan bermacam ragam bentuk yang mungkin pada pembentukan logam menjadi beberapa kelompok tertentu, tergantung pada kontur membagi komponen-komponen logam lembaran menjadi 5 kategori.

- ❖ Komponen lengkungan tunggal.
- ❖ Komponen flens yang di beri kontur—termasuk komponen dengan flens rentang dan flensut.
- ❖ Bagian lengkungan.
- ❖ Komponen ceruk dalam—termasuk cawan, kotak-kotak dengan dinding tegak atau miring.
- ❖ Komponen ceruk dangkal—termasuk pinggan, alur (*beaded*), bentuk-bentuk timbul dan bentuk-bentuk berkerut.

Selanjutnya dapat diketahui bahwa berbeda dengan proses deformasi pembentukan benda secara keseluruhan, pembentukan lembaran biasanya dilakukan dalam bidang lembaran itu sendiri oleh tegangan tarik. Gaya tekanan pada bidang lembaran hendaknya dihindari karena ini akan menyebabkan terjadinya pelengkungan, pelipatan dan keriput pada lembaran tadi. Tujuan proses pembentukan secara keseluruhan adalah mengubah tebal atau dimensi lateral benda kerja, pada proses pembentukan lembaran, susut tebal hendaknya dihindarkan karena

dapat terjadi penciutan dan kegagalan. Perbedaan pokok lainnya ialah bahwa lembaran logam mempunyai rasio luas terhadap tebal yang tinggi.



Gambar 9.1 Hasil Produk Pelat Tipis dan Pelat Tebal untuk Konstruksi alat pengolahan Hasil Pertanian dan Turbin air Skala Kecil

Pada gambar 9.1 di atas diperlihatkan suatu produk yang dihasilkan dari bahan lembaran pelat tipis, yakni alat pengolahan hasil pertanian mesin perontok dan penggiling jagung. Pada gambar disebelahnya merupakan produk yang dihasilkan dari proses pembentukan lembaran pelat tebal yaitu: rumah turbin. Proses pembentukan logam jika dibandingkan dengan proses-proses lainnya mempunyai kedudukan yang berbeda dari beberapa proses pembentukan logam lainnya .

Pendekatan secara teori teknik pembentukan logam perlu dikaji dari tiga bidang utama, yaitu: bidang teknologi proses yang menyangkut geometri dan kondisi serta parameter proses. Bidang mekanika yang diperlukan untuk memperkirakan gaya, daya serta energi pembentukan. Bidang metalurgi yang membahas perubahan-perubahan sifat material akibat proses pembentukan.

Pembahasan pada bab ini lebih dititik beratkan pada bidang pertama dan ke dua yaitu teknik pembentukan pelat yang di kaji melalui bidang geometri dan kondisi serat bidang mekanika yaitu tentang gaya, daya serta energi pembentukan. Tujuan proses pembentukan pelat yang utama adalah mengubah bentuk benda kerja menjadi bentuk yang dikehendaki. Di industri jenis proses pembentukan logam sangat banyak ditemukan. Pengkajian proses-proses pembentukan tersebut diklasifikasikan dengan berbagai cara, yaitu: berdasarkan daerah

temperatur pengerjaan, berdasarkan jenis gaya pembentukan, berdasarkan bentuk benda kerja, dan berdasarkan tahapan produk. Berdasarkan temperatur pengerjaan temperatur pengerjaannya, proses pembentukan dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar, yaitu: pengerjaan panas (*hot working*) dan pengerjaan dingin (*cold working*)

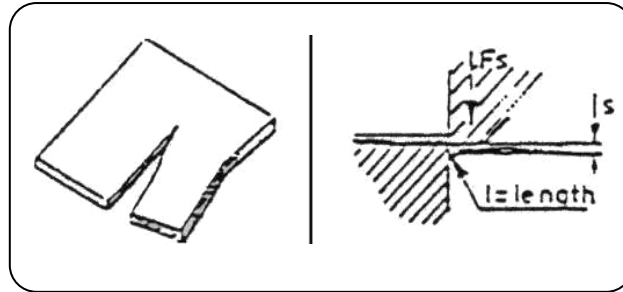
9.2. Keuntungan Proses Pengerjaan Dingin

Keuntungan dari pembentukan dingin diantaranya:

- Tidak dibutuhkan pemanasan
- Permukaan yang lebih baik
- Ketelitian yang lebih baik
- Ukurannya bisa seragam
- Kekuatan tariknya akan lebih baik dari bahan asalnya

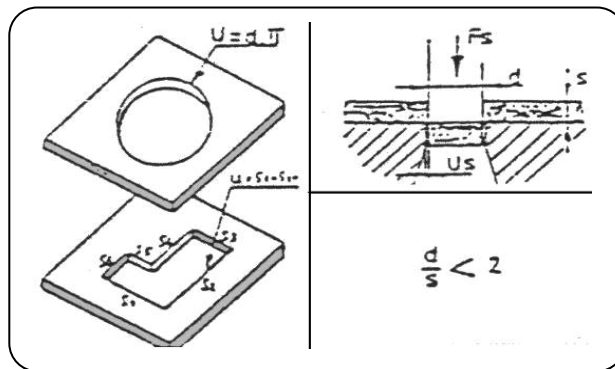
Alasan terpenting pada pengerjaan pembentukan dengan *cold working* ini yaitu: untuk menghasilkan hasil permukaan yang lebih baik dan ketepatan ukuran yang lebih baik dibutuhkan beberapa persiapan spesial yang diberikan pada logam sebelum *proses cold working*. Yang pertama logam harus bebas dari kerak. Ini untuk menghindari keausan dari perkakas yang digunakan dalam *cold working*. Kerak dihilangkan dengan *pickling* dimana logam dicelupkan ke dalam asam dan kemudian dicuci. Persiapan kedua, dalam pesannya untuk mendapatkan ukuran tebal pelat yang seseragam mungkin (toleransi kecil) dilakukan proses *cold rolling* ringan, perlakuan ketiga yaitu diberikannya pada logam dengan proses *annealing* ini sesuai keperluan, terutama kalau prosesnya mengadakan deformasi yang besar. Kadang-kadang logam harus dilakukan padanya proses *straightening* yaitu proses pelurusan dengan rol bila pelat atau kawat yang digunakan kurang lurus.

Beberapa contoh proses pembentukan logam untuk pengerjaan dingin dapat dilihat pada gambar berikut: Pada gambar berikut memperlihatkan mulai dari proses pemotongan yang aplikasinya tidak ahanya pada proses pemotongan pelat (*pre cutting*) tetapi juga proses ini terjadi pada proses *blanking*. Proses *blanking* ini cukup dikenal dikalangan industri yang berarti penembukan atau pelobangan. Penembukan sederhana ini dapat dicontohkan pada pembuatan ring pelat untuk pemasangan baut dan mur. Ring pelat yang dihasilkan dari proses *blanking* ini menggunakan dies dan punch sesuai dengan bentuk ring pelat yang diinginkan.



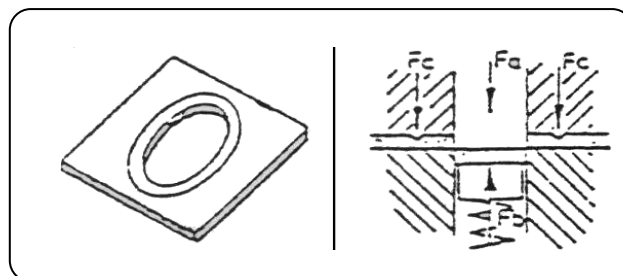
Gambar 9.2 Pemotongan

Gambar 9.2 di atas memperlihatkan proses pemotongan pelat dengan gaya geser, pemotongan ini aplikasinya dapat dilihat pada gunting tangan maupun gunting mesin tenaga hidrolik.



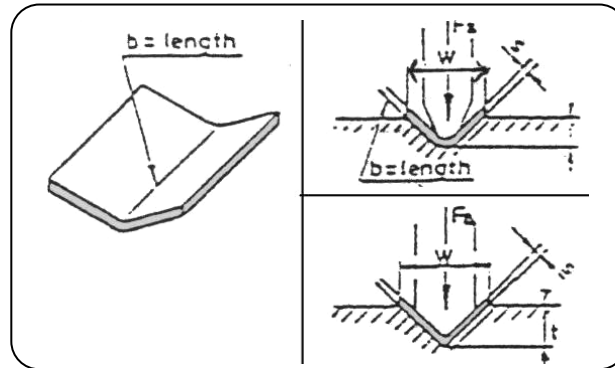
Gambar 9.3 Penembukan

Pada gambar 9.3 merupakan gambar pada proses *blanking* atau penembukan. Penembukan dilakukan dengan menggunakan *punch* dan *dies*.



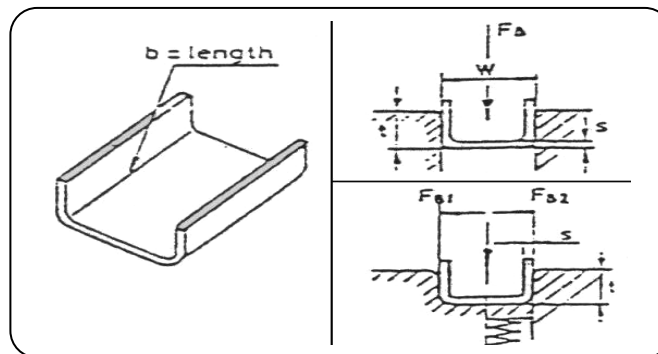
Gambar 9.4 Penembukan dengan penahan pegas

Gambar proses blanking dengan sistem penembukan lobang melalui penahan pegas pada *dies*. Proses ini menggunakan penekan *stopper* untuk menahan pelat pada saat proses penembukan berlangsung.



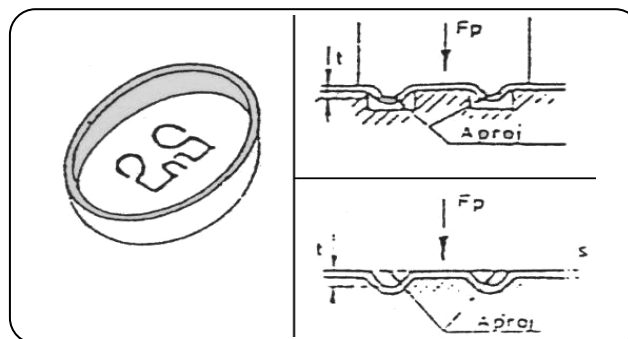
Gambar 9.5 Pembengkokan

Gambar disamping menunjukkan terjadinya proses bending atau pembengkokan untuk pelat-pelat pada arah memanjang. Dies dan Punch yang digunakan berbentuk sudut yang diinginkan



Gambar 9.6 Bending U

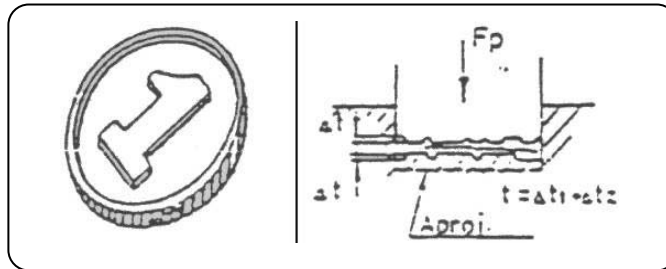
Pelat yang berbentuk U merupakan hasil bending dengan menggunakan *dies* persegi dan *punch*. Turunnya punch disesuaikan dengan kedalaman U yang diinginkan.



Gambar 9.7 Squeezing

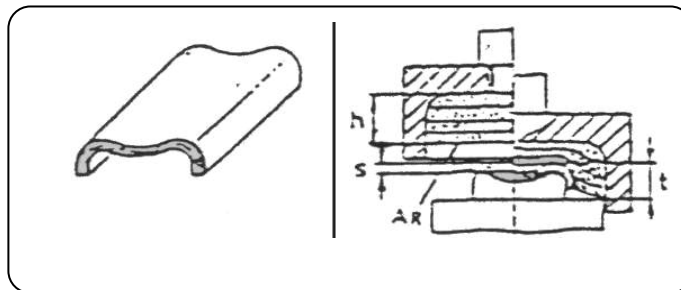
Proses berikutnya merupakan proses *squeezing* untuk berbagai macam keperluan. Aplikasi proses ini diperlihatkan pada gambar untuk pembuatan tutup-tutup botol yang menggunakan lambang

atau simbol. Simbol ini berbentuk timbul, Punch yang digunakan pada proses ini mempunyai bentuk simbol dari hasil pembentukan yang diinginkan.

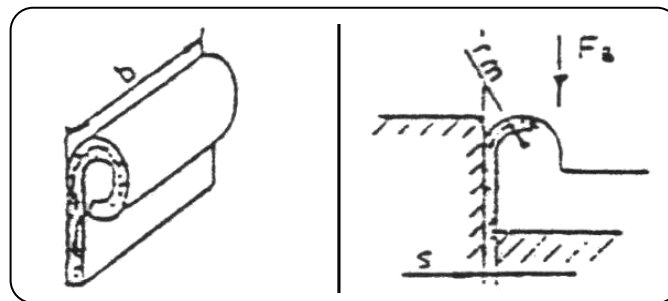


Gambar 9.8 Squeezing Tutup Botol

Proses ini biasanya juga dengan produksi yang cukup besar. Tutup-tutup botol ini digunakan dari bahan pelat baja lunak dan dilapisi dengan bahan tahan karat. Sehingga bahan makanan yang ada dalam botol tidak terkontaminasi dengan karat.



Gambar 9.9 Press



Gambar 9.10 Penguatan Tepi

Pembentukan pada gambar 9.10 di atas merupakan proses penguatan tepi pada pelat. Proses ini bertujuan untuk memberikan kekakuan pada tepi pelat.

Proses pengerjaan dingin menurut *DeGarmo* terbagi dalam 4 kelompok besar sebagai berikut:

1. Squeezing (mengepres)
2. Bending (melengkungkan)
3. Shearing (memotong)
4. Drawing (menarik)

Tabel 9.1 Klasifikasi Cold Working

Klasifikasi operasi Cold Working	Jenis Prosesnya	Contoh Produk	Keterangan
Squeezing (Ditekan)	Rolling	Pelat, baja batangan,	Supaya produk mempunyai permukaan yang halus dan keseragaman ukuran
	Swaging (pukul putar)		Biasanya digunakan untuk mengurangi, meruncingkan ujung batang atau pipa.
	Cold-forging	baut, paku, paku keeling, dsb.	Biasanya untuk menebalkan ujung batang atau kawat
Squeezing (Ditekan)	Ekstrusi		Biasanya pada logam yang yang kekenyalannya rendah seperti pada timah, dan aluminium
	Sizing		
	Riveting		
	Staking		Melebarkan benda-benda melalui pelebaran ujungnya.
	Coining		Pengerjaan dingin dimana logam sama sekali tertutup oleh die (alas cetakan) dan punch (cetakan bagian atas),
	Peening		
	Burnishing		
	Die hobbing		
	Thread rolling		
Bending (melengkungkan)	Angle		
	Roll		
	Roll forming		
	Seaming		
	Flanging		
	Straightening		

Proses bending adalah deformasi plastis logam melalui poros bahan (batang, kawat, pipa, pelat) tanpa perubahan luas permukaan, digaris netral tegangan nol, di luar garis netral terjadi

tegangan tarik dan di dalam garis netral terjadi tekanan.			
Shearing (memotong) Adalah metoda memotong logam dalam bentuk lembaran dan pelat tanpa adanya geram atau pembakaran	Shearing slitting		
	Blanking		
	Piercing lancing perforating		
	Notching nibbling		
	Shaving		
	Trimming		
	Cut-off		
	Dinking		
Drawing (menarik) bagian dari proses pembentukan dari logam lembaran garis sumbunya.	Bar dan tube drawing		
	Wire drawing		
	Spinning		
	Embossing		
	Stretch forming		
	Shell drawing		

(DeGarmo, 1979)

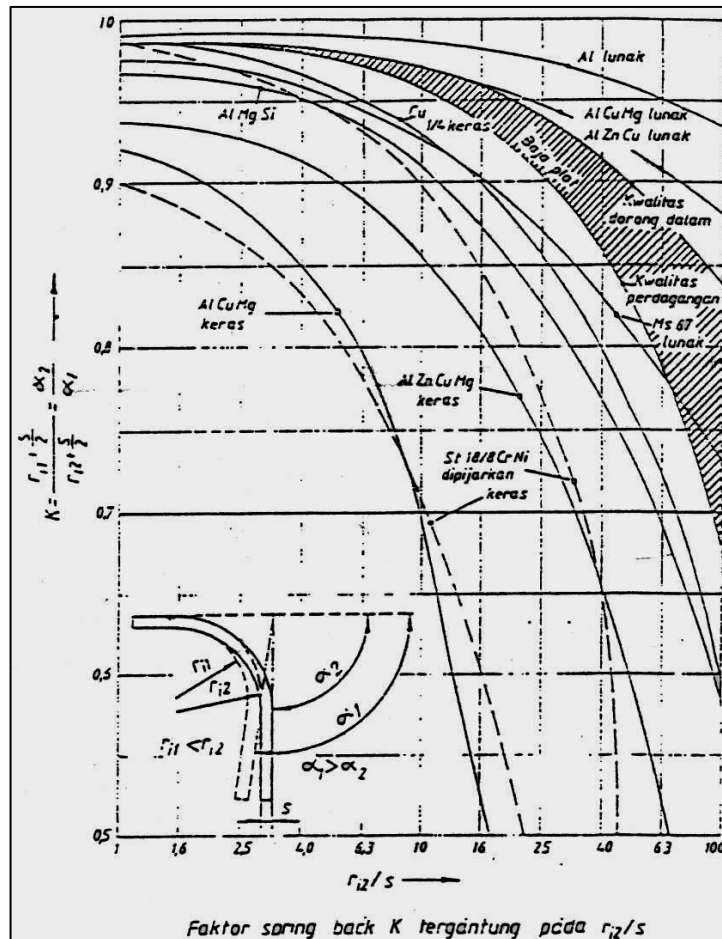
Pengaruh pengerjaan dingin terhadap sifat bahan logam, pada daerah di bawah temperatur *rekristalisasi*, deformasi akan menyebabkan naiknya kekerasan, naiknya kekuatan, tetapi disertai dengan turunnya keuletan. Secara makro kenaikan kekuatannya dapat diperoleh dengan mengadakan uji mekanik, misalnya uji tarik. Kekerasan dan kekuatan bahan yang dikerjakan menjadi meningkat kondisi ini dapat dianggap sebagai hal yang positif, namun karena disertai dengan berkurangnya keuletan logam, logam menjadi getas, sehingga logam akan makin sukar dibentuk, serta pada suatu saat menjadi rapuh sehingga tidak dapat dideformasi lagi. Proses untuk mengembalikan ke sifat-sifatnya semula, yaitu lunak dan ulet perlu dilakukan proses pemanasan terhadap benda kerja yang telah mengalami pengerjaan dingin.

9.3. Spring Back

Spring back merupakan gaya balik yang ditimbulkan akibat pengaruh elastisitas bahan pelat yang mengalami proses pembentukan. Besarnya gaya balik ini ditentukan oleh harga *Modulus Elastisitas* bahan. Dalam proses pembengkokan ini harus diperhatikan gaya balik atau *spring back* ini. Biasanya akibat *spring back* terjadi penyimpangan

terhadap sudut pembungkakan yang dibentuk. Seorang pekerja harus dapat memperhitungkan besarnya spring back ini. Contoh sederhana dapat diperlihatkan pada saat proses pembungkakan apabila diinginkan untuk pembentukan bending dengan sudut 90° maka besarnya sudut tekan pada sepatu pembengkok harus diperkecil dari 90° ($<90^\circ$). Sehingga pada saat dilepas sepatu pembengkok akan menghasilkan sudut pembentukan menjadi sama dengan 90° . Proses spring back pada pembentukan dengan *bending* ini dapat dilihat seperti pada gambar.

Besarnya perubahan dimensi pada hasil pembentukan setelah tekanan pembentukan diiadakan merupakan sifat bahan logam yang mempunyai *elastisitas* tersendiri. Perubahan ini terjadi akibat dari perubahan regangan yang dihasilkan oleh pemilihan elastik. Jika beban dihilangkan regangan total akan berkurang disebabkan oleh terjadinya pemulihan elastik. Pemulihan elastik berarti pula balikan pegas, akan mungkin besar jika tegangan luluh semakin tinggi, atau *modulus elastik* lebih rendah dan regangan plastiknya makin besar.



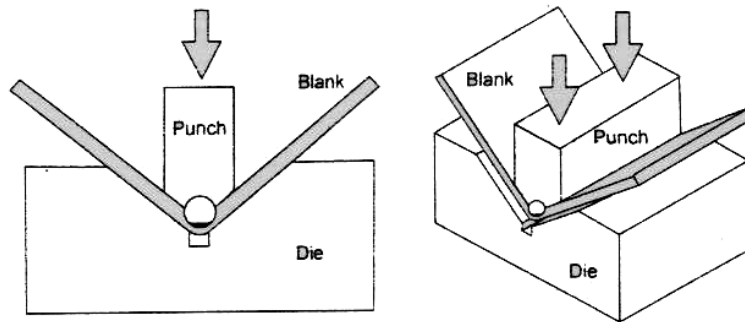
Gambar 9.11 Spring Back pada Pelat
(Lyman, 1968)

Spring back terdapat pada semua proses pembentukan, tetapi pada pembengkokan paling mudah diamati. Jari-jari lengkungan sebelum beban dihilangkan R_o lebih kecil dibandingkan jari-jari setelah beban dihilangkan R_f . Kemampuan bengkok adalah sama sebelum dan sesudah pembengkokan maka:

$$B = (R_o + \frac{h}{2})\alpha_o = (R_f + \frac{h}{2})\alpha_f$$

Ratio Balikan Pegas $K_s = \alpha_f / \alpha_o$ persamaan nya menjadi:

$$K_s = \frac{\alpha_f}{\alpha_o} = \frac{R_o + h/2}{R_f + h/2} = \frac{2R_o/h + 1}{2R_f/h + 1}$$



K-Factor Rule of thumb for Coining

Radius	Soft-material	Medium Material	Hard Material
0 to thickness	0.38	0.41	0.44
Thickness to 3 x thickness	0.44	0.46	0.47
Greater than 3 x thickness	0.5	0.5	0.5

Gambar 9.12. Proses Bending dan Faktor- K
(Little,1980)

Gambar 9.12. merupakan proses bending dengan harga K yang dapat dianalisis besarnya berdasarkan ratio perubahan sudut. Harga K ini juga dapat diperoleh dari grafik dan tabel di atas. Aplikasi pada proses pembentukan ini adalah dengan melebihi ukuran dies dan punch sesuai dengan sudut pembengkokan ditambah dengan pengaruh faktor K. Faktor K untuk setiap bahan dapat dilihat menurut kekerasan material.

9.4. Pembentukan Secara Manual

➤ Definisi

Pembentukan pelat secara manual merupakan proses pembentukan yang dilakukan menggunakan landasan-landasan pembentuk dengan menggunakan berbagai macam bentuk palu. Landasan pembentuk ini dikenal juga dengan istilah *Pancang Tinman*. Palu yang digunakan dalam proses pembentukan ini juga

terdiri dari berbagai jenis palu pembentuk. Palu pembentuk ini dapat dibedakan mulai dari ukuran, jenis dan bentuk kepala palu.

➤ **Proses**

Proses pembentukan pelat secara manual ini ditinjau secara mekanika dan metalurgi fisiknya merupakan proses deformasi plastis. Deformasi plastis ini adalah perubahan bentuk yang diinginkan dimana proses ini apabila pelat mengalami pemukulan akan menyebabkan pelat berubah bentuk. Pukulan pembentukan ini melebihi batas elastisitas pelat yang dibentuk. Setelah pelat mengalami pembentukan diatas landasan ini pelat mengalami perubahan bentuk.

➤ **Karakteristik**

Karakteristik pembentukan secara manual ini memiliki bentuk-bentuk yang sangat bervariasi, sebab pembentuk dengan manual ini sangat tergantung pada bentuk landasan dan kepala palu yang digunakan. Karakteristik hasil pembentukan secara manual ini memiliki kelebihan dari semua proses pembentukan yang ada. Proses pembentukan secara manual ini dapat melakukan semua proses pembentukan yang ada, hal ini sangat tergantung pada kemampuan atau skill pekerja yang melakukannya.

9.5. Peralatan Utama, Alat Bantu, dan Landasan

◆ **Palu**

Palu yang digunakan dalam pembentukan secara manual ini terdiri dari berbagai jenis dan bentuk kepala palu. Ditinjau dari jenis palu yang digunakan terdiri dari bahan kepala palu yang bervariasi diantaranya:

- Baja
- Karet
- Plastik
- Kayu
- Mallet
- Timbel (timah hitam)

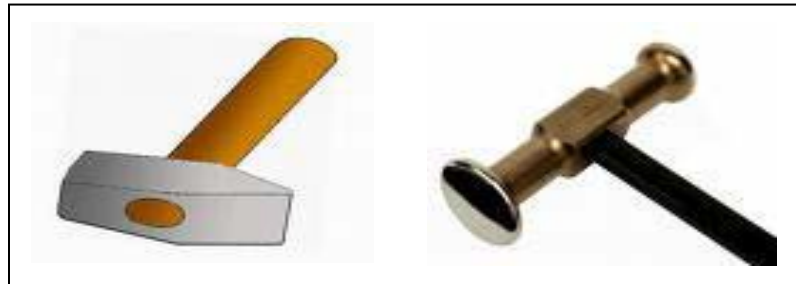
Bentuk kepala palu yang digunakan pada proses pembentukan ini tergantung dari bentuk yang diinginkan. Bentuk kepala palu ini dibedakan menurut kegunaannya fungsi dan kegunaannya. Penggunaan palu juga sangat tergantung dari jenis bahan yang akan dibentuk. Bahan-bahan yang relatif lunak biasanya menggunakan bahan jenis palu yang lunak. Seperti untuk pembentukan pelat aluminium digunakan palu plastik ataupun palu kayu. Dilihat dari bentuknya kepala dapat dibedakan menjadi beberapa jenis palu diantaranya: Palu kepala bulat. Palu kepala pipih, palu kepala segiempat, palu kepala setengah bola, palu

kepala tirus, palu kepala bulat besar. Jika dibedakan dari jenis palu yang digunakan pada proses pembentukan pelat secara manual ini seperti; Palu jenis bahan baja, palu jenis bahan plastik, palu jenis bahan kayu, palu jenis bahan campuran plastik dan sebagainya.



Gambar 9.13 Palu Besi Segiempat dan Bulat

Palu besi kepala membentuk segiempat ini digunakan untuk membentuk bidang penyambungan persegi, agar penyambungan menjadi lebih rapat. Palu kepala bulat digunakan untuk melakukan pemukulan regang pada tepi pelat yang berbentuk silinder.



Gambar 9.14 Palu Besi Kombinasi segi empat dan tirus serta Bulat

Palu besi kepala segiempat rata dan tirus digunakan untuk meratakan permukaan pelat yang mengalami proses penyambungan, Kepala tirus digunakan untuk membentuk sambungan sudut alas. Palu Kepala bola digunakan untuk membentuk bagian-bagian sisi pelat yang melengkung atau berbentuk silinder.



Gambar 9.15 Palu Besi Kombinasi Bulat rata & Bola dan Pipih

Palu jenis kombinasi bulat silinder dan bola ini merupakan palu yang umum digunakan, jenis palu ini biasanya digunakan untuk membentuk kepala paku keling. Palu picak digunakan untuk merapatkan bagian sisi tepi pelat pada sambungan alas.



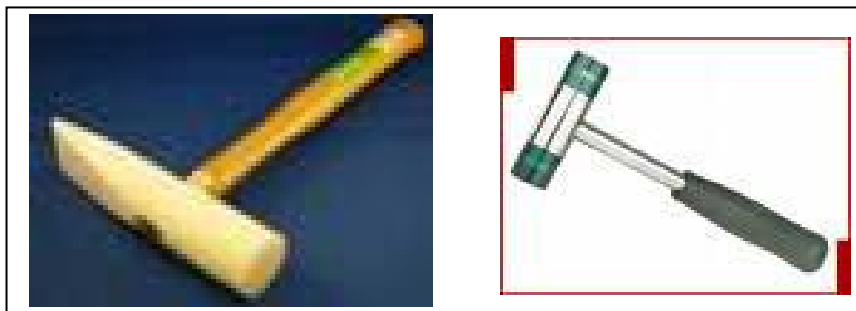
Gambar 9.16 Palu Kayu Kepala Bulat dan Palu Karet Bulat

Palu kayu dan karet ini banyak digunakan untuk pembentukan pelat-pelat yang relatif lebih lunak seperti: pelat aluminium, pelat tembaga dan sebagainya.



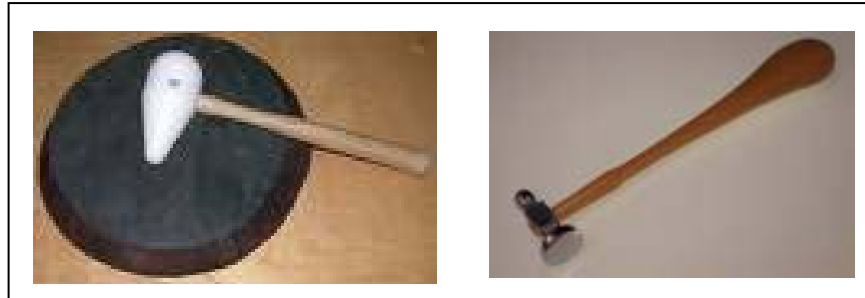
Gambar 9.17 Palu Karet Persegi

Palu karet persegi ini digunakan untuk proses finishing, yakni untuk meratakan atau merapikan bentuk-bentuk bidang-bidang pelat yang menyimpang atau kurang lurus. Palu karet ini jika dipukulkan ke pelat yang lunak tidak memberikan cacat akibat pemukulan.



Gambar 9.18 Palu Plastik Palu Kombinasi dan Bulat

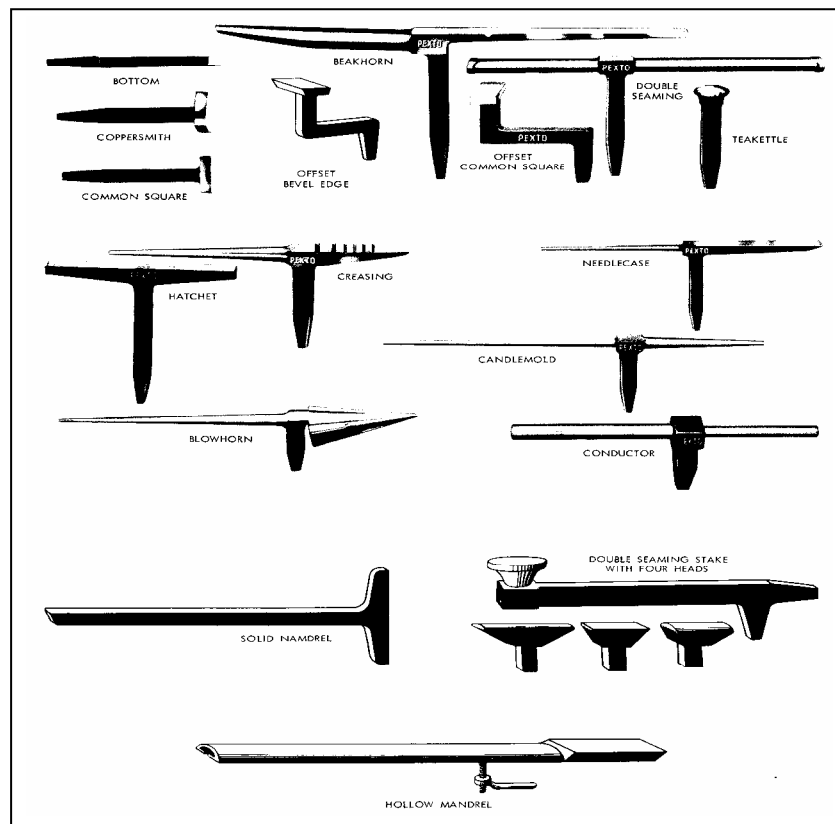
Palu plastik dikenal juga dengan palu mallet digunakan untuk proses pembentukan pelat-pelat yang relatif tipis, karena bentuk kepala palunya silinder rata hampir sama dengan palu-palu besi kepala silinder lainnya.



Gambar. 9.19 Palu Kayu Tirus dan Palu Rata

Palu kayu kombinasi bulat dan krucut digunakan untuk proses pembentukan penarikan dalam secara manual, seperti pembuatan mangkuk-mangkuk dari bahan aluminium.

◆ Landasan



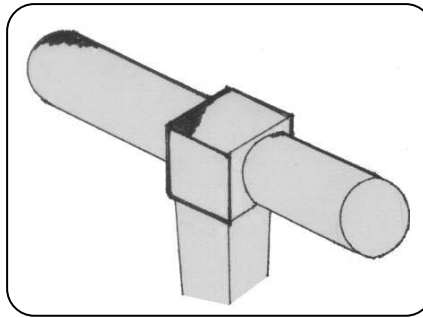
Gambar 9.20 Macam-macam Landasan
(Meyer, 1975)

Landasan yang digunakan pada proses pembentukan pelat secara manual ini dibedakan berdasarkan fungsinya. Landasan ini terdiri dari landasan tetap dan landasan tidak tetap. Landasan tetap ini biasanya mempunyai bentuk yang lebih besar dan memiliki berat

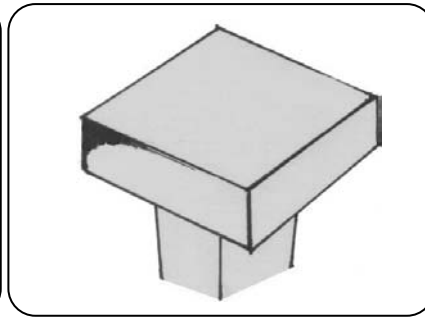
yang lebih dibandingkan dengan landasan tidak tetap. Landasan tetap ini memiliki bentuk umum tanpa variasi yang lebih. Landasan tetap ini disebut juga dengan istilah paron landasan tidak tetap (*Pancang Tinman*).

Landasan pembentukan ini ada juga yang terbuat dari kayu. Khususnya landasan-landasan setengah bola. Pada landasan kayu ini dibentuk profil setengah bola dengan berbagai macam variasi, mulai dari diameter dan kedalamannya. Landasan ini biasanya digunakan untuk pembentukan awal mangkuk setengah bola dari bahan-bahan yang relatif lebih lunak seperti alumanium. Proses pembentukannya dapat dilakukan dengan memulai pemukulan dari diameter yang paling besar dan dangkal selanjutnya berurutan sampai pada diameter mendekati bentuk yang diinginkan dengan kedalaman tertentu.

Pada gambar berikut ini diperlihatkan gambar macam-macam landasan.

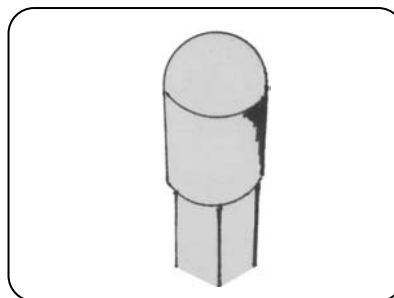


Gambar 9.21 Kombinasi

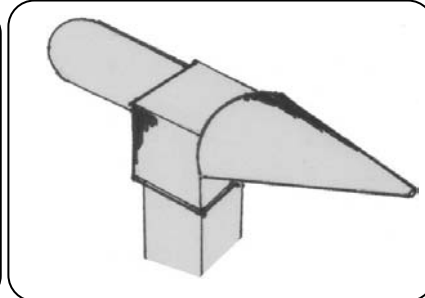


Gambar 9.22 Rata

Landasan kombinasi digunakan untuk membentuk silinder-silinder kecil, landasan rata digunakan untuk tempat meratakan sambungan-sambungan lipat juga dapat digunakan untuk menekuk pelat.

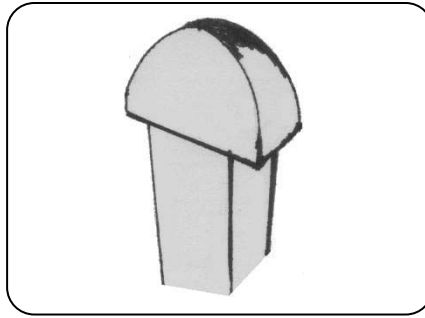


Gambar 9.23 Bulat

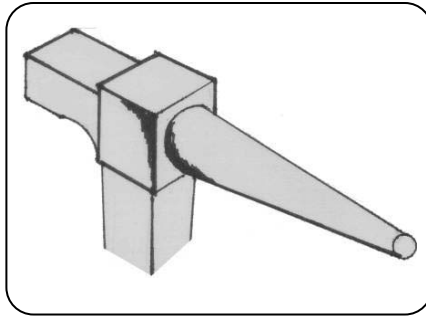


Gambar 9.24 Kombinasi
Silinder dan Tirus

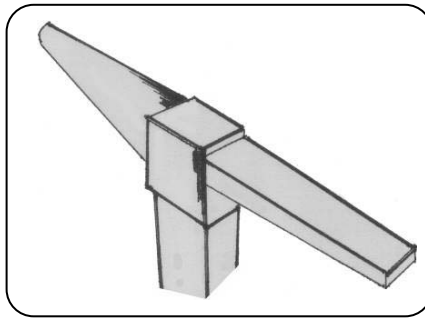
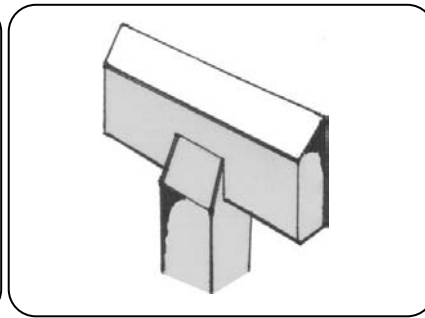
Landasan bulat ini digunakan sebagai landasan untuk membentuk mangkuk dan landasan kombinasi silinder dan tirus ini digunakan untuk membentuk silindinder berbentuk tirus.



Gambar 9.25 Seperempat Bola

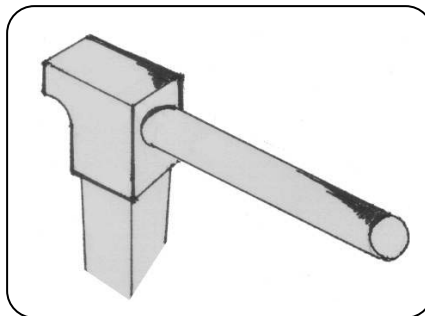
Gambar 9.26 Kombinasi rata
Kerucut

Landasan seperempat bola ini digunakan untuk membentuk penguatan sisi dari silinder dan landasan kombinasi ini digunakan untuk membentuk silinder-silinder yang relatif kecil.

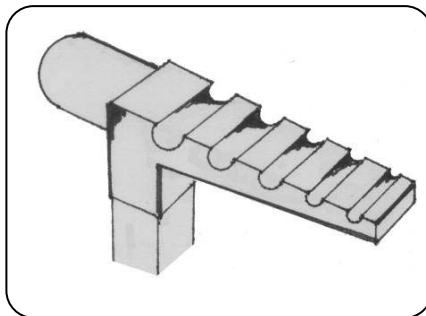
Gambar 9.27 Kombinasi silinder
dan Kerucut

Gambar 9.28 Sudut 45°

Landasan di atas ini dapat digunakan untuk membentuk kotak persegi dan landasan kerucut dapat digunakan untuk pembentukan kerucut.

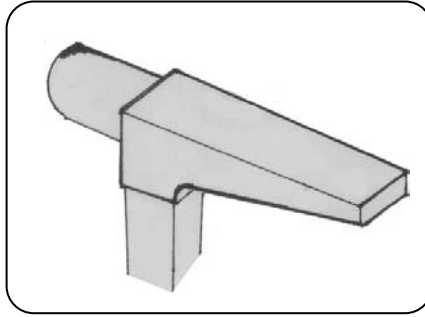


Gambar 9.29 Pipa

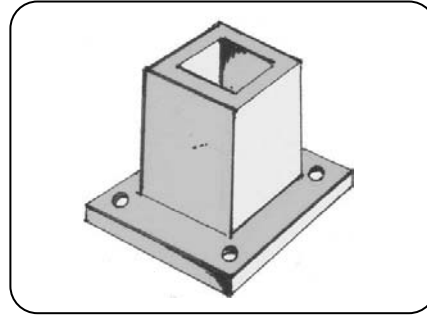


Gambar 9.30 Alur

Sesuai dengan namanya pipa dan alur digunakan untuk landasan dalam pembentukan pipa kecil dan alur rata.



Gambar 9.31 Kombinasi Tirus dan Silinder



Gambar 9.32 Kedudukan Landasan

Landasan Kombinasi tirus dan silinder merupakan landasan yang universal dapat digunakan untuk berbagai keperluan pembentukan persegi dan silinder.

9.6. Teknik Pemukulan

Pemukulan pelat di atas landasan dengan berbagai jenis palu mempunyai teknik-teknik tersendiri. Teknik pemukulan ini biasanya sangat sulit dilakukan dengan pekerja yang tidak terbiasa dengan kerja pembentukan ini. Teknik pemukulan ini dapat dipelajari dari kebiasaan atau pengalaman yang dilakukan secara terus menerus. Pemukulan dengan palu untuk proses pembentukan ini harus dilakukan dengan teknik dan prosedur yang benar. Apabila proses pemukulan ini tidak dilakukan mengikuti teknik dan prosedur yang benar maka akan menghasilkan pemukulan yang menyebabkan pelat menjadi rusak atau cacat. Teknik memegang palu harus dilakukan secara benar yakni memegang palu harus berada di ujung tangkai palu. Jika dipengang berada diujung tangkai palu maka akan menghasilkan gaya pemukulan yang maksimal. Momen dampak yang dihasilkan palu sebanding dengan masa palu dikali dengan jarak pemegang. Artinya semakin jauh jarak pemegang dengan kepala palu maka akan menghasilkan dampak yang lebih besar. Teknik-teknik pemukulan ini dapat dikategorikan sebagai berikut:

❖ Pemukulan Peregangan

Pemukulan regang pada dasarnya adalah pemukulan yang dilakukan untuk meregang pelat menjadi lebih besar. Pelat hasil pemukulan regang ini menghasilkan bentuk pelat menjadi lebih panjang ke arah bagian yang mengalami pemukulan. Teknik pemukulan regang ini menggunakan palu kepala pipih di atas landasan rata. Pada saat proses pemukulan pelat akan mengalami penurunan ketebalan akibat dari proses pemukulan regang.

❖ **Pemukulan Pengkerutan**

Prose pemukulan kerut menghasilkan pelat menjadi terkompres. Pemukulan ini merupakan kebalikan dari proses pemukulan regang. Dimensi ketebalan pelatnyapun menjadi bertambah. Terjadinya proses pemukulan kerut ini dilakukan di atas landasan lengkung dengan palu kepala bulat. Pemukulan kerut ini digunakan untuk proses pembentukan pelat menjadi bentuk mangkuk.

❖ **Pemukulan Perataan**

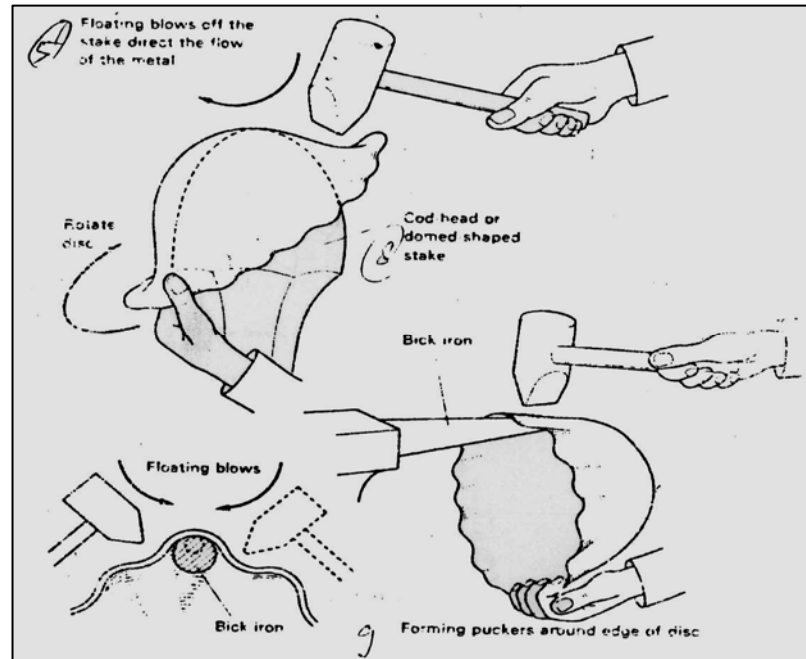
Pemukulan datar merupakan proses pemukulan yang berfungsi untuk mendatar bagain pelat yang mengalami pelengkungan. Pemukulan datar ini juga dapat diterapkan untuk proses pemukulan pembentukan di atas landasan. Seperti untuk mem-bengkok pelat di atas landasan persegi. Teknik pemukulan ini juga dilakukan untuk meratakan hasil pemukulan regang. Pada saat proses pemukulan regang pelat mengalami cekungan dan tidak merata. Pemukulan datar ini sangat banyak digunakan untuk semua proses pembentukan pelat.

❖ **Pemukulan Keseimbangan**

Pemukulan keseimbangan berguna untuk menyeimbangkan kondisi pelat yang mengalami penyimpangan akibat proses pengerolan. Hasil proses pengerolan pelat biasanya masih belum mengalami bentuk bulat sempurna, maka dengan teknik pemukulan keseimbangan ini akan dapat menghasilkan bulatan silinder menjadi lebih baik. Proses pemukulan ini dilakukan dengan memukul bagian pelat yang melonjong pemukulan pelat ini akan menekan pelat yang melonjong dan menjadi lebih datar sampai mendekati keseimbangan dari kebulatan silinder yang diinginkan.

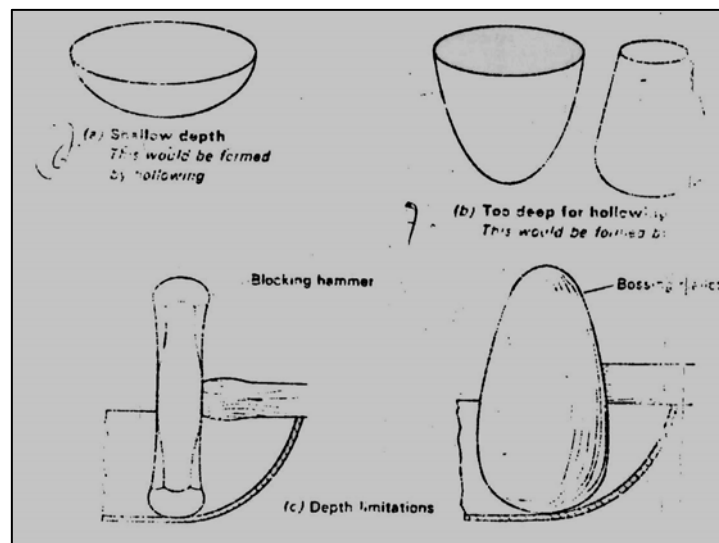
❖ **Pemukulan Pembentukan**

Pemukulan membentuk merupakan penggabungan dari beberapa teknik pemukulan yang ada. Proses pemukulan membentuk ini berguna untuk melakukan pembentukan di atas landasan. Pelat diletakan di atas landasan dan dipegang oleh salah satu tangan dan tangan yang satunya melakukan pemukulan pembentukan sesuai dengan bentuk pelat yang inginkan. Apabila seseorang sudah dapat mensinergikan antara apa yang ada dalam pikirannya di salurkan melalui tangan dan palu maka akan menghasilkan bentuk pelat yang seperti apa yang diinginkan dalam pikiran tersebut.



Gambar 9.33 Pembentukan secara manual
(Lyman, 1968)

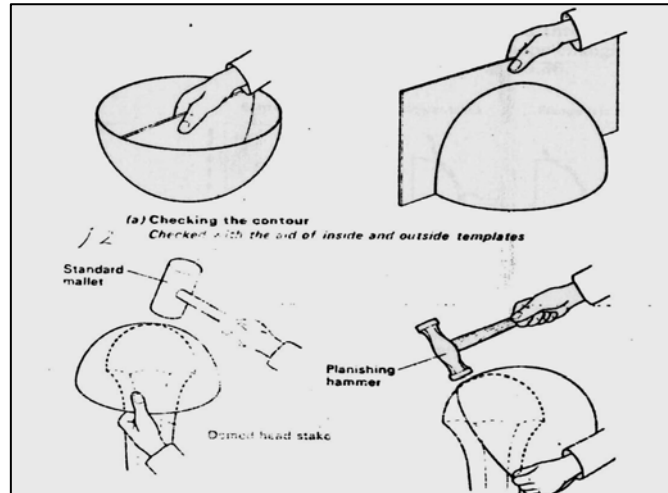
Pada gambar memberikan contoh pengerjaan pembentukan pembuatan makuk setengah bola. Sebelumnya pelat dipotong sesuai dengan besarnya bentangan .



Gambar 9.34 Pembentukan Mangkuk
(Lyman, 1968)

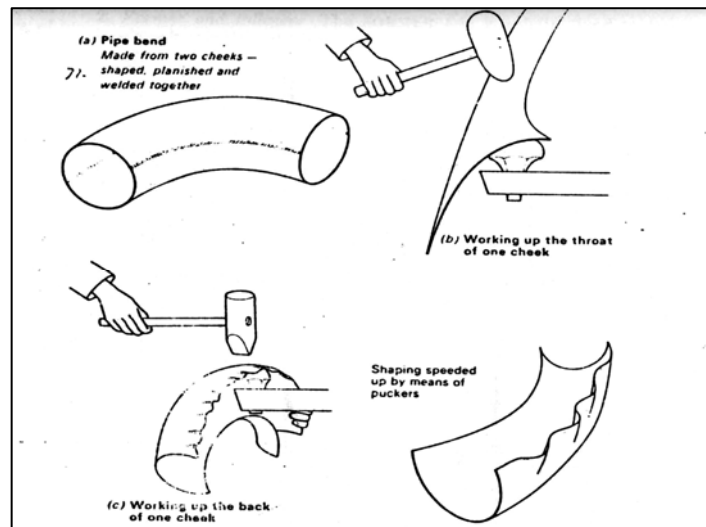
Bentangan dapat dihitung berdasarkan diameter mangkuk yang diinginkan. Diameter bentangan merupakan setengah keliling mangkuk

yakni : $1/2\pi$. D mangkuk. sebelumnya dipukul diatas landasan kayu yang membentuk mangkuk. Setelah mendekati bentuk mangkuk maka material dibentuk di atas landasan bola (lihat gambar di atas). Pemukulan dilakukan secara bertahap sampai membentuk mangkuk. Pemukulan sebaiknya dilakukan dari pusat mangkuk dengan arah pemukulan disekeliling lingkaran, lalu secara bertahap pemukulan diturunkan kebawah sampai ketepi sisi mangkuk.



Gambar 9.35 Pengecekan radius benda

Hasil pemukulan mangkuk ini diperiksa dengan mal lengkung. Pemeriksaan dilakukan dengan memutar disekeliling mangkuk bekas pukulan pada bagian dalam dan sisi luar mangkuk. Mal sisi luar lebih besar dari mal bagian dalam mangkuk. Kedua posisi bagian dalam dan luar ini sedapat mungkin diperiksa secara teliti.



Gambar 9.36 Pembentukan Pipa Lengkung (Lyman, 1968)

Pemeriksaan sisi luar mangkuk dapat dilakukan dengan mendekatkan mal ke mangkuk. Dan diangkat pada posisi datangnya cahaya. Jika terjadi kelonggaran atau ketipakpasan lingkaran yang terbentuk, maka pada celah yang diukur akan terlihat cahaya yang lebih besar dibandingkan pada sisi mangkuk yang sesuai.

Selain Proses pembentukan dilakukan dengan tangan secara manual maka proses pembentukan juga dapat dilakukan mesin-mesin pembentukan secara manual . Mesin-mesin ini mempunyai kapasitas dan kemampuan khusus. Kemampuannya sesuai dengan kegunaan pembentukan. Mesin-mesin untuk pembentukan ini diantaranya:

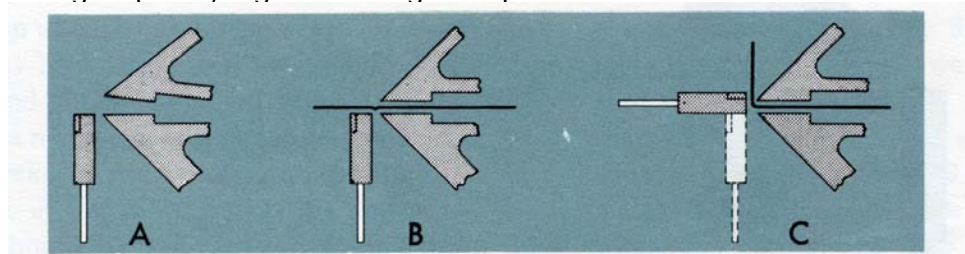
- **Keuntungan**
Keuntungan proses pembentukan dengan sistem pembentukan secara manual ini adalah dapat mengerjakan seluruh bentuk proses pembentukan. Pembentukan dalam jumlah skala kecil atau pembuatan satu buah komponen yang terbuat dari bahan pelat ini sangat cocok dengan pembentukan secara manual. Pengerjaan komponen bahan pelat dengan sistem ini tidak memerlukan cetakan atau alat bantu pembentukan yang lain. Pembentukan pelat ini hanya terbatas pada pembentukan pelat yang relatif mempunyai dimensi lebih kecil dan tipis. Pelat relatif tebal dan mempunyai dimensi yang besar akan sulit dilakukan dengan proses pembentukan secara manual.
- **Kesalahan dalam pembentukan**
Kesalahan-kesalahan yang sering terjadi dalam proses pembentukan ini dapat terjadi apabila pekerja tidak mengetahui karakteristik bahan pelat yang dibentuk. Jika pekerja tidak mempunyai keterampilan/skill pada bidang pekerjaan pembentukan ini maka kemungkinan kesalahan besar terjadi. Pekerjaan-pekerjaan pembentukan dalam sangat sulit dikerjakan secara manual. Biasanya pekerjaan yang dihasilkan dari proses pembentukan secara manual ini masih kurang teliti. Apalagi pekerjaan komponen dalam jumlah besar hal ini sangat kurang menguntungkan, sebab hasilnya memiliki sifat mampu tukar yang rendah.
- **Aplikasi**
Penerapan sistem pembentukan secara manual ini sangat variatif khususnya untuk komponen pelat yang relatif kecil dan ringan. Komponen-komponen bahan pelat yang dikerjakan dengan sistem manual ini dapat diterapkan untuk pembuatan komponen mesin yang tidak memerlukan cetakan. Finishing

dari beberapa proses pengerjaan pembentukan yang lain juga finishingnya dapat dilakukan finishing secara manual.

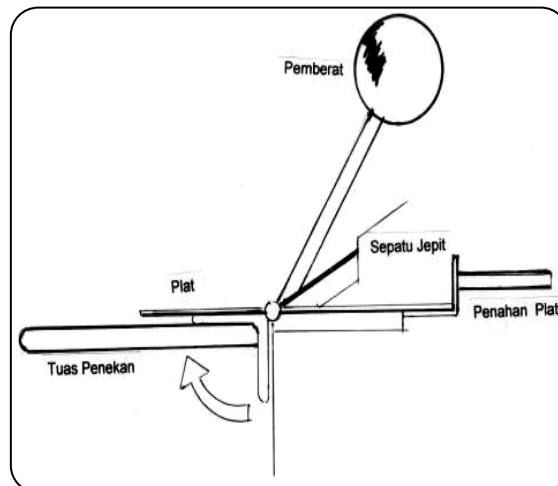
9.7. Proses Tekuk/Lipat

➤ Definisi

Secara mekanika proses penekukan ini terdiri dari dua komponen gaya yakni: tarik dan tekan (lihat gambar). Pada gambar memperlihatkan pelat yang mengalami proses pembengkokan ini terjadi peregangan, netral, dan pengkerutan. Daerah peregangan terlihat pada sisi luar pembengkokan, dimana daerah ini terjadi deformasi plastis atau perubahan bentuk. Peregangan ini menyebabkan pelat mengalami pertambahan panjang. Daerah netral merupakan daerah yang tidak mengalami perubahan. Artinya pada daerah netral ini pelat tidak mengalami pertambahan panjang atau perpendekkan. Daerah sisi bagian dalam pembengkokan merupakan daerah yang mengalami penekanan, dimana daerah ini mengalami pengkerutan dan penambahan ketebalan, hal ini disebabkan karena daerah ini mengalami perubahan panjang yakni perpendekkan. atau menjadi pendek akibat gaya tekan yang dialami oleh pelat. Proses ini dilakukan dengan menjepit pelat diantara landasan dan sepatu penjepit selanjutnya bilah penekuk diputar ke arah atas menekan bagian pelat yang akan mengalami penekukan

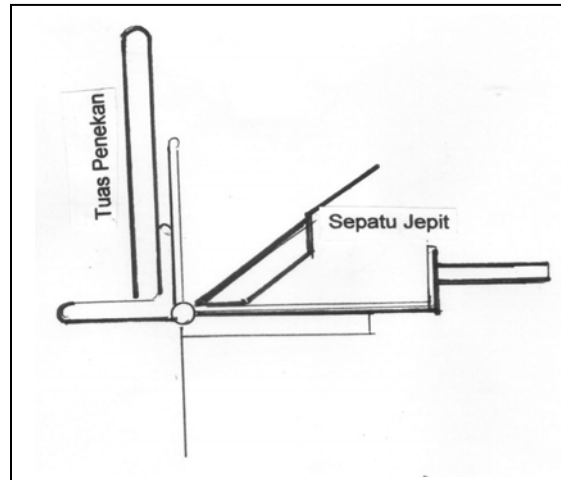


Gambar 9.37 Langkah Proses Tekuk



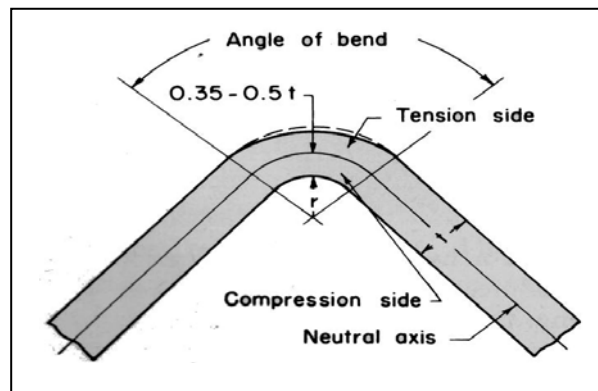
Gambar 9.38 Langkah awal Tekuk

Pada Gambar 9.38 posisi tuas penekuk diangkat ke atas sampai membentuk sudut melebihi sudut pembentukan yang diinginkan. Besarnya kelebihan sudut pembengkokan ini dapat dihitung berdasarkan tebal pelat, kekerasan bahan pelat dan panjang bidang membengkokkan / penekukan .



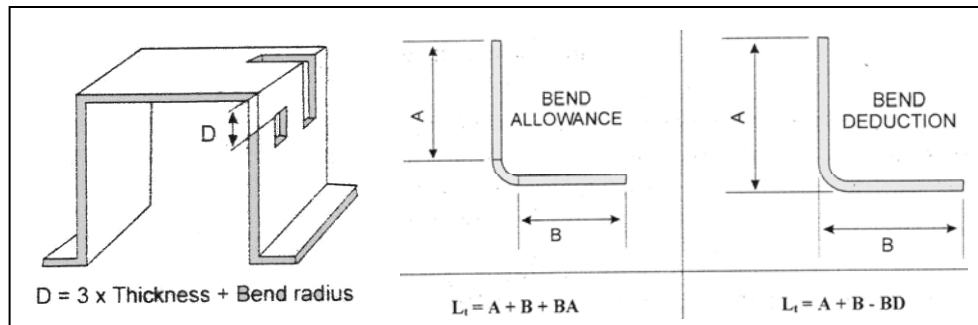
Gambar 9.39 Penekukan Pelat

Langkah proses penekukan pelat dapat dilakukan dengan mempertimbangkan sisi bagian pelat yang akan dibentuk. Langkah penekukan ini harus diperhatikan sebelumnya, sebab apabila proses penekukan ini tidak menurut prosedurnya maka akan terjadi salah langkah. Salah langkah ini sangat ditentukan oleh sisi dari pelat yang dibengkokkan dan kemampuan mesin bending/tekuk tersebut. Komponen pelat yang akan dibengkokkan sangat bervariasi. Tujuan proses pembengkokkan pada bagian tepi maupun body pelat ini diantaranya adalah untuk memberikan kekakuan pada bentangan pelat.



Gambar 9.40 Sudut Tekuk

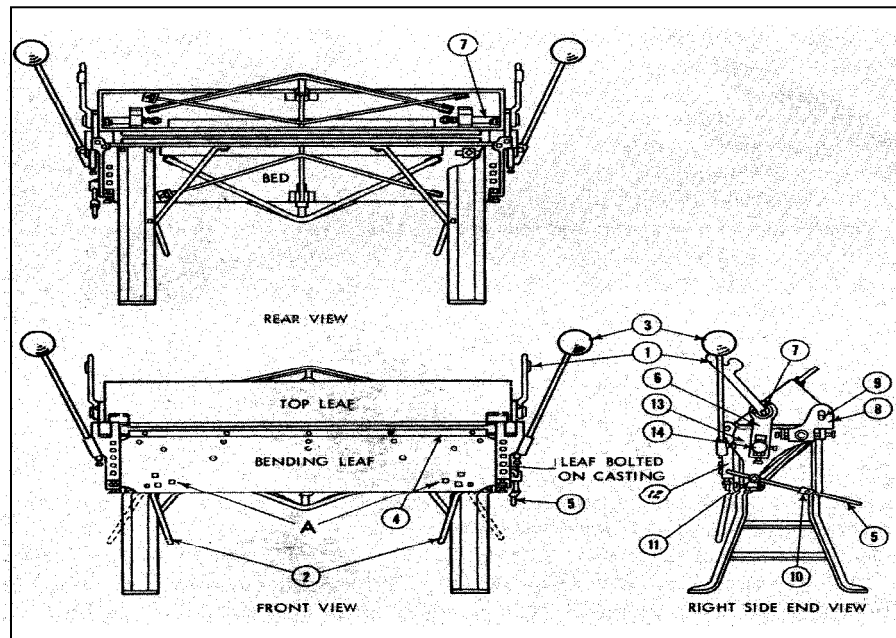
Gambar 9.40 memperlihatkan sudut tekuk yang terbentuk pada proses pelipatan pelat, dimana pada bagian sisi atas pelat mengalami peregangan dan bagian bawah mengalami pengkerutan.



Gambar. 9.41 Bentangan pada Proses Tekuk

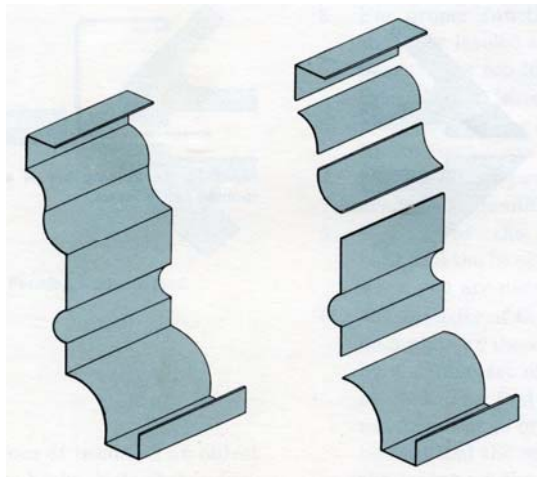
Sudut penekukan pada pelat dapat diatur sesuai dengan bentuk tekukan yang diinginkan. Sudut tekuk diatur sesuai dengan bentuk sudut yang direncanakan ditambah dengan faktor K sebagai faktor spring back.

Pada Gambar di bawah ini adalah gambar konstruksi mesin tekuk/lipat manual dengan sistem jepitan sederhana. Tenaga penekukan yang digunakan adalah dengan tuas tekuk yang digerakkan dengan tangan. Tangan kiri memegang tuas penekan dan tangan kanan menaikan tuas penekuk.

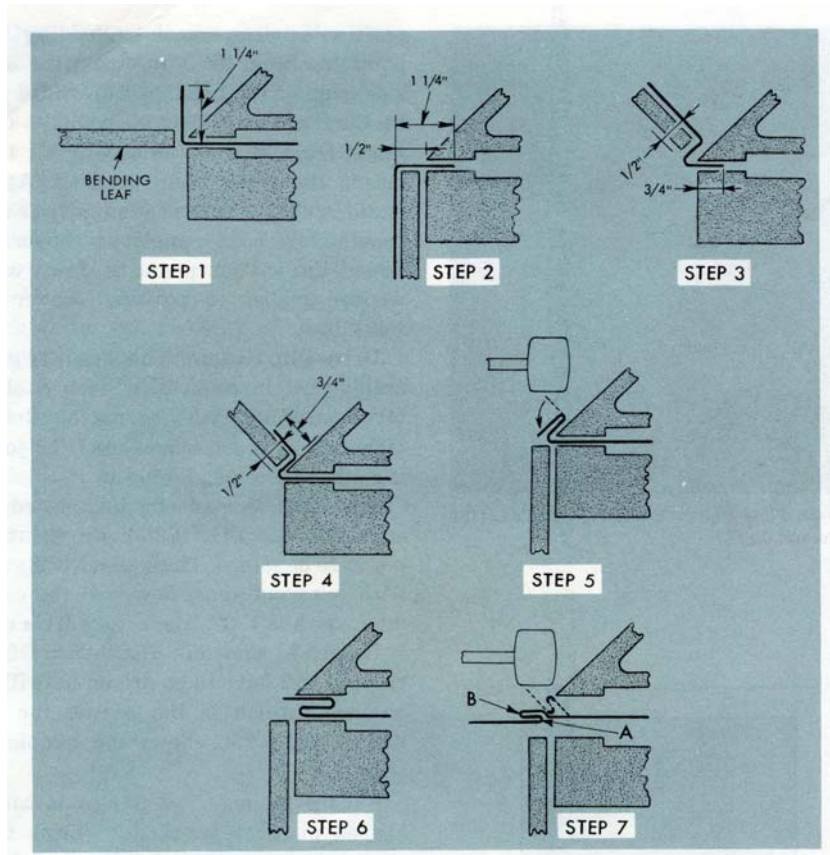


Gambar 9.42 Konstruksi Mesin Tekuk/Lipat
(Mills, 1995)

Proses tekukan yang dapat dilakukan pada mesin tekuk diantaranya dapat dilihat seperti pada gambar 9.43

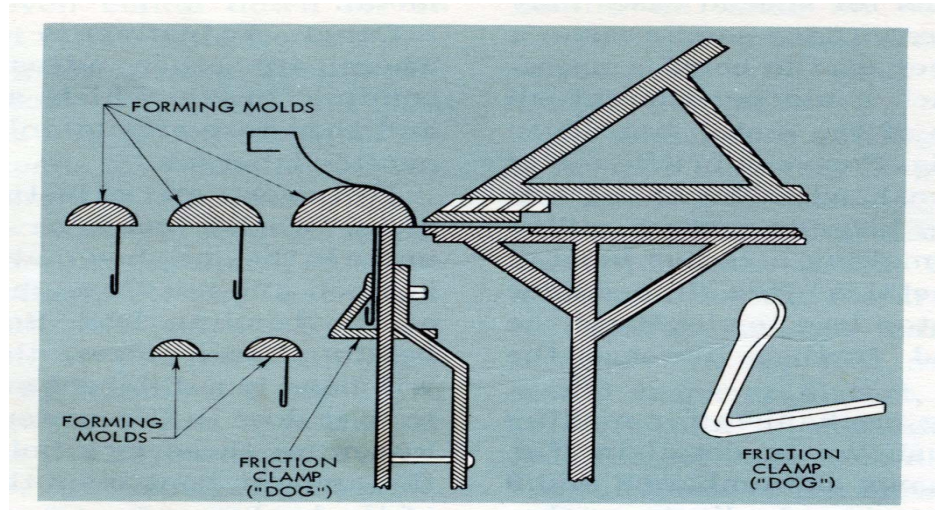


Gambar 9.43 Jenis Lipatan



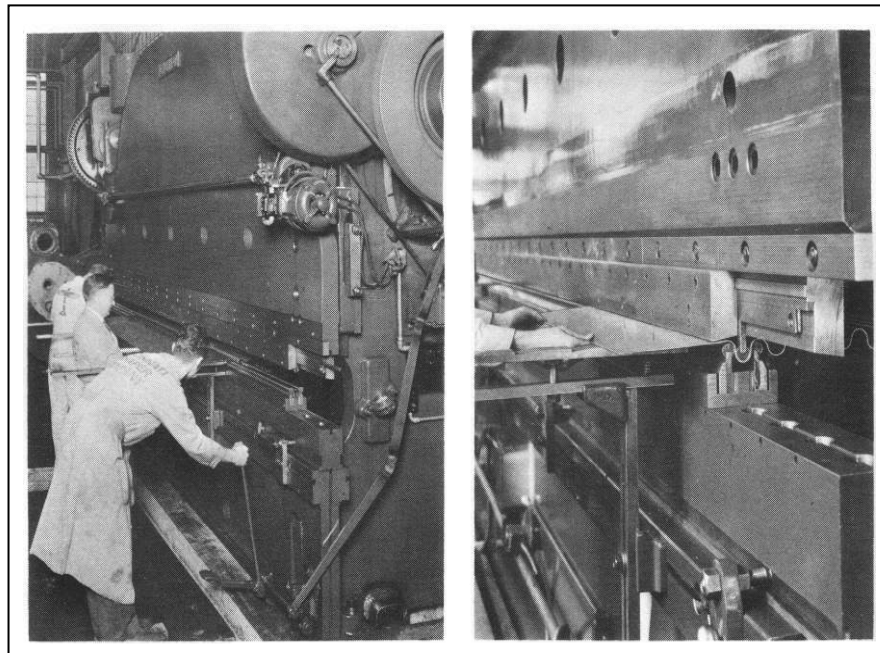
Gambar 9.44 Langkah proses tekuk untuk sambungan lipat (Meyer, 1975)

Langkah-langkah yang dilakukan untuk membuat sambungan lipat pada mesin pelipat terdiri dari tujuh langkah pengerjaan seperti pada gambar 9.44.



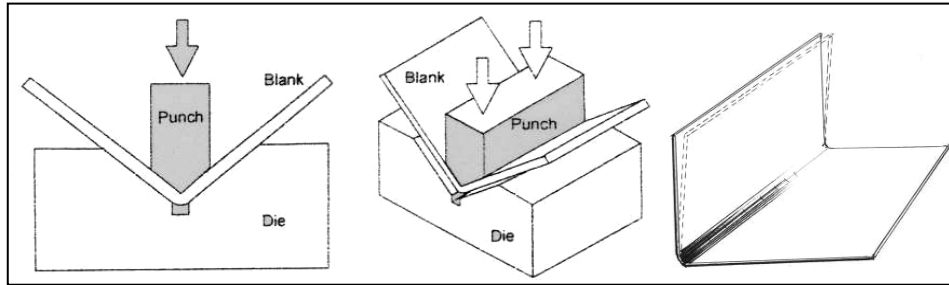
Gambar 9.45 Penekukan bidang Lengkung
(Meyer, 1975)

Sistem lain yang digunakan dalam proses penekukan ini menggunakan sistem tekan hidrolik. Proses ini dapat dilakukan dengan meletakkan pelat pada dies pembengkok dan dies penekan bergerak turun sambil menekan pelat membentuk sudut sesuai dengan dies bawah yang sudah disiapkan.



Gambar. 9.46 Mesin Bending Hidrolik

➤ Proses



Gambar 9.47 Proses Bending Dies dan Punch

Difinisi lain menjelaskan bahwa penekukan merupakan proses di mana bentuk-bentuk yang lurus diubah menjadi lengkungan bersudut. Proses ini merupakan proses yang sering digunakan untuk mengubah lembaran dan pelat menjadi saluran, kotak penutup (*cover*) mesin, pintu-pintu, file cabinet dan lain-lainnya. Selain itu, penekukan merupakan bagian dari proses pembentukan lain. Definisi dan istilah-istilah yang digunakan pada penekukan dilukiskan pada gambar berikut. Jari-jari pembengkokan R didefinisikan sebagai jari-jari lengkungan cekung atau permukaan dalam tekukan.

Pembengkokan elastis di bawah batas elastis, rengangan melalui pertengahan tebal pada sumbu netral. Pada pembengkokan plastik melampaui batas elastis, sumbu netral bergeser lebih dekat ke permukaan dalam lengkungan pada saat proses pembengkokan dilakukan. Karena rengangan plastik sebanding dengan jarak dari sumbu netral, serat-serat pada permukaan dalam, dan, serat di permukaan dalam mengalami pengkerutan.

Serat di tengah-tengah mengalami perentangan, dan karena merupakan serat rata-rata, maka harus terjadi pengurangan tebal (pada tebal lembaran dan hanya tergantung pada perbandingan antara jari-jari pembengkokan dengan tebal lembaran. Nilai-nilai yang dapat diperoleh untuk paduan aluminium dan baja tahan karat austenit pada berbagai proses temper pengerolan dingin. Data-data yang lain yang meliputi sejumlah paduan-paduan suhu tinggi, menunjukkan bahwa berbagai pendekatan awal, *spring back* pada pembengkokan dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{R_0}{R_1} = 4 \left(\frac{R_0 \sigma}{Eh} \right) - 3 \frac{R_0 \sigma}{Eh} + 1 \quad (\text{Dieter, 1986})$$

Metode yang lazim digunakan untuk kompensasi balikan pegas adalah pembengkokan dengan jari-jari lengkungan yang lebih kecil dari yang diinginkan, sehingga ketika terjadi balikan pegas, bagian tersebut masih mempunyai jari-jari yang tepat sesuai dengan yang diinginkan. Prosedur coba-coba untuk menemukan kontur cetakan

yang tepat untuk balikan pegas, dapat dipersingkat dengan menggunakan persamaan di atas, tetapi perhitungan sama sekali tidak merupakan prosedur yang akurat. Selain itu, koreksi terhadap cetakan hanya tepat untuk selang tegangan luluh yang agak sempit. Metode kompensasi balikan pegas yang lain adalah dengan penumbukan pada cetakan, dan menggunakan pembentukan suhu tinggi untuk memperkecil tegangan luluh.

➤ **Karakteristik**

Karakteristik proses penekukan ini memperlihatkan bentuk penekukan yang lurus dari sisi tepi ujung ke tepi ujung yang lainnya. Bending ini juga dapat dilakukan untuk membentuk penekukan pada body. Pembengkokan pada sisi tepi dapat dilakukan dengan beberapa variasi pembengkokan membentuk sudut 90° atau dapat juga dilakukan penekukan dengan bentuk silinder di sepanjang sisi pelat.

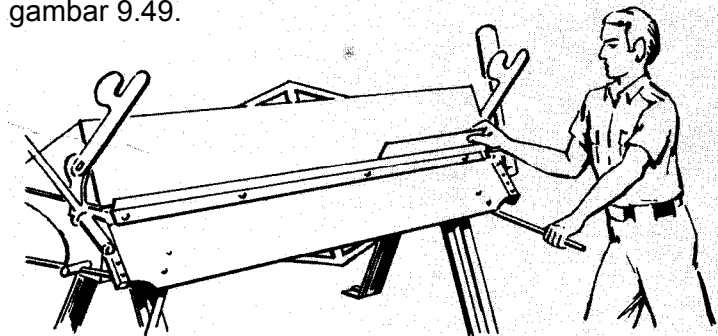
Proses pembengkokan ini hanya dapat dilakukan pada penekukan dalam bentuk lurus. Penekukan bentuk sisi melengkung tidak dapat dilakukan dengan proses ini, sebab sepatu atau dies penekuk mempunyai bentuk lurus saja.

➤ **Peralatan yang digunakan, alat bantu, alat utama, cetakan**

Mesin-mesin yang digunakan dalam proses lipat ini menggunakan sistem jepit secara manual dan sistem tekan bending secara hidrolik.

◆ **Mesin Lipat Universal**

Sistem penekukan secara manual dapat dilakukan dengan sepatu tekan disepanjang pelat yang ditekan. Proses ini dapat dikerjakan dengan membuat tanda pada daerah pelat yang akan dibengkok. Selanjutnya pelat dijepit diantara landasan dan sepatu tekan. Garis tanda yang dibentuk harus sejajar dengan sepatu penekan atas. Selanjutnya Pembengkok diputar ke atas sampai membengkok pelat yang dijepit. Besarnya sudut pembengkokan dapat diatur sesuai dengan sudut pembengkokan yang dikehendaki. Gambar mesin lipat universal ini dapat dilihat pada gambar 9.49.



Gambar 9.48 Mesin Lipat Universal

◆ Mesin Lipat Independent

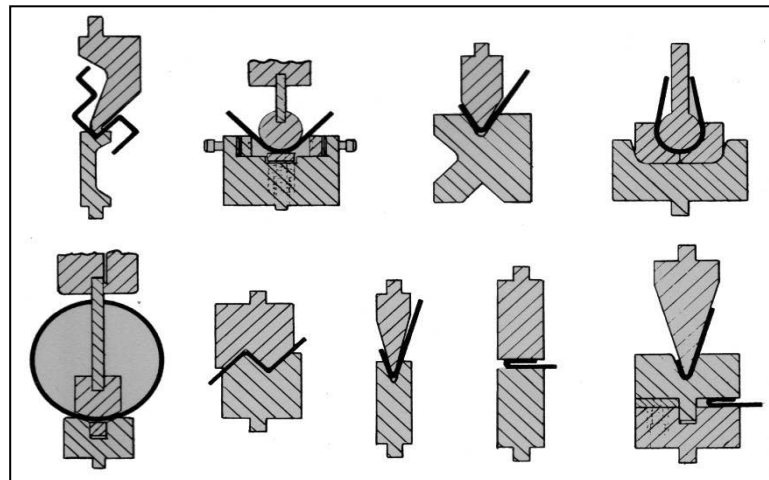
Pelipatan pelat independent ini menggunakan sepatu yang terpisah-pisah. Sepatu penjepit ini dapat dengan bebas diatur sesuai dengan kondisi pelat yang akan dibentuk. Sepatu penjepit ini dapat dilepas atau diatur sesuai panjang pelat yang akan dilipat. (lihat gambar)



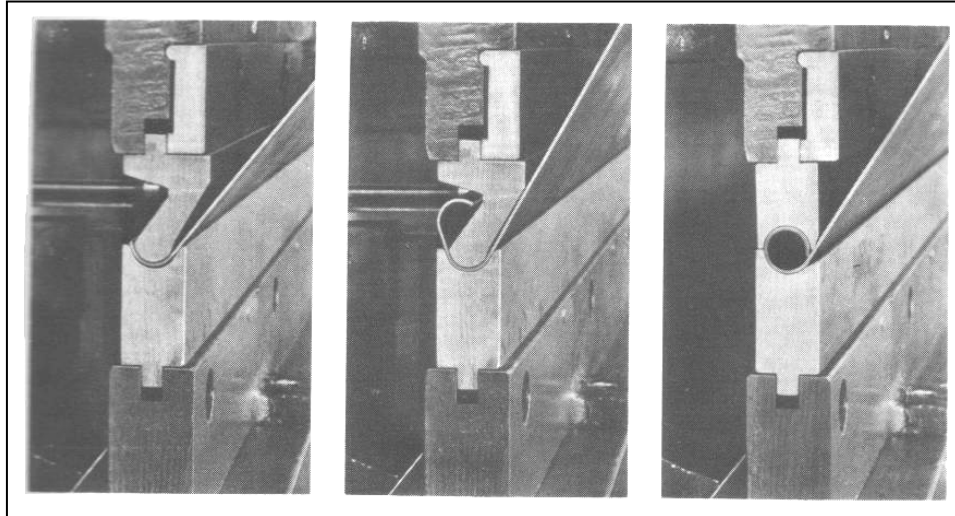
Gambar 9.49 Mesin Lipat Universal

◆ Mesin Tekuk Hidrolik

Mesin tekuk hidrolik merupakan sistem penekukan yang sangat berkembang di industri. Mesin-mesin Bending sistem hidrolik ini mempunyai kapasitas yang relatif besar dan umumnya dengan sistem pembentukan pelat yang panjang sampai mencapai panjang 2500 mm sampai 3000 mm. Mesin tekuk hidrolik ini memiliki dies sebagai landasan dan dies pada posisi bagian bawah tetap dan punch penekan ber-gerak naik dan turun. Gerakan punch ini dapat dikontrol lang-kahnya dengan sistem hidrolik.



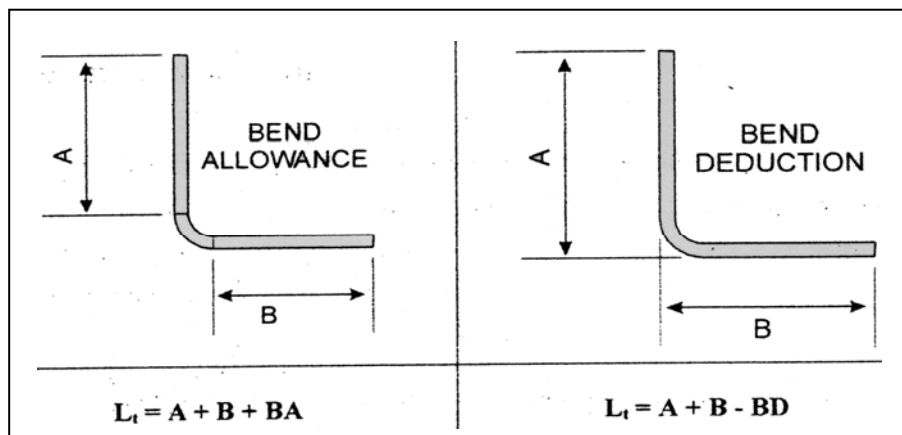
Gambar 9.50 Berbagai macam Tipe Punch dan Dies



Gambar 9.51 Langkah Bending Untuk Proses Bending Sisi Tepi Pelat menjadi Bentuk Silinder memanjang di Sepanjang tepi Pelat

➤ **Bentangan Pelat pada Proses Penekukan**

Panjang bentangan pelat sesungguhnya dapat dihitung berdasarkan radius penekukan dan tebal pelat yang dikerjakan. Ukuran panjang bentangan ini dapat dihitung berdasarkan garis netral yang berada di tengah tebal pelat yang mengalami proses penekukan. Disain dari gambar konstruksi pelat ini merupakan gambar jadi dalam bentuk yang diinginkan. Bentuk yang diinginkan merupakan bentuk-bentuk kontour/lengkung, persegi, bola, atau kombinasi dari bentuk-bentuk yang lainnya. Untuk menghitung panjang sebenarnya dari bentuk gambar ini dapat dilakukan dengan pendekatan secara matematis.



Gambar 9.52 Bentangan Pelat dengan Tipe Bend Allowance Dan Bend Reduction

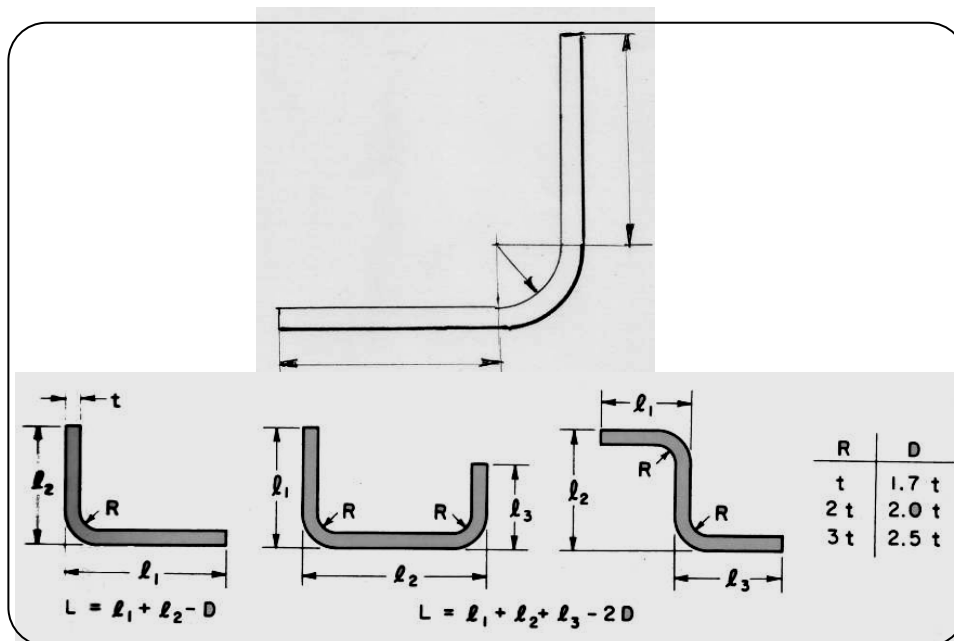
Pada gambar terlihat bentuk melengkung dengan jari-jari (R) dengan kombinasi Lurus. Jika panjang bentangan lurus a arah kekiri dan b panjang lengkungan serta c panjang bentangan lurus arah kekanan, maka panjang total dari pelat yang dibutuhkan untuk pembuatan lengkungan ini dapat dicari dengan mengukur bagian yang tidak mengalami proses penekukan. Bagain ini adalah bidang a dan b. Bidang a dan b ini dapat diukur secara langsung panjang sebenarnya. Bidang c merupakan bidang yang melengkung maka proses pengukurannya dilakukan dengan mengukur besarnya radius dan tebal bahan pelat. persamaan matematis dapat digunakan untuk menghitung panjang bentangan pada proses penekukan sebagai berikut:

$$\text{Panjang Bentangan (L)} = a + b + c$$

Dimana panjang

- a = 200 mm
- b = 300 mm
- c = panjang lengkungan
- R = 8 mm
- S = 90 ° (sudut bending)
- T = tebal pelat 4 mm

$$\begin{aligned} \text{Maka panjang bentangan sesungguhnya (L)} &= a + b + c \\ &= 200 + (90/360 \times \pi \times (R + t/2)^2) + 300 = 1285,40 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 9.53 Kelengkungan pada Proses Bending

➤ **Keuntungan**

Pengerjaan pembentukan pelat dengan sistem bending ini mempunyai beberapa keunggulan diantaranya :

1. Menghasilkan pembungkukan yang lurus dan rapi
2. Sisi hasil pembungkukan memiliki radius yang merata
3. Sudut pembungkukan yang dihasilkan sama
4. Hasil pembungkukan tanpa adanya cacat akibat bekas pemukulan
5. Menjadikan pelat lebih kaku

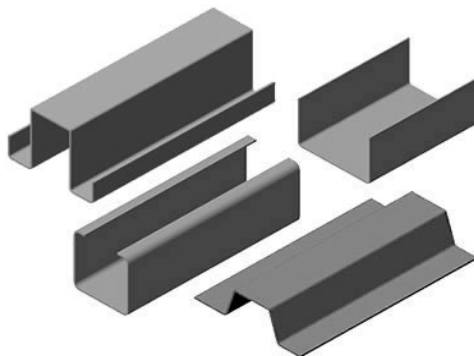
➤ **Kesalahan dalam pembentukan**

Kesalahan-kesalahan yang sering terjadi pada proses pembungkukan ini adalah:

1. Hasil pembungkukan tidak merata atau pada sisi tengah pelat lebih cembung dibandingkan sisi tepi yang lain, hal ini disebabkan karena tebal pelat yang ditebuk melebihi kapasitas mesin lipat.
2. Jika posisi peletakan pelat tidak sejajar terhadap sepatu penjepit maka mengakibatkan hasil pembungkukan menjadi miring.
3. Penekanan pelat pada sepatu pembentuk tidak boleh melebihi atau kurang dari batas sudut pembungkukan yang diinginkan. Jika hal ini terjadi maka hasil pembungkukan cenderung mempunyai sudut pembungkukan yang tidak tepat atau tidak sesuai yang diharapkan.

➤ **Aplikasi Proses Tekuk**

Penerapan proses bending ini banyak digunakan untuk pembuatan body atau cover mesin-mesin. Cover mesin-mesin ini biasanya dikerjakan dengan proses bending yakni dengan melipat sisi-sisi tepi pelat, sehingga pelat menjadi lebih kaku dan ringan. Cover mesin-mesin ini dapat dengan mudah dibongkar pasang. Kondisi ini dirancang untuk mempermudah proses penggantian atau perawatan mesin tersebut. Aplikasi lain dari sistem bending ini dapat dilihat pada body-body mesin dan kendaraan seperti: Body kereta api, body truck, body alat-alat berat, body mesin-mesin pertanian dan sebagainya.



Gambar 9.54 Aplikasi proses tekuk

◆ Hal-hal yang harus diperhatikan dalam proses pembengkokan pelat

Hasil pembengkokan pelat yang baik dapat dihasilkan dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

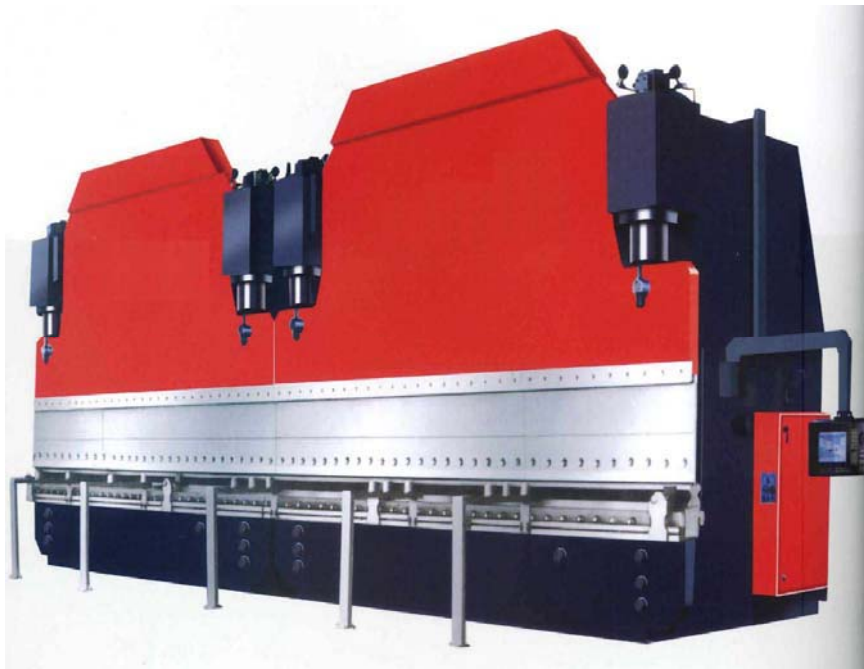
1. Sebelum melakukan proses pembengkokan pelat Mesin pembengkok harus diperiksa terlebih dahulu terutama dies, atau sepatu pembentuk, sudut pembengkokan yang diinginkan.
2. Tadailah sisi bagian tepi pelat yang akan dibengkokkan.
3. Posisi tanda pembengkokan ini harus sejajar dengan dien pembengkok.
4. Penjepitan pelat harus kuat
5. Atur sudut pembengkokan sesuai dengan sudut pembengkokan yang dikehendaki
6. Sesuaikan dies landasan dengan bentuk pembengkokan yang diinginkan.
7. Mulailah proses pembengkokan dengan memperhatikan sisi-sisi yang akan dibengkokkan, hal ini untuk menjaga agar lebih dahulu mengerjakan posisi pelat yang mudah.
8. Jika ingin melakukan pembengkokan dengan jumlah yang banyak buatlah jig atau alat bantu untuk memudahkan proses pembengkokan. Jig ini bertujuan untuk memudahkan pekerjaan sehingga menghasilkan bentuk pembengkokan yang sama

Teknik dan prosedur pembengkokan yang benar akan menghasilkan pembengkokan yang lurus, rapi dan merata. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam proses pembengkokan ini diantaranya.

- Menghitung panjang bentangan akibat proses pembengkokan, hal ini bertujuan agar hasil radius pembengkokan tepat sesuai dengan ukuran yang dikehendaki. Membuat tanda pada sisi bagian pelat yang akan dibengkokkan. Tanda ini dapat dilakukan dengan penggores yakni dengan menentukan ukuran sisi yang akan dibengkokkan.
- Menentukan langkah yang tepat pada saat akan dilakukannya pembengkokannya. Langkah ini ditentukan berdasarkan urutan pekerjaan pembengkokan sehingga saat proses berlangsung tidak ada pembengkokan lainnya terganggu dengan proses pembengkokan dari sisi lainnya.
- Pada saat meletakkan pelat diatas landasan atau diantara landasan dan penjepit harus sejajar kelurusannya. Kelurusan bagian sisi pelat yang akan dibengkokkan dengan tanda yang sudah digores terhadap dies penekan.
- Penjepitan pelat di sepatu mesin bending harus ditahan dengan baik agar pelat tidak mengalami perubahan posisi

kelurusannya. Jika terjadi pergeseran maka hasil pembungkakan menjadi miring atau menyimpang.

- Sudut hasil pembungkakan harus dilebihkan dari sudut yang diinginkan. Kelebihan ini untuk mengantisipasi pengaruh elastisitas bahan pelat yang mengalami pembungkakan. Besarnya kelebihan sudut penekan ini berdasarkan pengalaman sangat ditentukan oleh jenis bahan, tebal, dan panjang pelat yang akan dibungkakan. Offset atau penyimpangan ini secara mekanika besarnya 0,02 %.

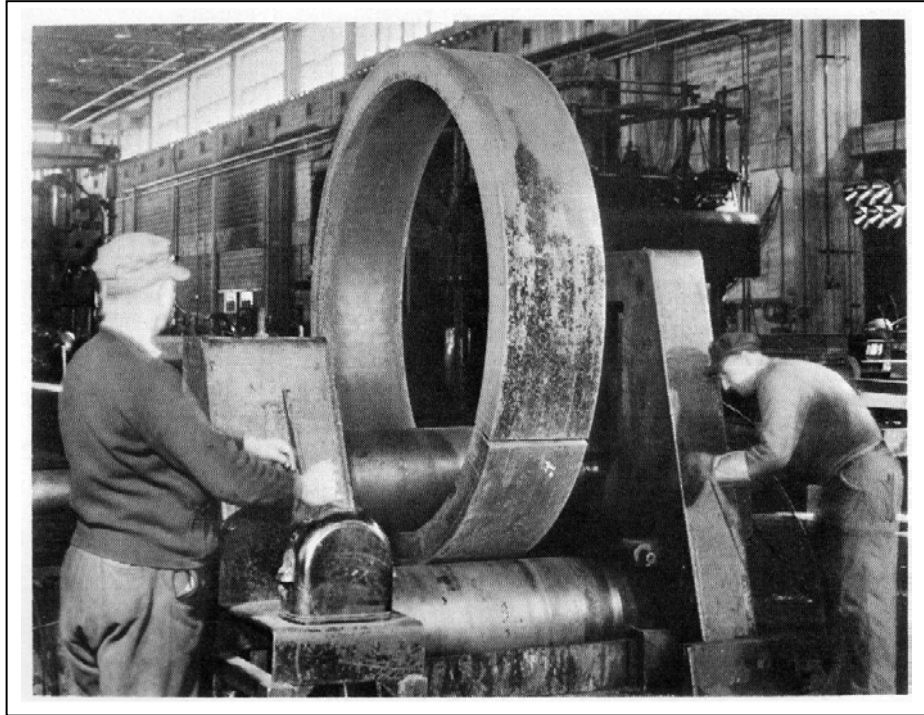


Gambar.9.55. Perkembangan Mesin Tekuk yang di Industri Hydraulic Bending Machine NC

9.8. Proses Pengerolan

➤ Definisi

Pengerolan merupakan proses pembentukan yang dilakukan dengan menjepit pelat diantara dua rol. Rol tekan dan rol utama berputar berlawanan arah sehingga dapat menggerakkan pelat. Pelat bergerak linear melewati rol pembentuk. Posisi rol pembentuk berada di bawah garis gerakan pelat, sehingga pelat tertekan dan mengalami pembungkakan. Akibat penekanan dari rol pembentuk dengan putaran rol penjepit ini maka terjadilah proses pengerolan. Pada saat pelat bergerak melewati rol pembentuk dengan kondisi pembungkakan yang sama maka akan menghasilkan radius pengerolan yang merata. (lihat gambar 9.56)



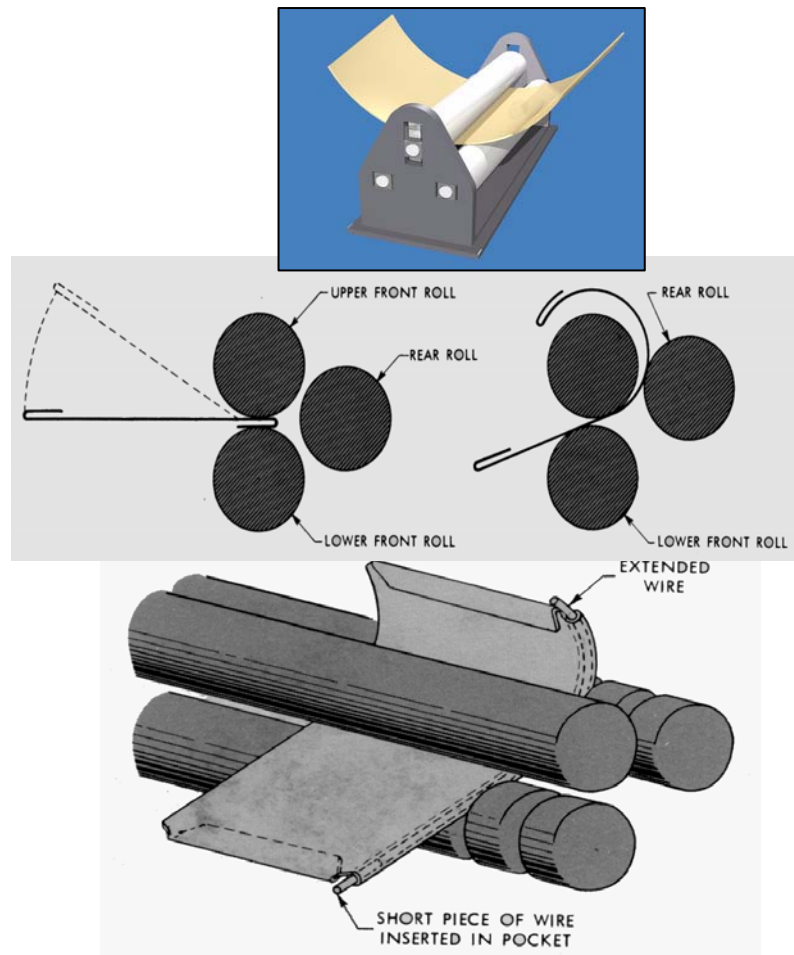
Gambar 9.56. Proses pengerolan Pelat Tebal di Industri
Pengerolan dilakukan dengan menggunakan Motor Listrik sebagai penggerak dan sistem penekannya Menggunakan Hidrolik Sistem (Kalpajian, 1984)

➤ **Proses**

Proses pengerolan dapat terjadi apabila besarnya sudut kontak antara rol penjepit dengan pelat yang akan dirol melebihi gaya penekan yang yang ditimbulkan dari penurunan rol pembentuk. Besarnya penjepitan ini dapat mendorong pelat sekaligus pelat dapat melewati rol pembentuk. Proses pengerolan ini dapat dilihat seperti pada gambar.

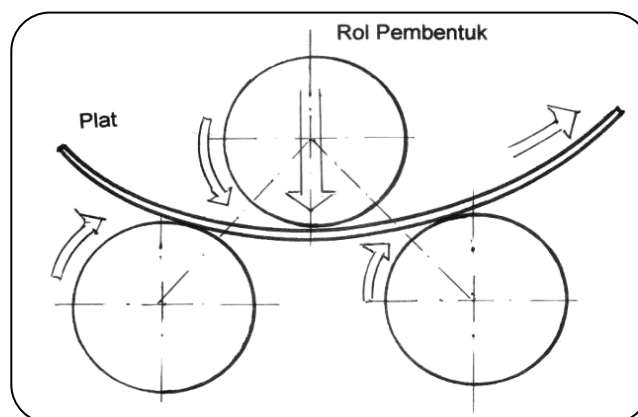
➤ **Sistem Pengerolan**

- ◆ Tipe Susunan Rol
- ◆ Tipe Jepit



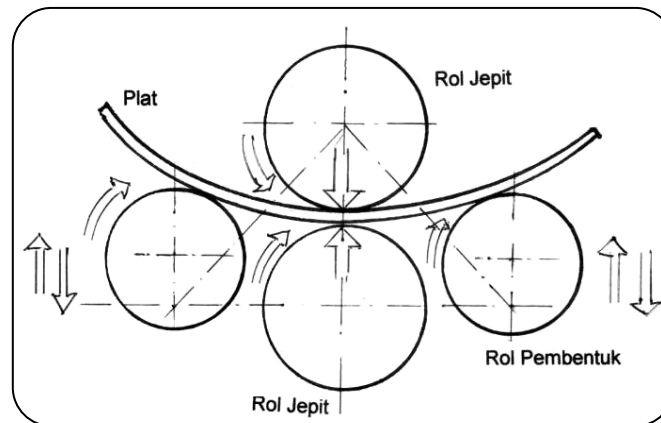
Gambar 9.57. 21 Tipe susunan Rol Jepit

◆ Tipe Piramide



Gambar. 9. 58 Tipe Susunan Rol Piramide

◆ Tipe Kombinasi Jepit dan Piramide



Gambar 9. 59 Tipe Susunan Rol Kombinasi Jepit dan Piramide

➤ **Sistem Pengerolan**

Pembentukan rol adalah metode lain untuk menghasilkan bentuk-bentuk lengkung yang panjang. Proses pengerolan ini juga digunakan untuk menghasilkan silinder-silinder berdinding tipis ataupun silinder berdinding tebal dari lembaran datar.

Berbagai metode telah digunakan untuk melengkungkan atau membentuk silinder dari pelat lurus. Bagian-bagian yang berbentuk silinder dan kerucut di buat dengan memakai pengerol lengkung. Pelengkung tiga rol tidak menjamin terhindarnya penekukan pada lembaran yang tipis. Seringkali ditambahkan rol ke empat pada bagian keluaran untuk memberikan pengaturan tambahan terhadap kelengkungan. Pada pembebanan 3 titik, momen lengkung maksimal terletak ditengah-tengah panjang bentangan. Hal ini dapat menimbulkan regangan lokal, sehingga batas pembentukan terjadi di tengah-tengah, sebelum bahan dilengkungkan sebagaimana mestinya.

Deformasi yang lebih seragam diperoleh dengan memakai peralatan jenis "wipe". Dalam bentuknya yang paling sederhana, peralatan ini terdiri atas lembaran yang diklem salah satu ujungnya pada blok pembentuk; kontur terbentuk oleh pukulan palu berturutan, dimulai di dekat klem dan bergerak menuju ujung yang bebas. Suatu pelengkung type "wiper" ditunjukkan pada Gambar 20-4b. Pada tipe blok pembentuk atau cetakan mempunyai kontur yang tidak seragam, karena itu rol harus ditekan ke blok dengan tekanan seragam yang diperoleh dari silinder hidrolik. Metode ketiga untuk menghasilkan kontur adalah pembentukan selubung (wrap forming). Pada pembentukan selubung, lembaran untuk mencegah terjadinya (Gambar 20-4c). Contoh sederhana pembentukan selubung adalah

penggulungan pegas pada madril. Pembentukan regang bagian-bagian yang melengkung merupakan kasus khusus pembentukan selubung.

◆ Tipe Jepit

Mesin Rol tipe jepit mempunyai susunan rolnya membentuk huruf L, dimana pada mesin rol ini terdiri dari 3 tiga buah rol yang panjang. Dua rol berfungsi menjepit bahan pelat yang akan di rol. Kedua rol ini berputar berlawanan arah, Rol utama merupakan rol penggerak dimana gerakan putar yang dihasilkan rol dapat diperoleh dari putaran tuas maupun putaran motor listrik. Rol penjepit bagian yang satu lagi dapat bergerak turun naik. Pada saat turun rol penjepit secara sejajar menjepit pelat yang akan di rol. Proses penurunan rol penjepit ini dilakukan dengan memutar tuas pada bagian atas. Pemutaran tuas ini sebaiknya dilakukan secara bersamaan sehingga rol penjepit akan turun sejajar dan merata penjepitannya.

Penjepitan pelat ini diharapkan merata pada seluruh bagian pelat. Apabila penekanan ini tidak merata maka kemungkinan hasil pengerolan yang terjadi tidak membentuk silinder sempurna atau mendekati bulat yang merata diseluruh bagian pelat yang mengalami pengerolan. Rol penekan juga harus diatur turunnya secara bersamaan dimana posisi rol penekan ini juga harus sejajar terhadap bidang pelat yang akan di rol. Penurunan rol penekan ini juga dapat diatur turun atau naiknya dengan tuas pengatur.

Proses pengerolan dapat dilakukan pada arah ke bawah ataupun ke atas hal sangat ditentukan oleh posisi rol yang dapat dibuka. Sebab pelat yang sudah mengalami proses pengerolan akan menjadi bentuk silinder dimana ujung-ujung pelat yang di rol akan bersatu. Kondisi ini akan menyebabkan sulitnya pelat yang sudah di rol keluar dari mesin rol ini. Mesin rol harus dilengkapi dengan salah satu ujung rol penjepitnya dapat dengan mudah dibuka dan dipasang kembali. Kemudahan untuk membukan dan memasng kembali rol ini akan mempengaruhi terhadap operasional mesin rol tersebut. Kemudahan operasional ini akan memperlancar proses pengerolan dan sekaligus dapat memperlancar produksi dan meningkatkan efisiensi kerja. Hasilnya biaya proses pengerolan menjadi lebih murah. Rol yang ketiga berfungsi menekan ujung pelat sampai pelat mengalami pembengkokan. Pada saat pelat tertekan oleh rol penekan, pelat bergerak linear searah putaran rol penjepit. Tekanan gaya rol penjepit ini harus lebih besar dari defleksi yang ditimbulkan akibat penekanan pelat tersebut.

◆ Tipe Piramide

Mesin rol tipe piramide mempunyai susunan rol membentuk piramide atau segitiga. Jumlah rol pada mesin rol tipe piramide ini berjumlah tiga buah. Dua rol bagian bawah berfungsi menahan pelat yang akan di rol. Rol bagian atas berfungsi menekan pelat sampai pelat mengalami perubahan bentuk menjadi melengkung. Kelengkungan akibat penurunan rol atas ini selanjutnya diteruskan pada bagian sisi pelat yang lain sambil mengikuti putaran ketiga rol tersebut. Dua Rol bagian bawah berputar searah dimana posisi garis singgung bagian sisi atas rol merupakan arah gerakan pelat yang mengalami proses pengerolan ini. Rol bagian atas berputar berlawanan arah dari gerakan kedua rol bawah. Kedua Rol bagian bawah merupakan sumber putaran. Putaran rol ini dapat diperoleh dengan memutar tuas rol yang berhubungan langsung dengan gigi pemutar mesin rol. Mesin rol tipe ini juga ada yang menggunakan motor listrik sebagai sumber tenaga untuk melakukan proses pengerolan. Rol bagian atas biasanya dapat dengan mudah dibongkar dan dipasang kembali. Hal ini sama fungsinya dengan rol tipe jepit. Pelat yang sudah di rol dapat dengan mudah dikeluarkan dari mesin mesin rol.

◆ Tipe Kombinasi Jepit dan Piramide

Mesin rol kombinasi tipe jepit dan piramide ini terdiri dari 4 rol (Lihat Gambar.9.61). Dua buah rol berada di tengah yang berfungsi menjepit pelat dan sekaligus mendorong pelat ke arah rol penekan. Rol penekan dan pengarah pada bagian depan dan belakang masing-masing dapat diatur sesuai dengan ketinggian kedudukan rol. Rol penggerak utama berada di bagian bawah. Rol ini tidak dapat diatur atau tetap pada kondisinya. Tetapi rol ini dapat dibuka dan dipasang kembali. Sistem buka pasang ini merupakan sistem kerja mesin rol yang berfungsi untuk menurunkan pelat yang sudah berbentuk silinder keluar. Rol penjepit bagian atas dapat diatur turun naiknya.

Turun naiknya rol penjepit ini disesuaikan dengan ketebalan pelat yang akan dibentuk. Sistem pengerolan dengan susunan rol kombinasi jepit dan piramide ini mempunyai keuntungan jika dibandingkan dengan sistem lainnya, diantaranya adalah dapat melakukan proses pengerolan timbal balik. Kemampuan sistem susunan rol tipe ini biasanya digunakan untuk proses pengerolan pelat-pelat tebal dan panjang.

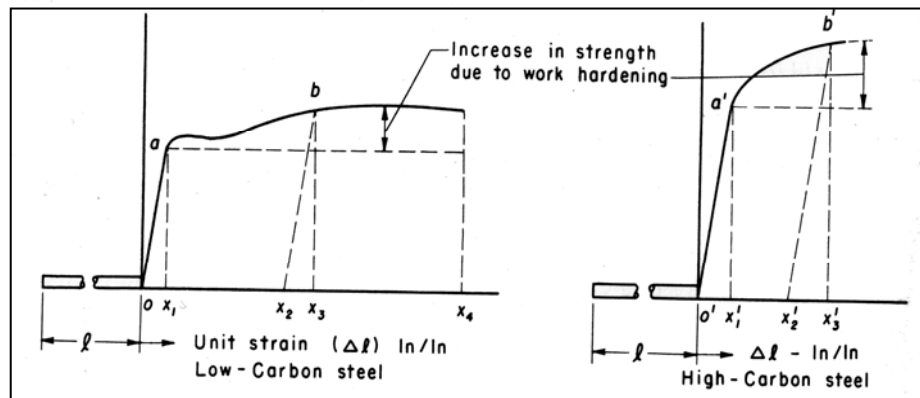
➤ **Distribusi gaya-gaya pada Pengerolan**

Gaya-gaya yang terjadi pada pengerolan ini dapat dilihat seperti pada gambar. Rol penekan memberikan gaya tekan pada pelat. Secara mekanika terjadi defleksi pada ujung sisi pelat yang tertekan. Arah gaya pembentuk berada pada garis singgung pertemuan rol penekan dengan pelat yang mengalami kelengkungan. Gaya putar tuas diteruskan ke rol penjepit. Selanjutnya gaya penjepit dari tuas ini mendorong pelat ke arah rol penekan.

➤ **Diagram Tegangan Regangan Berulang pada Proses Pengerolan**

Proses pengerolan biasanya dilakukan secara berulang-ulang. Aplikasi proses pengerolan berulang ini bertujuan untuk meringankan beban pengerolan. Pengerolan dengan sistem berulang ini akan memberikan pemerataan pembentukan pada seluruh bidang pelat yang mengalami proses pengerolan. Khususnya ujung-ujung sisi pelat yang bersentuhan dengan rol pembentuk.

Diagram Tegangan Regangan di bawah memperlihatkan baja karbon rendah yang menjadi bahan dasar pelat lembaran ini memiliki regangan yang besar jika dibandingkan dengan baja carbon tinggi. Regangan ini dapat di putus-putus dengan pengulangan sistem pengerolan.



Gambar.9.60 Grafik Tegangan Regangan Baja Carbon Rendah dan Baja Karbon Tinggi (Dieter, 1986)

➤ **Karakteristik**

◆ **Pengerolan silinder**

Pengerolan silinder adalah pengerolan yang menghasilkan bentuk silinder atau tabung dengan kelengkungan tersendiri.

◆ **Pengerolan kerucut**

Pengerolan kerucut merupakan hasil pengerolan bentuk-bentuk krucut. Bentuk kerucut ini dihasil dari mesin rol kerucut. Bentuk kerucut ini juga dapat dihasilkan dari pengerolan biasa dengan teknik-teknik tertentu.

- ◆ Peralatan yang digunakan, alat bantu, alat utama
Alat-alat bantu mesin pengerolan ini meliputi: unit mesin rol yang terdiri dari. Rol utama, tuas pemutar, tuas penjepit, tuas penekan dan sebagainya.

➤ **Teknik dan prosedur yang dilakukan dalam proses pengerolan ini mengikuti langkah-langkah berikut:**

- Posisi rol seluruhnya harus pada kondisi sejajar terhadap rol penjepit sebagai acuan.
- Longgarkan antara rol penjepit.
- Aturlah tinggi rol penekan pada posisi mendatar pelat, beri celah antara rol penjepit untuk memudahkan masuknya pelat .
- Turunkan rol penjepit secara bersamaan
- Naikkan rol penekan secara bertahap untuk meringankan putaran tuas pengerolan
- Pengerolan sebaiknya dilakukan secara bertahan sampai seluruh sisi pelat mengalami proses pengerolan.

➤ **Mesin Rol**



Gambar 9.61 Mesin Rol Kombinasi Tipe Jepit dan Piramide

Gambar bentangan rol dapat dihitung berdasarkan diameter dan tebal pleat. Untuk menghitung panjang bentangan silinder ini dapat digunakan persamaan matematis yang dengan menghitung keliling lingkaran dari silinder yang terbentuk. Diameter yang dihitung berdasarkan Diameter bagian dalam atau inside diameter ditambah tebal pelat. Pertimbangan lain yang harus diperhatikan dalam menghitung panjang bentangan pelat ini dapat ditambahkan metoda penyambungan silinder yang akan digunakan.

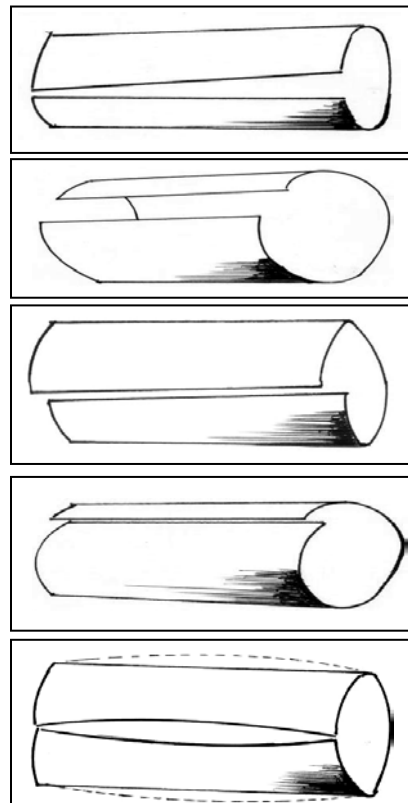
Bentangan untuk silinder (L) = $\pi \times (D + t.\text{pelat})$ + Metoda Sambungan.

➤ **Keuntungan**

- Menghasilkan radius pembentukkan yang menyeluruh
- Proses kerja pengerolan sederhana sehingga biaya yang dibutuhkan relatif lebih murah.
- Dapat mengerol berbagai bentuk silinder kecil maupun yang besar.
- Tenaga pengerolan lebih ringan karena dapat dilakukan secara berulang-ulang
- Mampu mengerol kerucut secara bertahap
- Hasil pengerolan merata diseluruh lembaran pelat dan kondisi pelat yang terbentuk tanpa cacat.

➤ **Kesalahan dalam pembentukan**

- Posisi Rol Pembentuk tidak Sejajar
- Penekanan Rol Pembentuk Berlebih
- Penekanan Rol Pembentuk Kurang
- Posisi Pelat yang masuk Miring
- Pelat mengalami deformasi arah melintang



Gambar 9.62 Macam-macam Kesalahan pada Proses Pengerolan

➤ **Finishing Proses Pengerolan**

Finishing proses pengerolan dilakukan dengan berbagai cara. Pengerolan pelat dilakukan untuk menghasilkan bentuk-bentuk silinder sesuai dengan bentuk yang dikehendaki. Proses selanjutnya setelah pelat di rol dilakukan proses penyambungan pelat yang sudah terbentuk kelengkungannya.

Penyambungan ini sangat tergantung dari besar kecilnya silinder yang diinginkan. Finishing proses pengerolan ini menggunakan proses pengecatan pada bagian dinding yang sudah menjadi silinder atau tabung-tabung. Pengecat ini berfungsi untukantisipasi proses pengkaratan pada dinding tabung atau silinder.

➤ **Aplikasi**

Aplikasi penggunaan dari produksi pengerolan ini sangat banyak terutama dalam pembuatan tangki-tangki besar untuk tempat penyimpanan berbagai macam cairan. Bahkan untuk pembuatan boiler bertekanan tinggi juga dapat dihasilkan dari proses pengerolan ini.

Pada gambar berikut ini diperlihatkan hasil pengerolan di Industri yang ada di industri. Tangki-tangki yang ada umumnya digunakan sebagai tempat penyimpanan cairan, baik berupa minyak maupun air, atau bahan kimia.



Gambar. 9.63 Aplikasi proses pengerolan yang ada di Industri

9.9. Proses Stretching (peregangan)

Stretching pada dasarnya merupakan proses pembentukan Rentang yakni proses pembentukan gaya tarik utama sehingga bahan tertarik pada peralatan atau blok pembentukan. Prosesnya merupakan perkembangan proses pelurusan rentang lembaran-lembaran yang di

gulung. Pembentukan rentang banyak digunakan pada industri pesawat terbang untuk menghasilkan lengkungan-lengkungan dengan jari-jari lengkung besar, seringkali lengkungan ganda. pada proses ini balikan pegas berkurang sekali, karena gradien tegangan relatif seragam. di lain pihak, karena tegangan tarik dominan, maka proses ini deformasi yang besar hanya terjadi pada bahan yang sangat ulet.

Peralatan pembentukan rentang pada dasarnya terdiri atas cakram pengendali hidrolik (biasanya vertikal) yang menggerakkan penumbuk atau 2 buah penjepit untuk mencengkram ujung lembaran. pada pembentukan proses sedemikian hingga gaya-gaya selalu segaris dengan pinggiran lembaran tidak ditumpu, atau lembaran tetap, sehingga diperlukan jari-jari yang besar untuk mencegah terjadinya sobekan pada lembaran yang terjepit dalam menggunakan mesin pembentuk rentang bahan lembaran logam mula-mula dilengkungkan atau ditaruh pada blok pembentuk dengan tegangan tarik yang relatif kecil kemudian di jepit dan beban tarik ditingkatkan dan terjadi deformasi plastik hingga diperoleh bentuk akhir perbedaan dengan pembentukan selubung adalah pada kelambatan proses penembukan yang mula-mula di cengkram, kemudian masih dalam keadaan lurus dibebani hingga batas elastik sebelum diselungkan mengelilingi blok pembentuk.

Perentangan pada umumnya merupakan bagian dari proses pembentukan lembaran. sebagai contoh, pada pembentukan mangkuk dengan dasar berbentuk belahan bola, lembaran direntangkan diatas permukaan pons berbagai penekanan untuk ujung-ujung pelat ditahan pada sisi cekam dan selanjut ujung berikutnya dilakukan penarikan mengikuti bentuk kelengkungan yang diinginkan. Kelengkungan yang dapat dikerjakan dengan proses stretching ini adalah bentuk lengkungan cembung.

Pelat strip yang ditarik . diketahui bahwa batas deformasi seragam terjadi pada regangan yang sama dengan eksponen pengerasan regangan pada tarikan dwi sumbu penyempitan setempat yang terjadi pada percobaan tarik biasa dapat dihindarkan jika $\sigma^2 / \sigma^1 > 1/2$. pada bahan terjadi penyempitan setempat difusi yang tidak mudah dilihat dengan mata . akhirnya pada perentangan lembaran tipis ketiastabilan plastik akan terjadi dalam bentuk penyempitan setempat yang sempit. akan ada sumbu dengan regangan = 0 pada sudut Φ terhadap sumbu deformasi.

Regangan normal ϵ^2 harus nol, jika tidak maka bahan yang berdekatan dengan pinggiran pita akan terdeformasi , kemudian pita akan menyebar di sepanjang X^2 dan pita akan berkembang menjadi penyempit difusi. dapat dilihat bahwa $\Phi \approx \pm 55^\circ$ untuk bahan isotronik pada beban tarik murni. kriteria untuk penyempitan setempat yang

ditunjukkan dalam bagian 8-3 menjadi yang dari kenyataan bahwa penurunan luas akibat pada penyempitan lokal kurang cepat dari penyempitan difusi. untuk pengerasan regang yang mengikuti hukum pangkat, terlihat bahwa untuk penyempitan setempat difusi $\epsilon_v = n$. tetapi penyempitan setempat . makin besar penurunan tebal pada bengkokan.

Sesuai teori pembengkokan, regangan bertambah besar turunnya jari-jari lengkung. Jika perubahan tebal diabaikan. Sumbu netral tetap berada di bagian tengah dan perentangan melingkar pada permukaan atas E a akan sama dengan pengkerutan pada permukaan bahwa regangan konvesional pada serat luar dan serat dalam diberikan oleh:

$$E a = E h = \frac{1}{(2R / h) + 1} \text{ (Dieter, 1986)}$$

Percobaan menunjukkan bahwa regangan melingkar pada permukaan tarik lebih besar dari yang diberikan oleh persamaan (20-2). Untuk nilai h / R yang besar pada permukaan tekanan tidak jauh berbeda dengan hasil persamaan tersebut.

Untuk pekerjaan pembengkokan tertentu, jari-jari bengkokan tidak padat lebih kecil dari nilai tertentu, karena logam akan mengalami retak di permukaan luar. Jari-jari bengkokan minimum biasanya dinyatakan sebagai kelipatan tebal lembaran. Jadi jari-jari bengkokan 3T menyatakan bahwa logam dapat dibengkokan tanpa terjadi retakan dengan jari-jari bengkokan 3 kali tebalnya. Oleh karena itu, jari-jari bengkokan minimum merupakan batas pembentukan. Nilai jari-jari minimum pembengkokan tergantung pada jenis logam dan bertambah besar apabila logam mengalami pengerjaan dingin. Walaupun beberapa logam yang dapat ulet mempunyai jari-jari lengkungan minimum = nol, yang berarti bahwa logam ini dapat dilipat rata, biasanya digunakan jari-jari bengkokan lebih besar dari $\frac{1}{32}$ in untuk mencengah terjadinya kerusakan pada pons dan cetakan. Untuk lembaran logam berkekuatan tinggi, jari-jari bengkokan minimal adalah 5T atau lebih. Jari-jari bengkokan minimum bukan parameter bahan belaka karena nilainya tergantung antara lain pada geometri bengkokan.

Jari-jari bengkokan minimum untuk tebal lembaran tertentu dapat diprediksi dengan cukup teliti dari pengurangan luas yang diukur pada uji q . jika q lebih kecil dari 0,2, maka pergeseran pada sumbu netral dapat diabaikan dan R min diberikan oleh persamaan:

$$\frac{R \text{ min}}{H} = \frac{1}{2q} - 1 \text{ untuk } q < 0,2 \text{ (Dieter, 1986)}$$

Bila q lebih besar dari 0,2 maka pergeseran pada sumbu netral harus diperhitungkan dan jari-jari bengkokan minimum dinyatakan sebagai:

$$\frac{R_{\min}}{h} = \frac{(1 - q)^2}{2q - q^2} \text{ untuk } q > 0,2 \text{ (Dieter, 1986)}$$

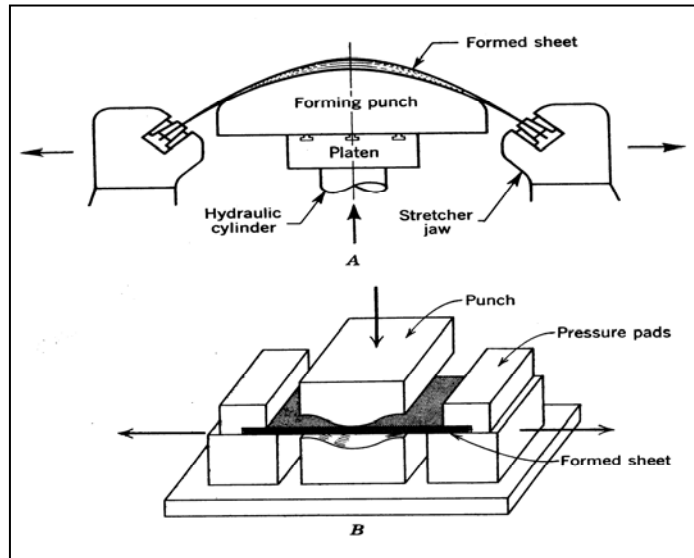
Keuletan serat-serat luar pada bengkokan merupakan fungsi dari keadaan tegangan yang bekerja pada permukaan. terjadi kondisi tegangan dwi sumbu akan menurunkan keuletan logam. perbandingan Q^2 / Q^1 , tegangan melintang terhadap tegangan melingkar akan bertambah besar dengan bertambahnya perbandingan lebar terhadap tebal, b / h . Menunjukkan bahwa untuk nilai b / h yang rendah ke dua sumbu juga rendah, karena keadaan tegangan praktis bersifat tarik murni, tetapi sejalan dengan bertambahnya lebar (relatif terhadap tebal) perbandingan Q^2 / Q^1 meningkat hingga pada $b / h = k$ e dua sumbu mencapai nilai jenuh, sebesar $\frac{1}{2}$ regangan yang mengakibatkan patah pada bengkokan bergantung terbalik dengan perbandingan antara lebar-lebar. Pada pembengkokan dengan perbandingan lebar-tebal yang tinggi retak terjadi di dekat pertengahan lembaran,

- **Karakteristik Proses Stretching**

Proses stretching mempunyai karakteristik sendiri dimana ciri yang paling menonjol pada proses ini bentuk komponen pelat yang di proses relatif besar. Bentuk kelengkungan yang di kerjakan umumnya berbentuk cembung besar.

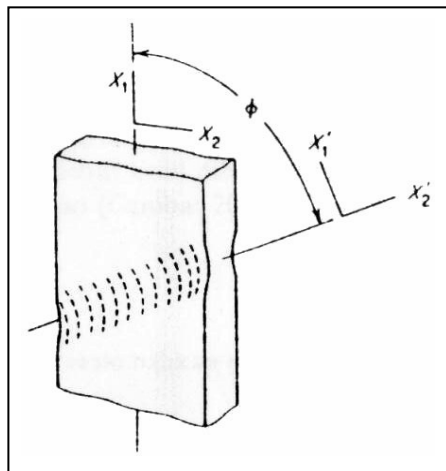
- **Peralatan yang digunakan pada proses stretching**

Alat-alat yang digunakan pada proses stretching ini meliputi dies sebagai landasan pembentukan yang diinginkan terbuat dari bahan plastik campuran. Dies atau cetakan pada proses ini mempunyai bentuk yang diatur sesuai dengan bentuk kelengkungan yang diinginkan. Klem penahan dan klem penarik. Klem penahan ini selalu pada tempatnya (tidak bergerak) klem penarik dihubungkan dengan conector penarik sejajar dengan bentuk lengkungan yang diinginkan.



Gambar. 9.64. Proses peregangan
(Dieter, 1986)

Pelat dijepit pada ujung-ujungnya, dies bergerak sejalan dengan blok pembentuk. Penekan yang digunakan adalah penekanan secara hidrolik sehingga proses pengontrolan gerakan blok ini dapat dengan mudah dikontrol. Gerakan blok ini bergerak secara bertahap. Biasanya apabila bentuk countur ini mempunyai profil yang tak tentu maka dapat dibantu dengan proses pembentukan dengan palu secara manual.



Gambar. 9.65 Efek peregangan

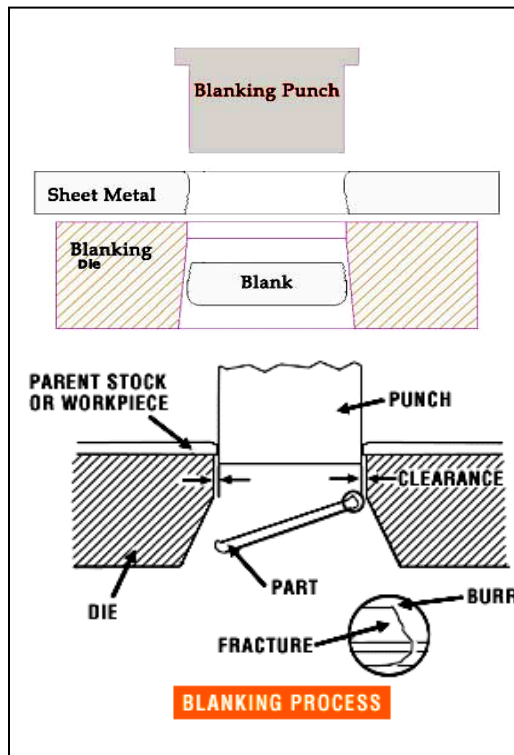
Kapasitas pembentukan dengan stretching ini mempunyai keunggulan terhadap bidang pelat yang di-kerjakan relatif lebih besar dari proses pembentukan lainnya.

Beberapa kelemahan sering terjadi pada proses ini diantaranya adalah terjadi penyempitan akibat tarik-an (lihat gambar 9.65).

9.10. Proses Blanking

➤ Definisi

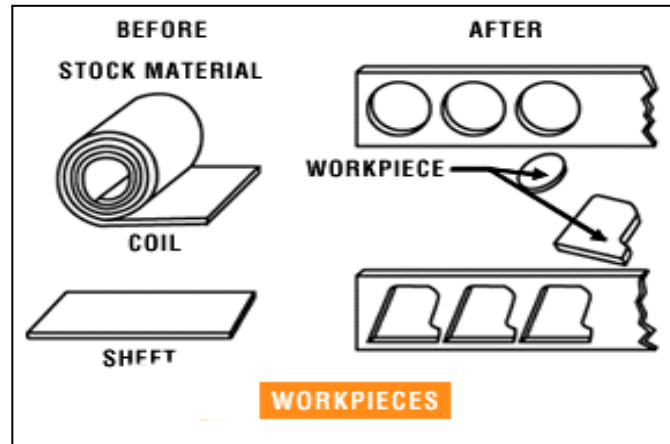
Proses penekanan atau blanking ini didasarkan pada proses pengguntingan. Pengguntingan kontur tertutup, dimana logam didalam kontur adalah bagian yang diinginkan, dinamakan penebukan. Jika logam didalam kontur dibuang, maka pekerjaan yang dilakukan dinamakan pelubangan dan penusukan. Pembuatan lekukan ke pinggir lembaran dinamakan penakikan (notching). Pemisahan (parting) adalah pemotongan secara simultan setidaknya-tidaknya pada 2 jalur. Pembelahan adalah pengguntingan tanpa ada bagian logam yang dihilangkan. Pemangkasan (triming) adalah pekerjaan sekundeir untuk menepatkan ukuran produk proses sebelumnya, biasanya akibat kelebihan potongan logam. Penghilangan sirip tempa merupakan suatu proses pemangkasan. Apabila pinggir potongan dipangkas atau ditajamkan dengan menghilangkan bagian-bagian tipis, maka pekerjaan ini dinamakan penyerutan (shaving).



Gambar. 9.66. Proses Blanking untuk Penembukan Pelat
(www.advantagefabricatedmetals.com)

Penembukan halus adalah proses dimana dibuat benda-benda kecil seperti roda gigi, kam dan lever yang halus dan persegi. Untuk dapat menghasilkan produk seperti ini lembaran logam dijepit untuk mencegah distorsi dan logam digunting dengan celah sebesar 1% dengan kecepatan rendah. Biasanya operasi ini dilakukan pada mesin pres langkah-tiga sehingga pergerakan pons, cincin penekan dan cetakan dapat dikendalikan secara terpisah.

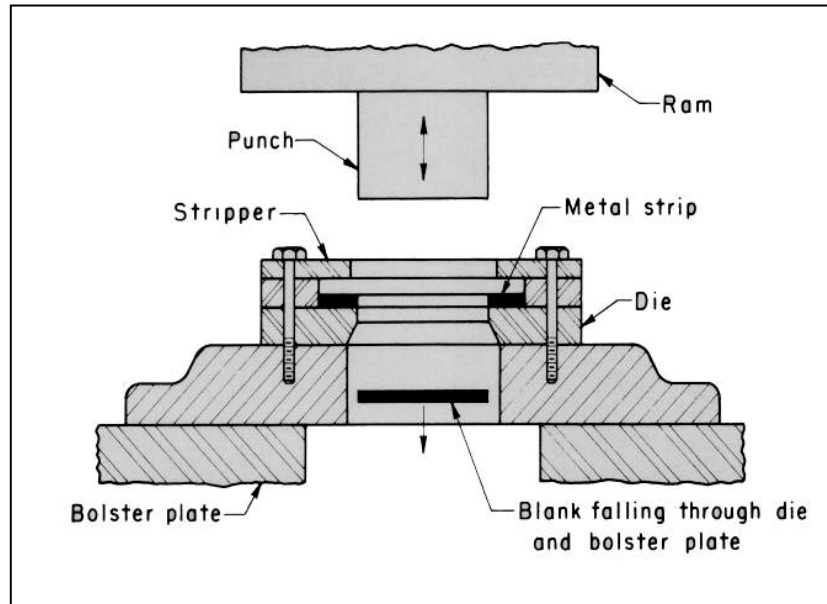
➤ Proses Blanking



Gambar 9.67. Proses Blanking pelat menjadi Bentuk bulat dan persegi tak tentu
(www.advantagefabricatedmetals.com)

Blanking atau penembukan pada prinsipnya adalah proses penguntingan pelat dengan gaya geser antara *punch* dan *dies*. Pelat diletakkan diantara *punch* dan *dies*. Posisi *dies* di bawah dan tetap sementara *punch* terletak pada bagian atas dan bergerak ke bawah pemotong bagian pelat sesuai dengan bentuk *punch* yang ada. Pelat yang diletakan di atas dies ini dijepit dengan *stopper*. *Stopper* ini berfungsi menekan pelat agar pada saat penekanan dengan *punch* ini tidak terjadi pergeseran yang menyebabkan bahan pelat menjadi keriput. *Dies* dan *punch* merupakan komponen utama pada proses *blanking* ini. Bentuk dan *dies* disesuaikan dengan bentuk-bentuk komponen dari bahan pelat yang diinginkan. Antara *dies* dan *punch* mempunyai kelonggaran (*clearance*). Kelonggaran ini disesuaikan dengan tebal bahan dan jenis dari bahan pelat yang akan di blanking.

Proses *blanking* dapat dilakukan sekaligus dengan menggunakan beberapa dies dan punch sekali jalan contoh proses blanking ini dapat dilihat pada gambar. Pada gambar terlihat proses *blanking* dalam pembuatan ring pelat untuk baut dan mur.

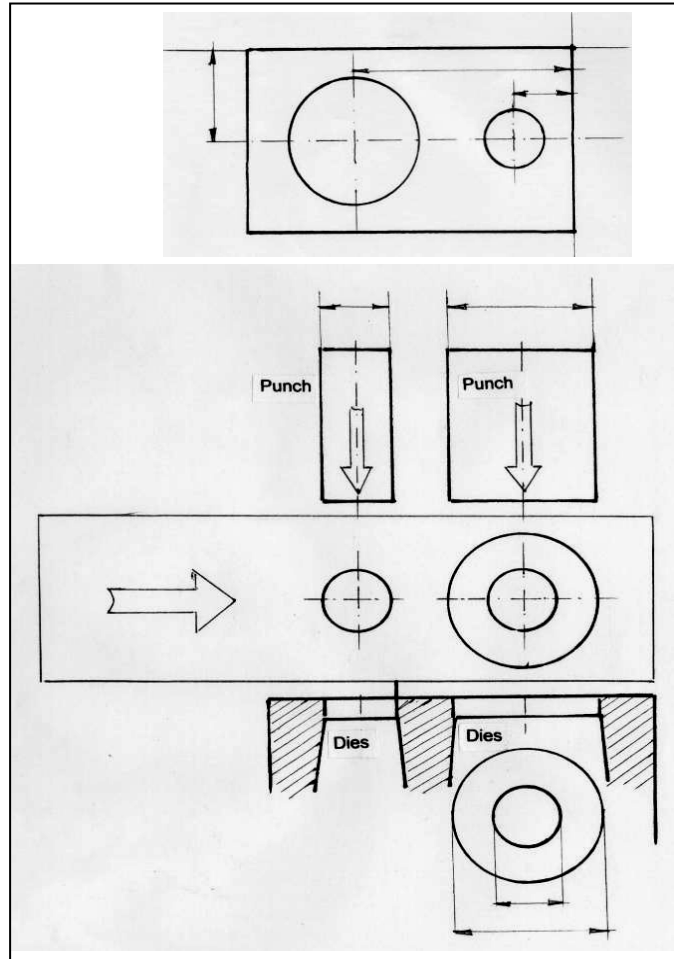


Gambar 9.68. Peletakan benda kerja pada Proses Blanking (www.suwaprecision.com)

Pembuatan ring pelat ini dilakukan dengan proses penekanan secara terus menerus, dimana bahan pelat yang menjadi bahan baku ring ini di potong arah memanjang. Pelat digerakkan secara lurus sambil mengikuti langkah turunnya *punch* menekan dan melobangi pelat.

Punch terdiri dari dua yakni *punch* lobang dan *punch* cincin. Kedua *punch* ini berbentuk lingkaran pejal. Dies yang berada di bawah juga terdiri dari dua lobang sesuai dengan *punch* yang ada. *Punch* kecil dan besar bergerak secara bersamaan menekan pelat. Posisi *punch* kecil berada didepan *punch* yang besar. Pelat bergerak kesamping sesuai dengan pergesaran dari diameter ring yang akan dihasilkan. Pada gambar terlihat *punch* (kecil) pertama melobangi pelat terlebih dahulu selanjutnya pelat bergeser sejauh ukuran lingkaran luar. Langkah kedua *punch* besar melobangi pelat sehingga palt yang dihasilkan sudah membentuk ring.

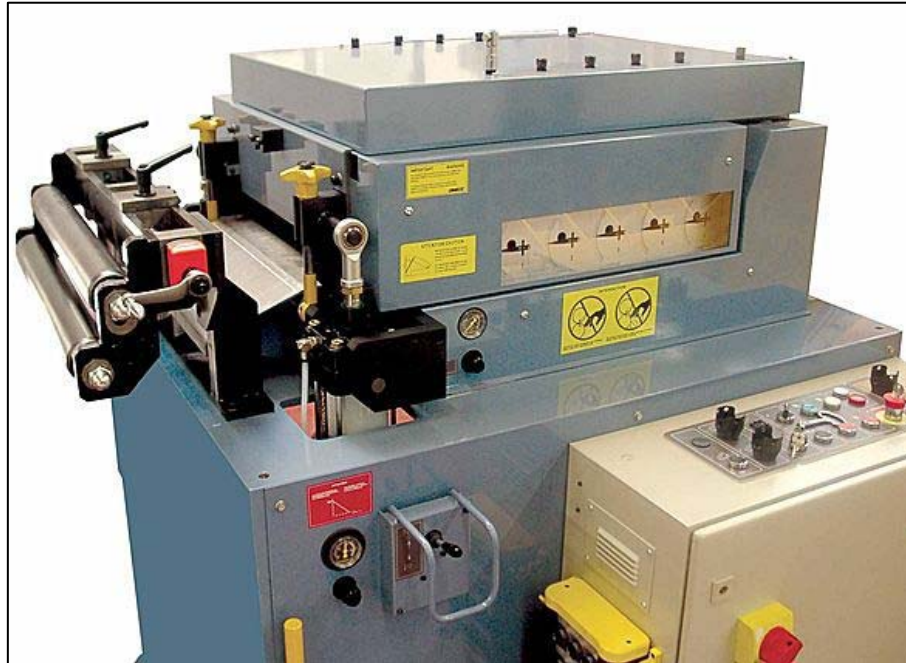
Proses ini digabung sekaligus. Antara *punch* kecil dan besar *bergerak* secara bersamaan tetapi pada saat terjadi pemotongan di *punch* besar bahan pelat sudah terlebih dahulu di lobangi oleh *punch* yang kecil. Selanjutnya pelat bergerak kesamping secara terus menerus mengikuti pergerakan naik turunnya *punch*. Proses ini berlanjut sampai bahan lembaran pelat ini menyentuh ujung *punch* dan penahan pelat yang ada pada mesin *blaking* ini.



Gambar 9.69. Proses *Blanking* untuk pembuatan Ring Pelat

➤ **Karakteristik**

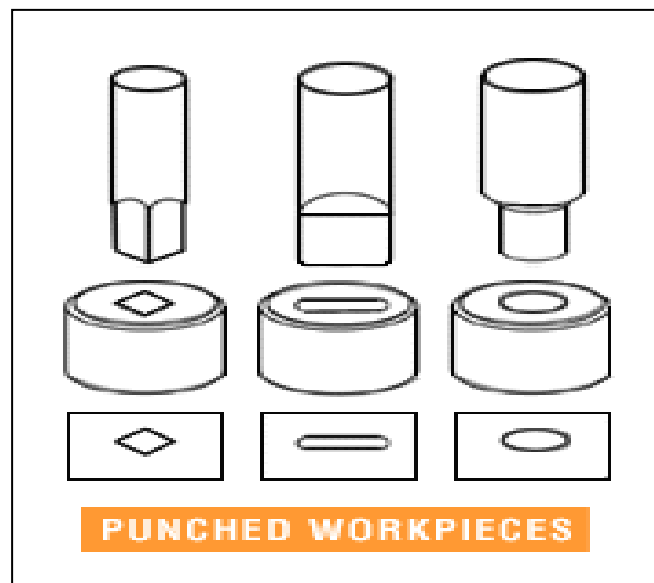
Proses *blanking* ini mempunyai karakteristik pembentukan terutama terhadap hasilnya. Bentuk yang dihasilkan dari proses ini relatif mempunyai dimensi yang sama dengan tingkat ketelitian yang baik. Untuk proses pembuatan komponen dalam jumlah besar sangat baik dilakukan dengan proses *blanking*. Bentuk komponen yang dihasilkan dari bahan pelat ini berbentuk rata. Tanpa adanya bagian pelat yang mengalami proses penarikan maupun pengkerutan pada bagian pelat. Proses ini dapat di atur kecepatan proses produksinya dengan menambah dies dan punch yang bergerak secara bersamaan. Pergerakan *punch* ini diatur dan ditambah tekanan sesuai dengan jumlah *punch* untuk proses produksi.



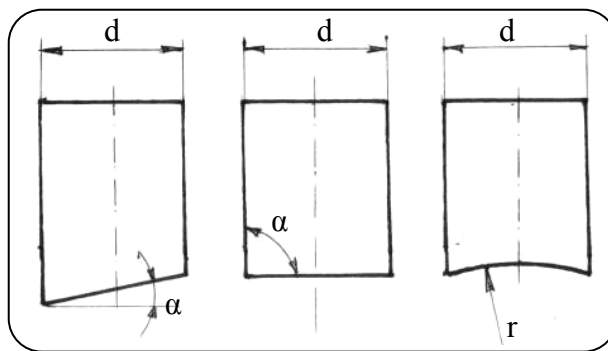
Gambar 9.70. Mesin *Blanking* Pelat

➤ Peralatan yang digunakan, alat bantu, alat utama, cetakan

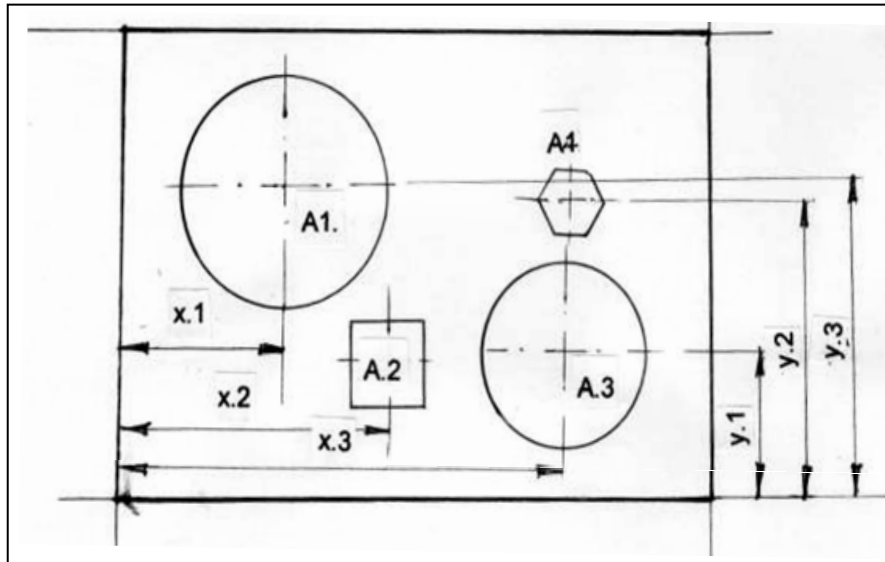
◆ Bentuk *Punch* dan *Dies*



Gambar 9.71. *Punch* dan *Dies*
(www.suwaprecision.com)

Gambar 9.72. Bentuk *Punch*

Proses *blanking* ditentukan oleh gaya tekan yang terjadi pada *punch*. Sumber utama penekanan adalah *double acting cylinder hidrolik*. Silinder ini turun menekan *punch* terpusat pada satu titik berat. Titik berat dari susunan *punch* ada harus tepat di *centre of gravity* dari alat *punch* yang akan turun, apabila ini tidak terpusat maka kemungkinan turunnya *punch* menekan pelat pada diesakan miring. Pendekatan secara matematis dapat diterapkan pada proses ini dengan menghitung luasan profil yang akan di *blanking* dibagi dengan jarak terhadap sumbu x dan sumbu y.

Gambar. 9.73. Menentukan Titik Berat *Punch*

➤ **Aplikasi Proses *Blanking***

Aplikasi penggunaan hasil proses *blaking* untuk pembuatan berbagai macam komponen yang terbuat dari bahan pelat lembaran. Pada gambar disamping terlihat bentuk profil simetris dengan variasi lengkung dan lurus. Profil ini menyesuaikan bentuk *punch* dan *dies*. . *Punch* mempunyai ukuran yang lebih kecil dari *dies* dan hal ini diatur sesuai ketebalan pelat dan jenis bahan yang dikerjakan. Pada gambar di bawah lebih dominan berbentuk ring pelat bulat.

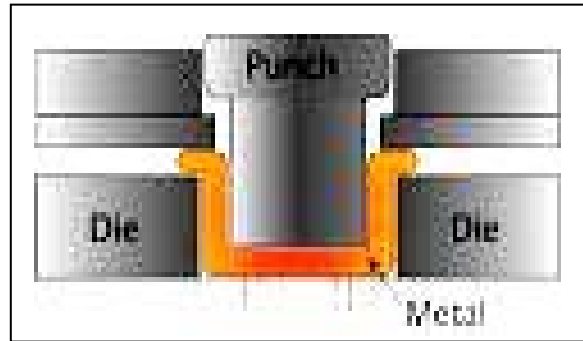


Gambar. 9.74 Aplikasi Penggunaan Hasil Proses Blanking

9.11. Proses *Deep Drawing*

➤ **Definisi *Drawing***

Deep Drawing merupakan proses penarikan dalam atau biasa disebut *drawing* adalah salah satu jenis proses pembentukan logam, dimana bentuk pada umumnya berupa silinder dan selalu mempunyai kedalaman tertentu. Bahan yang digunakan untuk proses pembentukan *deep drawing* ini berbentuk lembaran pelat. Bentuk lembaran pelat yang dikerjakan ini disesuaikan dengan bentuk bentangan profil benda yang diinginkan. Menurut defiisi menurut P.CO Sharma seorang professor *production technology drawing* adalah Proses *drawing* adalah proses pembentukan logam dari lembaran logam ke dalam bentuk tabung (*hallow shape*).

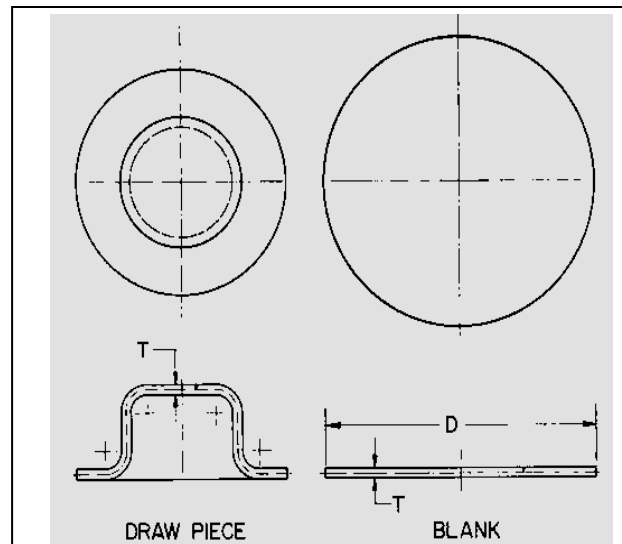


Gambar 9.75. Proses *Drawing*
(www.substech.com)

◆ **Deep Drawing dan Drawing**

Deep *drawing* dan *drawing* pada intinya merupakan satu jenis proses produksi namun terdapat beberapa ahli yang membedakan dengan indeks ketinggian, proses *deep drawing* mempunyai indeks ketinggian yang lebih besar dibandingkan dengan *drawing*.

Selain itu terdapat proses produksi yang berbeda dengan proses *drawing* tetapi juga diberi istilah *drawing*, proses tersebut berupa penarikan, seperti pada pembuatan beberapa jenis bentuk kawat, untuk membedakan kedua proses tersebut (penarikan dan pembuatan bentuk silinder) beberapa ahli memberikan istilah yang lebih khusus. Yaitu **rod drawing** atau **wire drawing** untuk proses pembentukan kawat.



Gambar 9.76 : Blank dan draw piece

Bahan dasar dari proses *drawing* adalah lembaran logam (*sheet metal*) yang disebut dengan *blank*, sedangkan produk dari hasil proses *drawing* disebut dengan *draw piece*

➤ **Proses Drawing**

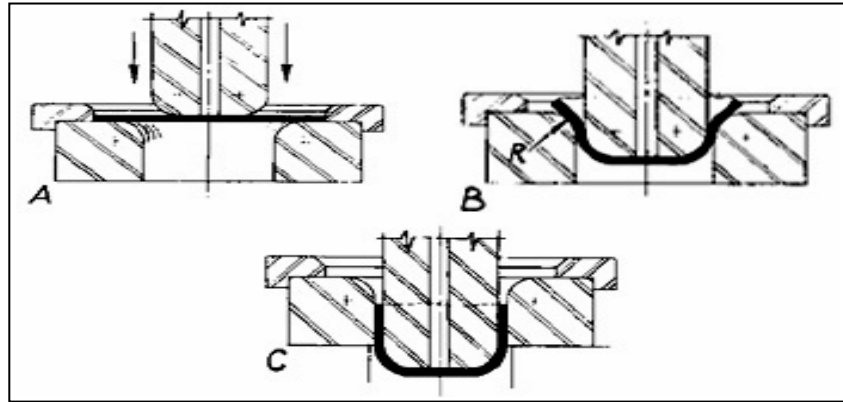
Proses *drawing* dilakukan dengan menekan material benda kerja yang berupa lembaran logam yang disebut dengan *blank* sehingga terjadi peregangan mengikuti bentuk *dies*, bentuk akhir ditentukan oleh *punch* sebagai penekan dan *die* sebagai penahan benda kerja saat di tekan oleh *punch*. pengertian dari *sheet metal* adalah lembaran logam dengan ketebalan maksimal 6 mm, lembaran logam (*sheet metal*) di pasaran dijual dalam bentuk lembaran dan gulungan. Terdapat berbagai tipe dari lembaran logam yang digunakan, pemilihan dari jenis lembaran tersebut tergantung dari :

- *Strain rate* yang diperlukan
- Benda yang akan dibuat
- Material yang diinginkan
- Ketebalan benda yang akan dibuat
- Kedalaman benda



Gambar. 9.77 Mesin Deep Drawing

Pada umumnya berbebagai jenis material logam dalam bentuk lembaran dapat digunakan untuk proses *drawing* seperti stainless stell, alumunium, tembaga, perak, emas, baja. Maupun titanium.



Gambar. 9.78 Proses *drawing*
(www.substech.com)

◆ **Kontak Awal**

Pada gambar 2.A, *punch* bergerak dari atas ke bawah, *blank* dipegang oleh *nest* agar tidak bergeser ke samping, kontak awal terjadi ketika bagian-bagian dari die set saling menyentuh lembaran logam (*blank*) saat kontak awal terjadi belum terjadi gaya-gaya dan gesekan dalam proses *drawing*.

◆ **Bending**

Selanjutnya lembaran logam mengalami proses *bending* seperti pada gambar 2. B, *punch* terus menekan kebawah sehingga posisi *punch* lebih dalam melebihi jari-jari (R) dari *die*, sedangkan posisi *die* tetap tidak bergerak ataupun berpindah tempat, kombinasi gaya tekan dari *punch* dan gaya penahan dari *die* menyebabkan material mengalami peregangan sepanjang jari-jari *die*, sedangkan daerah terluar dari *blank* mengalami kompresi arah radial. Bending merupakan proses pertama yang terjadi pada rangkaian pembentukan proses *drawing*, keberhasilan proses bending ditentukan oleh aliran material saat proses terjadi.

◆ **Straightening**

Saat *punch* sudah melewati radius *die*, gerakan *punch* ke bawah akan menghasilkan pelurusan sepanjang dinding *die* lembaran logam akan mengalami peregangan sepanjang dinding *die*. Dari proses pelurusan sepanjang dinding *die* diharapkan mampu menghasilkan bentuk silinder sesuai dengan bentuk *die* dan *punch*.

◆ **Compression**

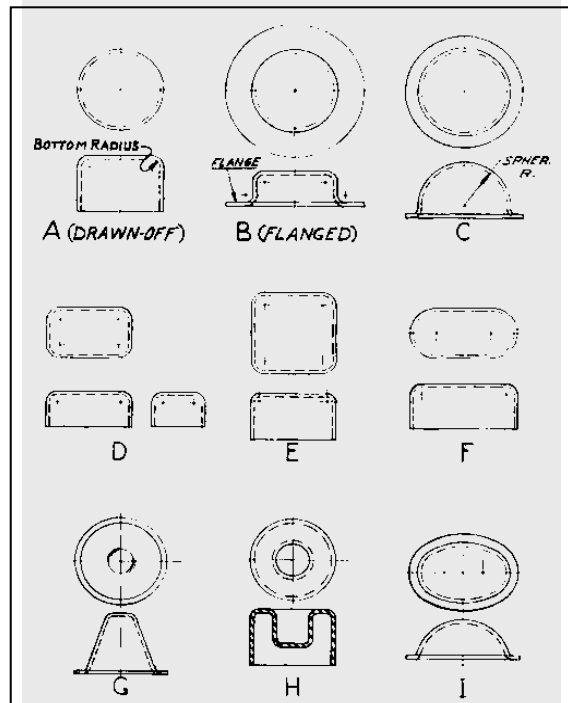
Proses *compression* terjadi ketika *punch* bergerak kebawah, akibatnya *blank* tertarik untuk mengikuti gerakan dari *punch*, daerah *blank* yang masih berada pada *blankholder* akan mengalami *compression* arah radial mengikuti bentuk dari *die*.

◆ **Tension**

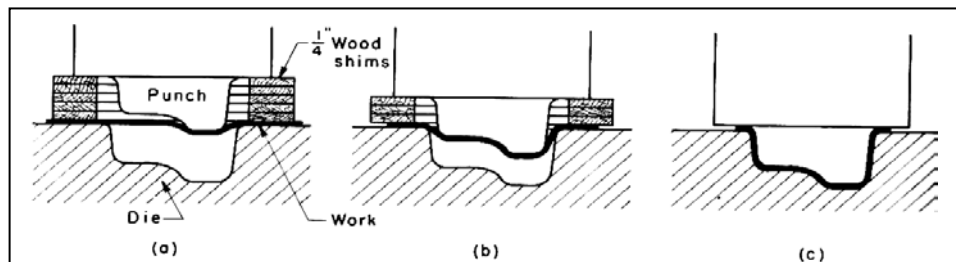
Tegangan tarik terbesar terjadi pada bagian bawah cup produk hasil *drawing*, bagian ini adalah bagian yang paling mudah mengalami cacat sobek (*tore*), pembentukan bagian bawah cup merupakan proses terakhir pada proses *drawing*.

➤ **Komponen Utama Die**

Proses *drawing* mempunyai karakteristik khusus dibandingkan dengan proses pembentukan logam lain, yaitu pada umumnya produk yang dihasilkan memiliki bentuk tabung yang mempunyai ketinggian tertentu, sehingga *die* yang digunakan dalam juga mempunyai bentuk khusus, proses pembentukan berarti adalah proses *non cutting* logam. Produk yang dihasilkan dari *drawing* bervariasi tergantung dari desain *die* dan *punch*, gambar 9.79 menunjukkan beberapa jenis produk (*draw piece*) hasil *drawing*.



Gambar 9.79. Beberapa macam bentuk *draw piece*

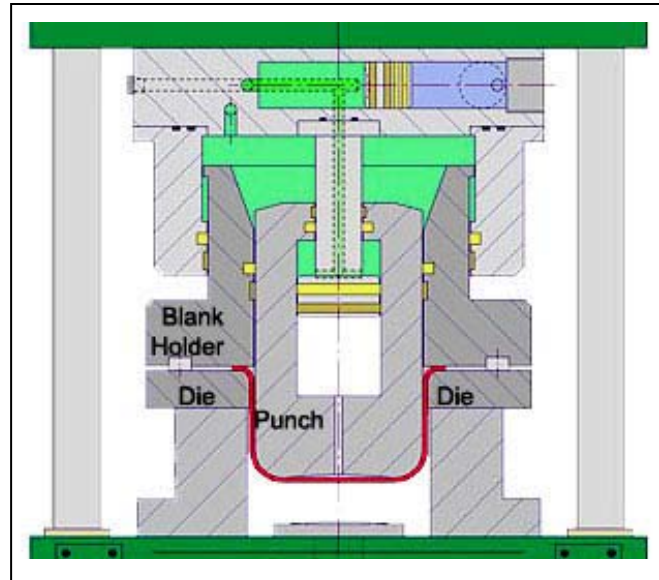


Gambar. 9.80. Langkah Proses Deep Drawing
(Lyman, 1968)

Pada satu unit *die set* terdapat komponen utama yaitu :

1. *Punch*
2. *Blankholder*
3. *Die*

Sedangkan komponen lainnya merupakan komponen tambahan tergantung dari jenis *die* yang dipakai. Bentuk dan posisi dari komponen utama tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9.81. Bagian Utama *Die Drawing*
(www.subtech.com)

◆ ***Blank holder***

Berfungsi memegang *blank* atau benda kerja berupa lembaran logam, pada gambar diatas *blankholder* berada diatas benda kerja, walaupun berfungsi untuk memegang benda kerja, benda kerja harus tetap dapat bergerak saat proses *drawing* dilakukan sebab saat proses *drawing* berlangsung benda kerja yang dijepit oleh *blank holder* akan bergerak ke arah pusat sesuai dengan bentuk dari *die drawing*. Sebagian jenis *blank holder* diganti dengan *nest* yang mempunyai fungsi hampir sama, bentuk *nest* berupa lingkaran yang terdapat lubang di dalamnya, lubang tersebut sebagai tempat peletakan dari benda kerja agar tidak bergeser ke samping.

◆ ***Punch***

Punch merupakan bagian yang bergerak ke bawah untuk meneruskan gaya dari sumber tenaga sehingga *blank* tertekan ke bawah, bentuk punch disesuaikan dengan bentuk akhir yang diinginkan dari proses *drawing*, letak punch pada

gambar berada di atas blank, posisi dari *punch* sebenarnya tidak selalu diatas tergantung dari jenis *die drawing* yang digunakan.

◆ **Die**

Merupakan komponen utama yang berperan dalam menentukan bentuk akhir dari benda kerja *drawing* (*draw piece*), bentuk dan ukuran *die* bervariasi sesuai dengan bentuk akhir yang diinginkan, konstruksi *die* harus mampu menahan gerakan, gaya geser serta gaya *punch*. Pada *die* terdapat radius tertentu yang berfungsi mempermudah reduksi benda saat proses berlangsung, lebih jauh lagi dengan adanya jari-jari diharapkan tidak terjadi sobek pada material yang akan di *drawing*.

➤ **Variabel Proses Drawing**

Variabel yang perlu diperhatikan ada beberapa hal dalam melakukan proses *drawing*, variabel yang mempengaruhi proses *drawing* antara lain :

◆ **Gesekan**

Saat proses *drawing* berlangsung gesekan terjadi antara permukaan *punch*, *dies drawing* dengan *blank*, gesekan akan mempengaruhi hasil dari produk yang dihasilkan sekaligus mempengaruhi besarnya gaya yang dibutuhkan untuk proses pembentukan *drawing*, semakin besar gaya gesek maka gaya untuk proses *drawing* juga meningkat, beberapa faktor yang mempengaruhi gesekan antara lain :

- **Pelumasan**
Proses pelumasan adalah salah satu cara mengontrol kondisi lapisan tribologi pada proses *drawing*, dengan pelumasan diharapkan mampu menurunkan koefisien gesek permukaan material yang bersinggungan.
- **Gaya Blank Holder**
Gaya *blank holder* yang tinggi akan meningkatkan gesekan yang terjadi, bila gaya *blank holder* terlalu tinggi dapat mengakibatkan aliran material tidak sempurna sehingga produk dapat mengalami cacat.
- **Kekasaran Permukaan Blank**
Kekasaran permukaan *blank* mempengaruhi besarnya gesekan yang terjadi, semakin kasar permukaan *blank* maka gesekan yang terjadi juga semakin besar. Hal ini disebabkan koefisien gesek yang terjadi semakin besar seiring dengan peningkatan kekasaran permukaan.
- **Kekasaran Permukaan punch, die dan blank holder**
Seperti halnya permukaan *blank* semakin kasar permukaan *punch*, *die* dan *blank holder* koefisien gesek

yang dihasilkan semakin besar sehingga gesekan yang terjadi juga semakin besar.

◆ **Bending dan straightening**

Pada proses *drawing* setelah *blank holder* dan *punch* menempel pada permukaan *blank* saat kondisi *blank* masih lurus selanjutnya terjadi proses pembengkokan material (*bending*) dan pelurusan *sheet* sepanjang sisi samping dalam *dies* (*straightening*). Variabel yang mempengaruhi proses ini adalah :

- **Radius Punch**
Radius *punch* disesuaikan dengan besarnya radius *die*, radius *punch* yang tajam akan memperbesar gaya bending yang dibutuhkan untuk proses *drawing*.
- **Radius Die**
Radius *die* disesuaikan dengan produk yang pada nantinya akan dihasilkan, radius *die* berpengaruh terhadap gaya pembentukan, bila besarnya radius *die* mendekati besarnya tebal lembaran logam maka gaya bending yang terjadi semakin kecil sebaliknya apabila besarnya radius *die* semakin meningkat maka gaya bending yang terjadi semakin besar.

◆ **Penekanan**

Proses penekanan terjadi setelah proses *straightening*, proses ini merupakan proses terakhir yang menentukan bentuk dari bagian bawah produk *drawing*, besarnya gaya tekan yang dilakukan dipengaruhi oleh :

- **Drawability**
Drawability adalah kemampuan bahan untuk dilakukan proses *drawing*, sedangkan nilainya ditentukan oleh *Limiting drawing ratio* (β_{maks}), batas maksimum β_{maks} adalah batas dimana bila material mengalami proses penarikan dan melebihi nilai limit akan terjadi cacat sobek (*cracking*).
- **Keuletan logam**
Semakin ulet lembaran logam *blank* semakin besar kemampuan *blank* untuk dibentuk ke dalam bentuk yang beranekaragam dan tidak mudah terjadi sobek pada saat proses penekanan, keuletan logam yang kecil mengakibatkan *blank* mudah sobek
- **Tegangan Maksimum material**
Material *blank* yang mempunyai tegangan maksimum besar mempunyai kekuatan menahan tegangan yang lebih besar sehingga produk tidak mudah mengalami cacat, material dengan tegangan maksimum kecil mudah cacat seperti sobek dan berkerut.

- **Ketebalan *Blank***
Ketebalan blank mempengaruhi besar dari gaya penekanan yang dibutuhkan, semakin tebal *blank* akan dibutuhkan gaya penekanan yang besar sebaliknya bila *blank* semakin tipis maka dibutuhkan gaya yang kecil untuk me-nekan *blank*.
- **Temperatur**
Dengan naiknya temperatur akan dibutuhkan gaya penekanan yang kecil hal ini disebabkan kondisi material yang ikatan butirannya semakin meregang sehingga material mu-dah untuk dilakukan deformasi.

◆ **Diameter *blank***

Diemeter *blank* tergantung dari bentuk produk yang akan dibuat, apabila material kurang dari kebutuhan dapat menyebabkan bentuk produk tidak sesuai dengan yang diinginkan, namun bila material *blank* terlalu berlebih dari kebutuhan dapat menyebabkan terjadinya cacat pada produk seperti kerutan pada pinggiran serta sobek pada daerah yang mengalami bending.

◆ **Kelonggaran**

Kelonggaran atau *cleaerence* adalah celah antara *punch* dan *die* untuk memudahkan gerakan lembaran logam saat proses *drawing* berlangsung. Untuk memudahkan gerakan lembaran logam pada waktu proses *drawing*, maka besar *clearence* tersebut 7 % - 20 % lebih besar dari tebal lembaran logam, bila celah *die* terlalu kecil atau kurang dari tebal lembaran logam, lembaran logam dapat mengalami penipisan (*ironing*) dan bila besar *clearence* melebihi toleransi 20% dapat mengakibatkan terjadinya kerutan.

◆ ***Strain Ratio***

Strain ratio adalah ketahanan lembaran logam untuk mengalami peregangan, bila lembaran memiliki perbandingan regangan yang tinggi maka kemungkinan terjadinya sobekan akan lebih kecil.

◆ **Kecepatan *Drawing***

Die drawing jenis *punch* berada diatas dengan *nest* dapat diberi kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan jenis *die* yang menggunakan *blank holder*, kecepatan yang tidak sesuai dapat menyebabkan retak bahkan sobek pada material, masing-masing jenis material mempunyai karakteristik berbeda sehingga kecepatan maksimal masing-masing material juga berbeda. Tabel berikut adalah

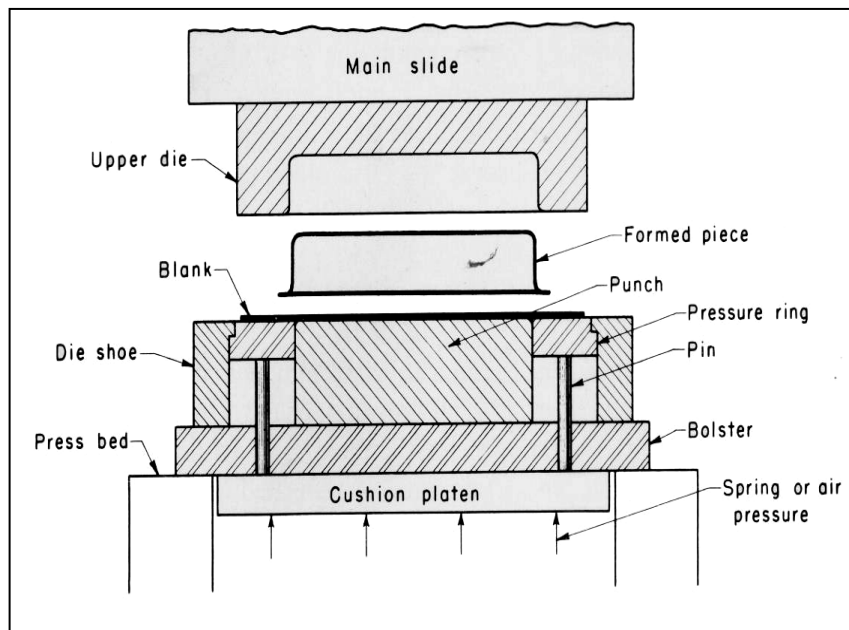
kecepatan maksimal beberapa jenis material yang biasa digunakan untuk *sheet metal* drawing.

Tabel 9.2 : Jenis material dan kecepatan maksimal *draw dies*

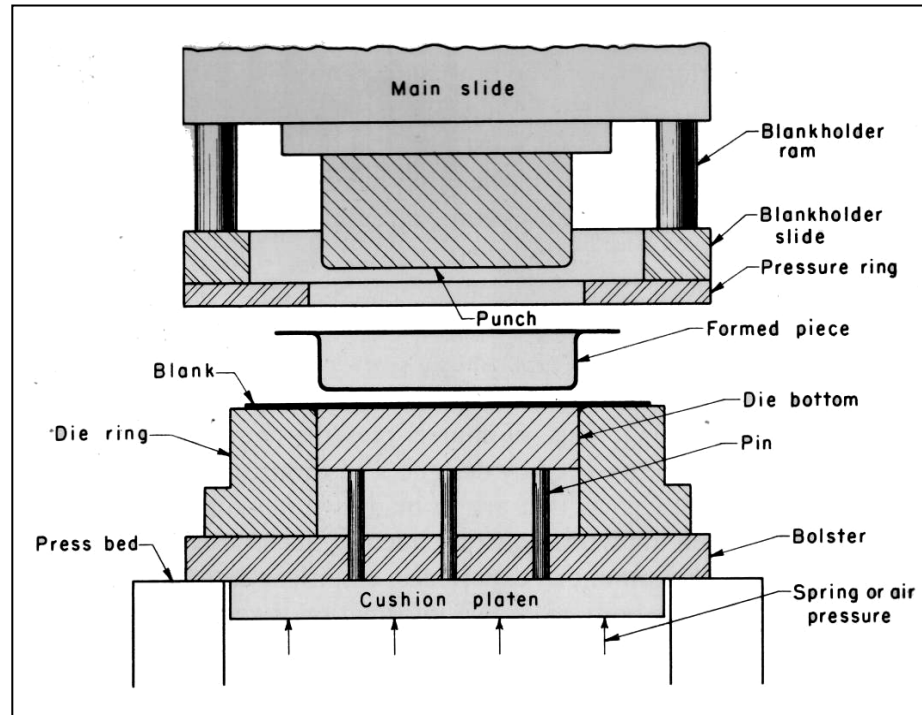
Material	Kecepatan
Alumunium	0,762 m/s
Brass	1,02 m/s
Copper	0,762 m/s
Steel	0,279 m/s
Steel, stainless	0,203 m/s

(Lyman,1968)

➤ **Karakteristik Proses Deep Drawing**



Gambar. 9.82 Metoda Penekanan Gaya Tunggal
(Lyman,1968)



Gambar 9.83 Metoda Penekanan Gaya Ganda
(Lyman, 1968)

➤ Keuntungan

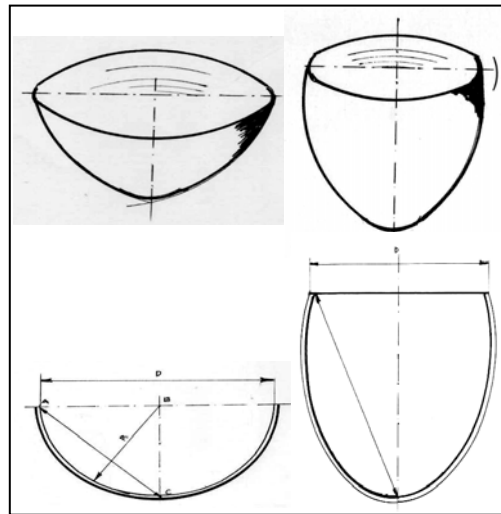
Proses *deep drawing* yang digunakan untuk memproduksi komponen-komponen dari bahan pelat ini mempunyai keuntungan diantaranya adalah :

- Produksi dapat dikerjakan dalam jumlah besar.
- Kualitas hasil produksi mempunyai ketelitian yang tinggi.
- Sifat mampu tukar (*interchange ability*) komponen yang diproduksi lebih baik jika dibandingkan secara manual.
- Proses pengerjaannya sederhana.

Kelemahan dalam pembentukan

Kelemahan proses *deep drawing* ini diantaranya adalah apabila dilakukan pengerjaan komponen dalam jumlah kecil, hal ini tidak menguntungkan sebab proses pembuatan *dies* dan *punch* memerlukan biaya yang relatif besar. Analisis tekanan *stopper* dan gaya tekan harus teliti sebab apabila ini tidak tepat maka kemungkinan produksi akan mengalami kegagalan. Kegagalan ini terjadi akibat benda kerja mengalami keriput atau robek pada bagian sisi penahan.

➤ Aplikasi



Gambar 9.84. Pembuatan mangkuk pada proses *Deep Drawing*

Pada gambar di atas merupakan gambar mangkuk dengan radius tertentu. Bentangan mangkuk tersebut dapat dihitung dengan pendekatan penarikan diagonal pada segitiga yang terbentuk. Diagonal ini dapat dihitung dengan pendekatan segitiga siku-siku. Metoda lain untuk menghitung bentangan mangkuk ini dapat dihitung atau dicari secara grafis yakni dengan membagi kecil-kecil lengkungan mangkuk lalu dipindahkan pada keadaan lurus. Hasil proyeksi ini merupakan panjang yang sesungguhnya dari bentangan mangkuk tersebut.

Contoh Aplikasi Hasil Produk *Deep Drawing*:



Gambar 9.85. Contoh Produk *Deep Drawing*

9.12. Proses *Squeezing* (Tekanan)

Mesin penekan adalah suatu penekan aksi tunggal yang mempunyai landasan yang sempit dan sangat panjang. Kegunaan utama penekan ini adalah untuk membentuk benda-benda yang panjang melengkung, seperti saluran dan lembaran bergelombang.



Gambar. 9.86 Mesin *Press*

➤ Definisi

Pembentukan-hidro karet (*rubber hydroforming*) adalah modifikasi dari penumbuk dan cetakan konvensional, di mana bantal karet berfungsi sebagai cetakan. Pembentukan karet, atau proses Guerin. Suatu blok pembentuk (Penumbuk) diletakkan pada alas mesin penekan hidrolik aksi tunggal, dan suatu lapisan karet yang tebal diletakkan dalam kotak penahan yang terletak di pelat atas penekan. Apabila bahan diletakkan diatas blok pembentuk dan kemudian karet ditekan, maka karet akan mentransmisikan tekanan yang hampir-hampir hidrostatik ke bahan tersebut.

Tekanan yang besarnya kira-kira 1500 psi cukup untuk sebagian besar komponen. Dan tekanan lokal yang tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan peralatan bantu.¹ Proses Verson-Wheelon menggunakan kantong karet yang lunak yang diisi cairan bertekanan. Karena tekanan pembentukan empat hingga lima kali lebih besar dibandingkan dengan proses Guerin, proses Verson-Wheelon ini dapat digunakan untuk membentuk.

➤ **Proses**

Sebagian besar pembentukan lembaran logam dengan laju produksi dilakukan pada mesin pres, dikendalikan secara mekanis atau hidrolik. Pada pres mekanis, energi disimpan pada roda gila dan dipindahkan kepada peluncur yang dapat bergerak pada saat langkah torak pres. Pres mekanis biasanya beraksi cepat dan mempunyai langkah yang pendek sedangkan pres hidrolik beraksi lambat, tetapi mempunyai langkah yang lebih panjang. Mesin pres biasanya digolongkan sesuai dengan jumlah peluncur yang dapat dioperasikan secara bebas. Pada pres aksi tunggal, hanya terdapat 1 peluncur, yang biasanya berkerja dalam arah vertikal. Pada mesin press aksi ganda, terdapat 2 peluncur. Aksi yang kedua, biasanya digunakan untuk mengoperasikan pemegang, yang mencegah terjadinya keriput pada penarikan dalam. Pres aksi tiga dilengkapi 2 gerakan diatas cetakan dan yang satu di bawah cetakan.

Perkakas utama yang digunakan pada mesin pres pengerjaan logam adalah pelubang dan cetakan. Pelubang adalah perkakas cembung yang berpasangan dengan cetakan cekung. Pada umumnya pelubang merupakan elemen gerak. Karena biasanya diperlukan penyebarisan teliti antara pelubang dan cetakan, maka akan lebih mudah apabila keduanya dipasang secara permanen pada subpres, atauudukan cetakan, yang dengan segera dapat dipasang pada pres. Suatu hal penting yang harus diperhatikan pada perkakas-perkakas untuk pembentukan lembaran logam adalah seringnya diperlukan klem penekan atau pemegang bawah, untuk mencegah keriput logam. Penekanan kebawah dilakukan dengan cincin pemegang bawah yang dijalankan oleh aksi kedua pres-gerak-ganda. Akan tetapi dengan menggunakan pegas mekanis dan silinder udara bantu, penekanan kebawah dapat dilakukan pada mesin pres aksi-tunggal.

Cetakan gabungan dirancang untuk melaksanakan beberapa operasi pada bahan yang sama dalam satu langkah mesin pres. Karena rumit, cetakan gabungan mahal dan operasi kerja lebih lambat dibandingkan dengan cetakan tunggal. Cara lain adalah penggunaan cetakan transfe, disini suatu benda kerja berpindah dari satu tempat ketempat berikutnya dalam pres. Bahan pembuat cetakan tergantung pada beban kerja yang direncanakan. Pada industri pesawat terbang, dimana volume produksi umumnya rendah, perkakas sering kali dibuat dari paduan seng, kirkskite, dari kayu atau dari resin epoksi. Sedangkan untuk yang tahan lama, diperlukan peralatan dari baja perkakas.

➤ **Karakteristik Proses *Squeezing***

Proses *squeezing* atau proses dengan penekanan ini merupakan proses pembentukan yang sangat berkembang, sebab proses ini mempunyai karakteristik produksi dalam jumlah besar.



Gambar.9.87 Mesin *Squeezing* sistem hidrolik

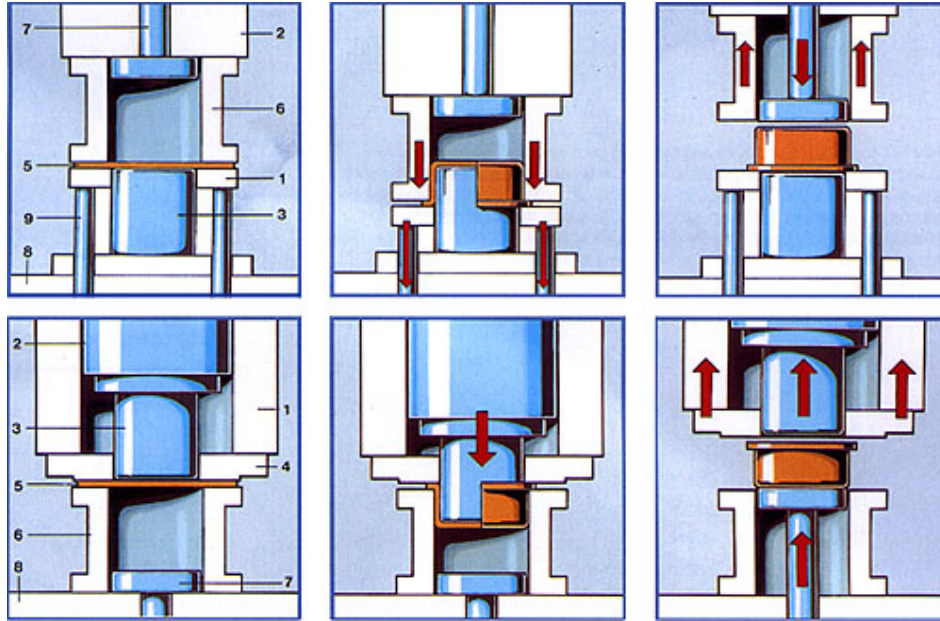


Gambar. 9.88. Produksi dari proses pressing mangkuk. dalam jumlah besar.

➤ **Peralatan yang Digunakan**

Peralatan yang digunakan pada sistem pembentukan dengan pressing ini pada dasarnya sama dengan komponen-komponen pada proses *Deep Drawing*. *Dies* merupakan komponen dasar cetakan *profile* yang diinginkan.

Punch pada proses *pressing* digantikan oleh karet untuk melakukan proses penekanan. Pelat diletakkan diantara dies dan karet. Selanjutnya karet ditekan dengan menggunakan tekanan silinder hidrolik sampai men-capai bentuk *dies* bagian bawah.



Gambar. 9.89. Peralatan Mesin *Press*
(www.answers.com)

➤ **Aplikasi**

Aplikasi hasil produksi proses *squeezing* ini dapat dilihat seperti pada gambar 9.92 dimana terlihat body mobil, cupper bagian depan mesin. Proses ini dilakukan dengan menggunakan bahan lembaran pelat tipis baja carbon rendah. Pelat dipotong sesuai dengan bentuk profil yang diinginkan dan diletakkan diatas dies atau cetakan yang sudah terbentuk. *Rubber* atau karet penekan menekan mengikuti profil yang ada pada dies.



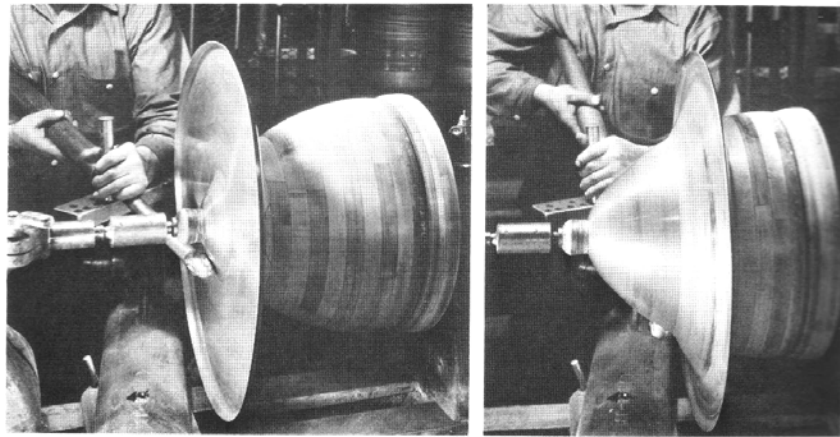
Gambar. 9.90. Hasil Produk Jadi Proses *Squeezing*
Kereta Api Cepat Dan Mobil

9.13. Proses *Spinning*

➤ Definisi

Proses *Spinning* pada dasarnya merupakan proses pembentukan pelat dengan menekan bahan dasar pelat ke *dies* pembentuk sambil material ditekan dengan tool penekan sampai membentuk seperti yang ada pada *dies*. Suatu metode pembuatan kepala tangki. Kerucut dan bentuk-bentuk lingkaran simetri yang dalam lainnya adalah pemutaran. Bahan baku logam diklem ke blok pembentuk, kemudian diputar dengan kecepatan yang tinggi. Secara bertahap bahan baku ditekan pada blok baik dengan alat tangan, maupun dengan menggunakan rol berdiameter kecil. Pada pembentukan putar, tebal pelat tak berubah namun diameter mengecil.

Proses putar-geser, lihat gambar 9.91 merupakan variasi dari pembentukan putar konvensional. Pada proses ini diameter benda jadi sama dengan diameter bahan baku namun tebal pelat akan berkurang sesuai dengan rumus $t = t_0 \sin \alpha$. Proses ini dikenal sebagai proses pemutaran daya, putar-alir dan putar hidro (*power spinning*, *flowturning*, *hidrospinning*). Cara ini digunakan untuk membentuk benda seperti rumah motor roket dan hidung pesawat antariksa yang kerucutnya besar serta mempunyai bentuk simetris. Variasi ketiga dari perputaran adalah putaran-tabung. Disini tebal tabung dikurangi dengan cara perputaran pada mandril. Perkakas putar ditekan pada bagian dalam atau luar tabung.



Gambar. 9.91. Proses *Spinning* untuk pembentukan pelat

➤ Proses

Proses *spinning* adalah proses pembentukan dalam dengan menggunakan putaran tinggi. Pelat lembaran terlebih dahulu dipotong melingkar sesuai dengan bentangan lembaran yang diinginkan. Selanjut pelat dijepit ke blok pembentuk dan ditekan

secara bertahap mengikuti bentuk landasan yang diinginkan. Hasil proses *spin* ini selalu membentuk lengkungan yang simetris.

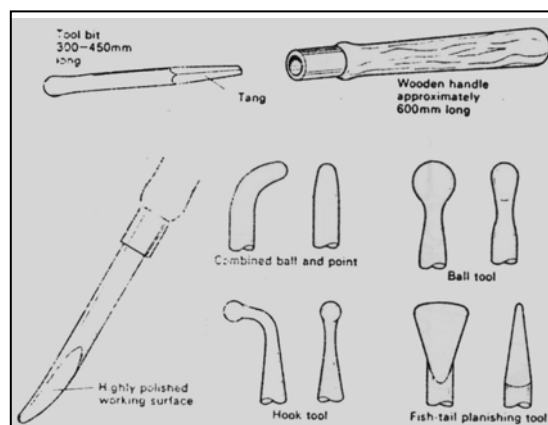


Gambar. 9.92. Proses *Spinning*

➤ **Karakteristik**

Proses pembentukan dengan *spinning* ini dilakukan penekanan secara bertahap di seluruh permukaan pelat yang akan dispin atau diputar. Proses penekanan dengan putar ini tidak boleh dilakukan sekaligus dengan penekanan yang keras. Hasil penekan keras akan memberikan dampak kerusakan pada permukaan pelat. Kemungkinan lain juga dapat menyebabkan pelat menjadi robek atau pecah.

Tool yang digunakan pada proses *spinning* ini mempunyai bentuk-bentuk seperti pada gambar disamping yakni: Bulat, pipih, bulat me-lengkung, pipih tajam, bulat kecil lurus. Tang-kai holdernya terbuat dari bahan kayu dengan panjang sekitar 200 mm.



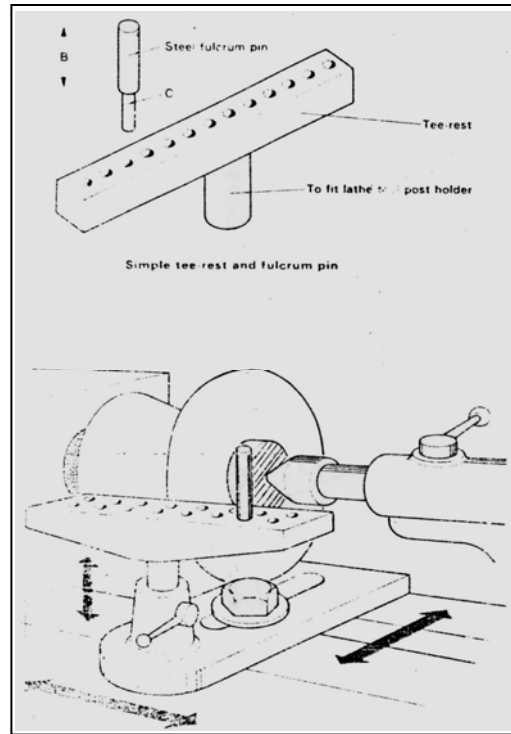
Gambar 9.93. *Tool spinning*

Gambar berikut menjelaskan tempat kedudukan tool pembentuk dari proses *spinning*. Tool ditanam pada pin yang terletak pada tool rest machine. Mesin *spinning* yang digunakan adalah mesin bubut dengan meja yang lebih pendek.

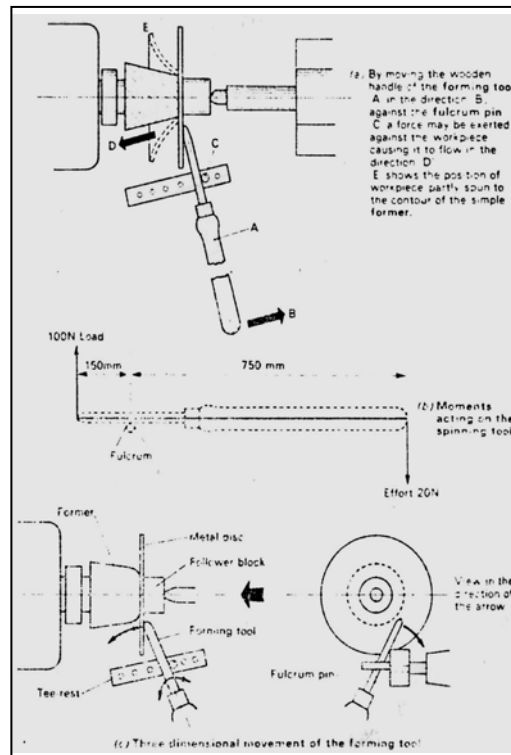
Pelat atau material diletakkan diantara mal pembentuk dan dijepit oleh kepala lepas. Tool ditekan dengan menggunakan tangan pada saat dilakukannya proses pemutaran tool ditekankan ke pelat. Karena proses *spinning* ini dilakukan pada saat berputar maka bentuk-bentuk yang dihasilkan mempunyai bentuk yang simetris.

Proses *spinning* diperlihatkan pada gambar disamping. Langkah-langkah proses ini ditunjukkan melalui beberapa pandangan. Pada pandangan atas terlihat posisi tool menekan pelat yang sedang berputar. Pelat dijepit diantara mal pembentuk dan diapit oleh balok yang berhubungan dengan kepala lepas.

Proses pembentukan dengan spin ini dimulai dari pusat sumbu pelat dan ditekan sambil pelat ditarik keluar. Proses ini dilakukan secara bertahap. Pengulangan ini dimaksudkan agar pembentukan merata pada seluruh permukaan pelat.

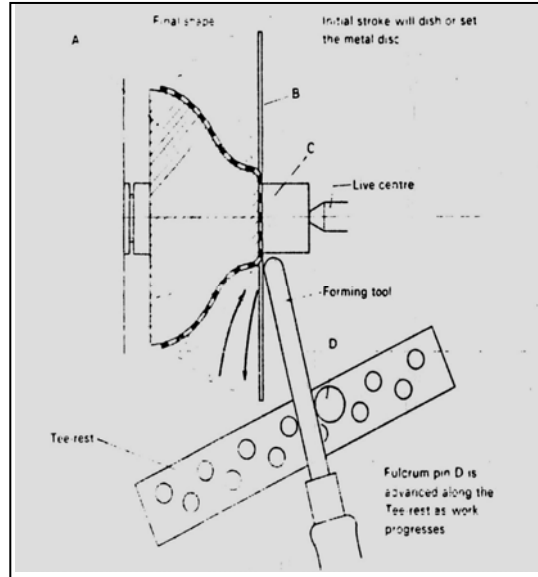


Gambar 9.94. Eretan Atas rest

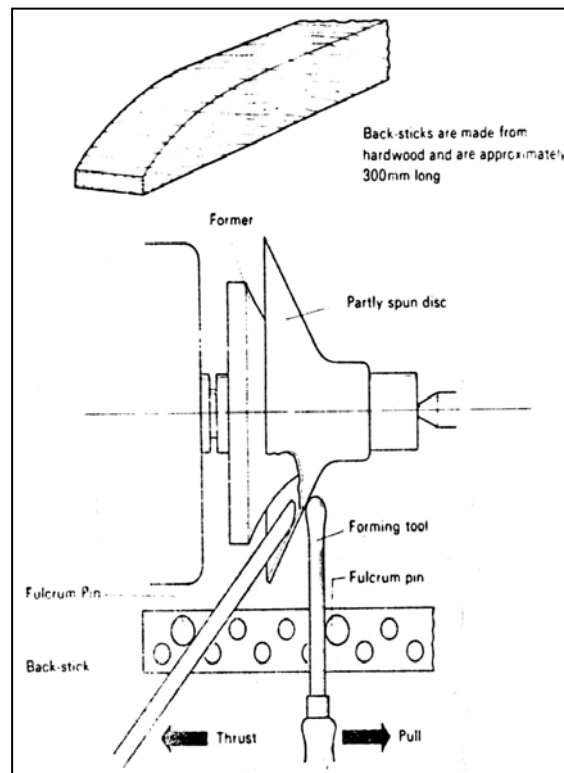


Gambar 9.95. Proses Spin (Lyman, 1968)

Pembentukan terjadi akibat adanya penekanan yang dilakukan padapelat dengan tool. Tenaga yang digunakan untuk menekan tool ini merupakan tenaga tangan manusia. Karena pekerjaan ini dilakukan secara manual maka skill atau latihan untuk melakukan proses ini sangat diperlukan. Pada gambar terlihat bentuk garis hitam putih yang akan dicapai pada proses *spinning* ini.



Gambar 9.96. Tool Pembentuk



Gambar 9.97. Proses *finishing* (Lyman, 1968)

Pada tahap *finishing* proses *spinning* ini dilakukan dengan menggunakan dua tool. Tool bagian dalam dan tool penekan bagian luar. Kepala tool yang digunakan antara bagian luar dan dalam

berbeda. Perbedaan ini disesuaikan dengan bentuk profil dan posisi kelengkungan yang terbentuk. Proses ini memberikan bentuk yang lebih artistik jika dibandingkan dengan bentuk hasil proses pembentukan yang lain. Ciri hasil produk *spinning* ini mempunyai serat arah melintang profil yang terbentuk secara teratur. Keteraturan ini memberikan bentuk yang khusus.



Gambar 9.98. Produksi *Spinning* Proses 1



Gambar 9.99. Produksi *Spinning* Proses 2

- **Peralatan yang digunakan, alat bantu, alat utama, cetakan.**
Peralatan yang digunakan pada proses *spinning* ini adalah satu unit mesin bubut yang digunakan untuk memutar benda kerja. *Dies* dan tool penekan sebagai peralatan pembentukan .
- **Keuntungan**
 - Menghasilkan bentuk lengkungan simetris
 - Hasil pembentukan *spinning* lebih teliti
 - Memiliki bentuk alur *spinning* pada bagian sisi luar pelat

➤ **Kesalahan dalam pembentukan**

- Sulit melakukan proses *spinning* pada pelat yang tebal
- Sulit melakukan *spinning* pada bahan pelat yang mempunyai kekerasan yang lebih besar.

➤ **Aplikasi**

Aplikasi pembuatan produk dari proses *spinning* ini dapat dilihat seperti pada gambar. Dilihat dari bentuk profil yang dihasilkan semuanya dalam bentuk profil bulat simetris



Gambar 9.100. Komponen Hasil Produk *Spinning*

9.14. Penguatan Pelat

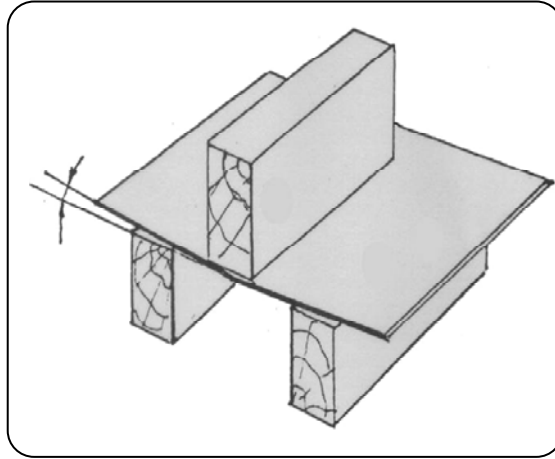
➤ **Prinsip Dasar Penguatan**

Penguatan atau pengakuan suatu bahan pelat pada prinsipnya bertujuan untuk menambah kemampuan bahan mendukung beban yang besar, sebab pelat yang tipis tidak akan mampu untuk mendukung beban yang besar.

Dengan luas permukaan yang sama dari sebuah pelat tipis dapat mendukung beban yang besar apabila ditambah ketebalan pelatnya. Penambahan ketebalan pelat akan bertambah pula berat bahan yang lebih besar. Perbandingan kekuatan dan berat ini merupakan faktor yang penting dalam industri fabrikasi, sebab dalam dunia industri fabrikasi jika mungkin dapat memproduksi benda yang ringan dalam jumlah banyak dengan kondisi kuat dan kaku.

Untuk mencapai sasaran diatas dapat ditempuh dengan berbagai macam metoda, diantaranya dengan menggunakan metoda penguatan atau pengakuan. Pemberian penguatan terhadap suatu bahan pelat tipis dititikberatkan pada 3 (tiga) faktor yakni:

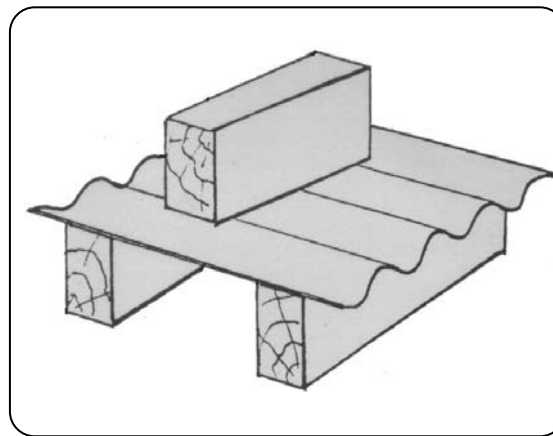
1. Untuk memberikan kekakuan pada bahan pelat .
2. Untuk memberikan dan menghasilkan suatu tepi pelat yang aman.
3. Untuk menambah keindahan yang bersifat dekoratif terhadap pelat yang di bentuk.



Gambar. 9.101. Pelat tanpa penguatan

Aplikasi pemberian penguatan pada berbagai jenis komponen-komponen dalam industri fabrikasi dapat dilihat seperti; pada pembuatan tutup (cup mesin, *body-body* kendaraan, pembuatan file cabinet perkantoran dan sebagainya. Pemberian penguatan ini dapat dilakukan secara manual dan dengan mesin-mesin yang meliputi jenis-jenis pekerjaan penguatan yakni; penguatan tepi, pengaluran, penekanan (*press*) dan *jogle*.

Prinsip dasar penguatan bahan pelat ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar. 9.102. Pelat dengan penguatan

Pada gambar terlihat selembur pelat tanpa penguatan diberi beban, akibatnya pelat mudah bergetar dan pelat melengkung. Sebaliknya pada pelat yang telah di beri penguatan lebih tegar atau lebih kuat untuk menahan beban yang sama dengan ketebalan pelat yang sama pula.

Perbedaan kekuatan terletak pada daerah penekanan, untuk pelat tanpa penguatan penahan beban semata-mata terletak pada ketebalan pelat. pada pelat yang telah diberi penguatan penahan beban didukung oleh daerah penguatan. (lihat irisan penampang yang di bebani).

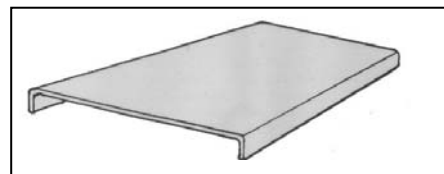
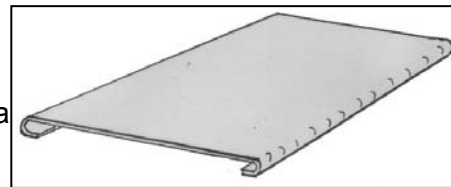
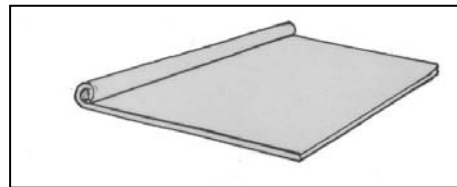
➤ Jenis-Jenis Penguatan Pelat

◆ Penguatan Tepi

Suatu komponen yang terbuat dari bahan Pelat mempunyai tepi Pelat yang tajam. Cara sederhana yang dapat dilakukan untuk menghindari sisi tepi pelat yang tajam ini adalah penguatan tepi . penguatan tepi yang diberikan pada sisi tepi Pelat ini, mempunyai 3 (tiga) keuntungan sekaligus yakni; Pelat akan menjadi kaku, sisi Pelat tidak tajam dan sisi pelat terlihat lebih menarik .

Penguatan tepi pelat ini dapat dilakukan terhadap sisi tepi Pelat yang lurus dan melingkar. Contoh-contohnya sebagai berikut yakni:

1. Penguatan tepi siku
2. Penguatan tepi U
3. Penguatan tepi dengan kawat
4. Penguatan tepi tanpa kawat
5. Penguatan tepi dengan lipat
6. Penguatan tepi dengan tambahan Profil



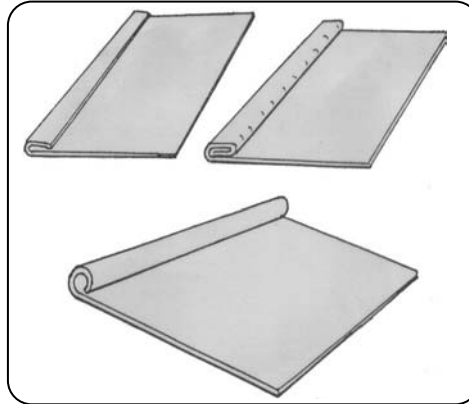
Gambar. 9.103. Macam-macam penguatan Tepi

◆ Penguatan dengan Tekanan (*press*)

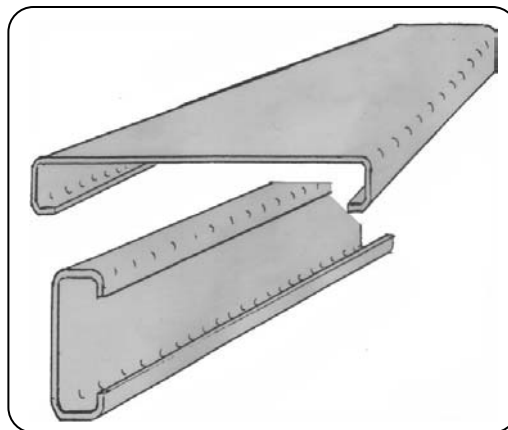
Penekan permukaan pada suatu bagian pelat dapat dilakukan dengan jalan pengaluran atau penekan (*press*). pelengkuhan permukaan pelat ini jauh lebih kuat dari permukaan Pelat yang datar, hal ini disebabkan pelat logam bagian dasarnya

dipengaruhi gaya tekan yang keduanya berada dalam keseimbangan permukaan pelat yang mempunyai sedikit bidang lengkung biasanya mempunyai sifat elastis, sedangkan permukaan pelat mempunyai bidang lengkung yang banyak akan tahan terhadap gaya-gaya yang bekerja pada pelat tersebut.

Metode penekanan (*press*) ini banyak digunakan pada pembuatan body-body kendaraan, cup penutup mesin-mesin dan sebagainya.



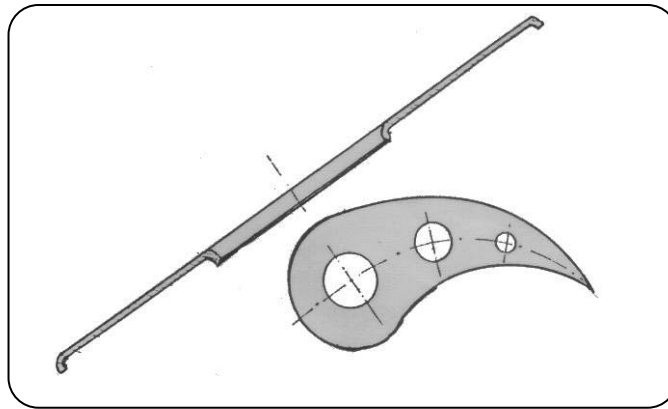
Gambar. 9.104. Penguatan Tepi dengan Lipatan



Gambar. 9.105. Macam-macam penguatan Tepi dengan cara dipress

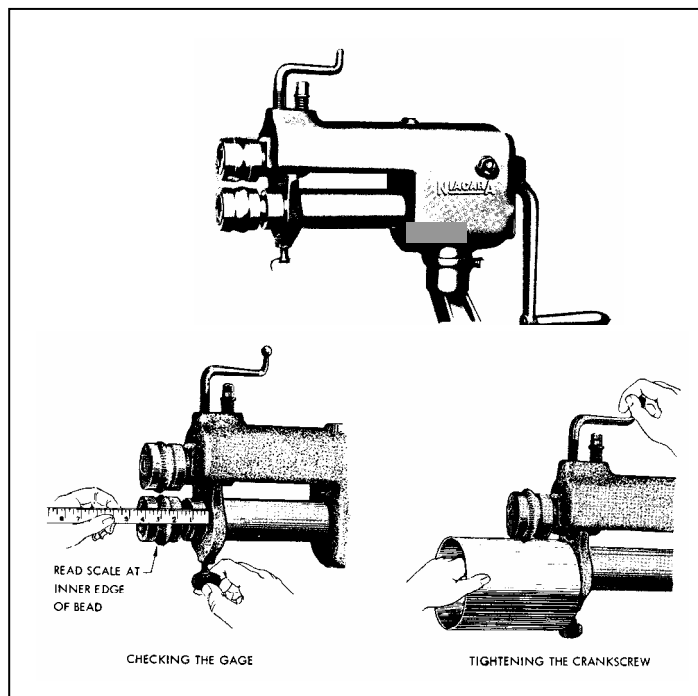
◆ *Jogle*

Jogle adalah suatu bentuk pemberian kekakuan pada permukaan pelat dengan Jalan melubangi permukaan pelat dengan *Jogle*. pemberian kekakuan dengan metode sayap pesawat terbang.



Gambar. 9.106. Penguatan Tepi dengan Proses *Jogle*

◆ Penguatan bodi



Gambar. 9.107. Penguatan Bodi

9.15. Rangkuman

Prinsip dasar pembentukan *logam* merupakan proses yang dilakukan dengan cara memberikan perubahan bentuk pada benda kerja. Perubahan bentuk ini dapat dilakukan dengan cara memberikan gaya luar sehingga terjadi deformasi plastis.

Perubahan bentuk yang terjadi dapat dibedakan atas *deformasi elastis* dan *deformasi plastis*.

Deformasi elastis adalah perubahan bentuk yang terjadi bila ada gaya yang bekerja, serta akan hilang bila bebannya diiadakan. Dengan kata lain bila beban diiadakan, maka benda akan kembali ke bentuk dan ukuran semula. Sedangkan deformasi plastis adalah perubahan bentuk yang permanen, meskipun bebannya dihilangkan maka kondisi benda akan tetap berubah bentuknya sesuai dengan bentuk yang dikenakan pada benda tersebut.

Proses pengerjaan dingin (*cold working*) yang merupakan pembentukan *plastis* logam di bawah suhu *rekristalisasi* pada umumnya dilakukan disuhu kamar jadi tanpa pemanasan benda kerja. Suhu rekristalisasi yang dimaksud adalah suhu pada saat bahan logam akan mengalami perubahan struktur mikro.

Keunggulan proses pengerjaan dingin adalah kondisi permukaan benda kerja yang lebih baik dari pada yang diproses dengan pengerjaan panas. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya proses pemanasan yang dapat menimbulkan kerak pada permukaan.

Pendekatan secara teori teknik pembentukan logam perlu dikaji dari tiga bidang utama, yaitu: bidang teknologi proses yang menyangkut geometri dan kondisi serta parameter proses. Bidang mekanika yang diperlukan untuk memperkirakan gaya, daya serta energi pembentukan. Bidang metalurgi yang membahas perubahan-perubahan sifat material akibat proses pembentukan.

Pemukulan pelat di atas landasan dengan berbagai jenis palu mempunyai teknik-teknik tersendiri. Teknik pemukulan ini biasanya sangat sulit dilakukan dengan pekerja yang tidak terbiasa dengan kerja pembentukan ini. Teknik pemukulan ini dapat dipelajari dari kebiasaan atau pengalaman yang dilakukan secara terus menerus.

Secara mekanika proses penekukan ini terdiri dari dua komponen gaya yakni: Tarik dan Tekan (lihat gambar). Pada gambar memperlihatkan pelat yang mengalami proses pembengkokan ini terjadi peregangan, netral, dan pengkerutan.

Pengerolan merupakan proses pembentukan yang dilakukan dengan menjepit pelat diantara dua rol. Rol tekan dan rol utama berputar berlawanan arah sehingga dapat menggerakkan pelat.

Stretching pada dasarnya merupakan proses pembentukan Rentang yakni proses pembentukan gaya tarik utama sehingga bahan tertarik pada peralatan atau blok pembentukan.

Proses penekanan atau *blanking* ini didasarkan pada proses pengguntingan. Pengguntingan kontur tertutup, dimana logam didalam kontur adalah bagian yang diinginkan, dinamakan penebukan

Deep Drawing merupakan proses penarikan dalam atau biasa disebut drawing adalah salah satu jenis proses pembentukan logam, dimana bentuk pada umumnya berupa silinder dan selalu mempunyai kedalaman tertentu.

Mesin penekan (*Squeezing*) adalah suatu penekan aksi tunggal yang mempunyai landasan yang sempit dan sangat panjang. Kegunaan utama penekan ini adalah untuk membentuk benda-benda yang panjang melengkung, seperti saluran dan lembaran bergelombang. Pembentukan-hydro karet (rubber hydroforming) adalah modifikasi dari penumbuk dan cetakan konvensional, di mana bantal karet berfungsi sebagai cetakan. Pembentukan karet, atau proses Guerin.

Proses *Spinning* pada dasarnya merupakan proses pembentukan pelat dengan menekan bahan dasar pelat ke dies pembentuk sambil material ditekan dengan tool penekan sampai membentuk seperti yang ada pada dies

9.16. Soal Latihan

1. Jelaskan konsep dasar proses pembentukan!
2. Apa yang dimaksud deformasi elastis dan plastis pada proses pembentukan!
3. Terangkan apa yang dimaksud dengan proses pembentukan dingin!
4. Pada proses pembentukan terjadi *spring back* jelaskan!
5. Apa yang dimaksud dengan *strain hardening*?
6. Apa keuntungan pembentukan dengan pengerjaan dingin!
7. Jelaskan apa arti *bend allowance* dan *bend deduction*!
8. Jelaskan beberapa proses pembentukan berikut:
 - a. bending
 - b. rolling
 - c. deep drawing
 - d. stretching
 - e. crumping
 - f. blanking

g. squeezing

h. spinning

9. Apa arti *punch* dan dies pada proses *blanking*!
10. Berikan contoh-contoh komponen logam yang menggunakan proses pembentukan pengerjaan dingin!
11. Jika posisi rol tidak sejajar pada proses pengerolan pelat maka akan menyebabkan hasil pengerolan menjadi seperti apa!
12. Bagaimana anda menentukan pemilihan proses pembentukan yang tepat untuk pembuatan suatu komponen!
13. Pada proses pembentukan dengan deep drawing diharapkan tidak dilakukan secara langsung melainkan dilakukan secara bertahap jelaskan!
14. Jelaskanlah bagaimana terjadinya proses *spinning*!

BAB.10

PEMBENTUKAN PANAS



10.1. Proses Pengerjaan Panas

Proses pengerjaan panas merupakan proses pembentukan yang dilakukan pada daerah di atas temperatur *rekristalisasi* (temperatur tinggi) logam yang diproses. Dalam proses *deformasi* pada temperatur tinggi terjadi peristiwa pelunakan yang terus menerus. Akibat kongkritnya adalah bahwa logam akan mengalami perubahan sifat menjadi lebih lunak pada temperatur tinggi, kenyataan inilah yang membawa keuntungan-keuntungan pada proses pengerjaan panas, yaitu deformasi yang diberikan kepada benda kerja menjadi lebih relatif besar. Kondisi ini karena sifat lunak dan sifat ulet, sehingga gaya pembentukan yang dibutuhkan relatif kecil, serta benda kerja mampu menerima perubahan bentuk yang besar tanpa mengalami retak. Maka keuntungan itulah proses pengerjaan panas biasanya digunakan pada proses-proses pembentukan primer yang dapat memberikan deformasi yang besar, misalnya: proses pengerolan panas, tempa dan *ekstrusi*.

10.2. Sifat Logam Pada Temperatur Tinggi

Pengerjaan panas mempunyai beberapa keuntungan diantaranya :

- Pada temperatur tinggi logam bersifat lunak dan ulet, sehingga gaya pembentukan yang dibutuhkan menjadi relatif lebih kecil.
- Deformasi yang dapat diberikan dari pemanasan ini adalah relatif lebih besar.
- Terjadinya perbaikan struktur mikro pada logam yang *dideformasi* pada temperatur tinggi.

Pemberian struktur mikro ini terjadi pada pemanasan benda kerja (sebelum proses deformasi) serta pada saat dideformasi. Seperti diketahui bahwa benda coran mempunyai berbagai kelemahan atau kekurangan. Selama proses pembekuan kemungkinan besar terjadi *segregasi*, yaitu tidak homogennya komposisi kimia. Segregasi balok ini dapat berupa segregasi mikro maupun segregasi blok. Selanjutnya pada benda coran biasanya terdapat struktur pilar (*columbar structure*) yang bersifat rapuh. Inklusi yang mengelompok dan relatif besar ukurannya sering pula dijumpai pada benda coran. Selain itu banyak pula dijumpai cacat rongga.

Segregasi dapat berkurang dengan adanya pemanasan. Pada temperatur tinggi peristiwa difusi akan mudah berlangsung, sehingga efeknya akan lebih menghomogenkan komposisi kimia. Proses pemanasan untuk mengurangi segregasi ini dinamai proses homofenisasi. Pada waktu deformasi panas, struktur pilar akan berubah menjadi butir yang equiaxial dan halus. *Inklusi* yang mengelompok akan terpecah dan tersebar .

Cacat rongga akan menutup dan mengatur sebagai akibat deformasi pada temperatur tinggi khususnya bila dikenai tegangan tekan. Peristiwa penyatuan ini adalah mirip dengan proses las tempa (*forging welding*). Kesemuanya ini akan memperbaiki sifat-sifat mekanik logam. Benda coran, misalnya baja cor dalam bentuk *ingot* ataupun *billet* akan menjadi lebih baik sifatnya bila telah dibentuk dengan pengerjaan panas. Misalnya menjadi baja profil melalui proses pengerolan panas.

10.3 Mekanisme Pelunakan Pada Pengerjaan Panas.

Pada pengerjaan panas, suatu kenyataan yang mudah diamati adalah bahwa logam akan bersifat lunak. Selanjutnya pada kondisi ini logam dapat dibentuk dengan deformasi yang relatif besar tanpa menjadi mengalami keretakan. Kondisi ini dapat dijelaskan oleh adanya peristiwa pelunakan.

Deformasi pada temperatur tinggi didefinisikan secara lebih tegas sebagai pembentukan yang dilakukan di atas temperatur rekristalisasi

logam yang diproses. Dengan patokan bahwa temperatur rekristalisasi adalah sekitar 0,4 – 0,5 kali titik cair (dalam K), maka batas antara pengerjaan panas dan pengerjaan dingin menjadi jelas. Temperatur rekristalisasi baja adalah sekitar 500 – 723 °C, tembaga 250 – 400 °C, dst. Timah putih (Sn) yang dideformasi pada temperatur kamar sudah berarti diproses dengan pengerjaan panas, meskipun tidak panas pemanasan. (Surdia & Kenji, 1984)

Proses ini dapat dijelaskan bahwa temperatur kamar yang 25 °C untuk timah putih sudah di atas temperatur rekristalisasinya, yaitu : $T_{rek} = 0,5 \times (253 + 273) \text{ K} = 263 \text{ K} = -10 \text{ °C}$. Disisi lain, proses deformasi terhadap wolfram pada temperatur 1000 °C masih dikatakan proses pengerjaan dingin. Ilustrasi tersebut jelaslah bahwa batas bawah temperatur pengerjaan panas adalah temperatur rekristalisasi. Deformasi di atas temperatur rekristalisasi akan disertai oleh peristiwa pelunakan, yaitu terdiri dari mekanisme *recovery*, rekristalisasi (termasuk pertumbuhan butir). Besarnya pelunakan dari masing-masing mekanisme tersebut tergantung pada jenis logamnya, temperatur pengerjaan, serta kecepatan proses deformasi atau laju regangannya.

Logam yang dideformasi pada temperatur tinggi akan mengalami rekristalisasi selama proses deformasi dan setelah proses deformasi. Hal ini masing-masing dinamai rekristalisasi dinamis dan rekristalisasi statis. Istilah rekristalisasi statis dipakai untuk yang terjadinya setelah proses deformasi dan kata dinamis dipakai untuk yang terjadi selama berlangsungnya proses deformasi.

Hal ini terjadi pada logam-logam yang mempunyai energi salah tumpuk (*stacking fault energy*) yang kecil, misalnya tembaga. Fenomena ini secara skematis diungkapkan pada. pada logam energi yang tumpuknya kecil, mekanisme *recovery* hanya sedikit peranannya dalam pelunakan, sehingga energi pendorongnya akan cukup besar, sehingga terjadi rekristalisasi.

Logam yang tinggi energi salah tumpuknya, misalnya aluminium, meskipun dideformasi pada temperatur tinggi seringkali mempunyai struktur butir memanjang yang tidak mengalami rekristalisasi. Meskipun demikian, sifatnya lunak. Hal ini disebabkan oleh begitu besarnya peranan pelunakan oleh mekanisme *recovery*, khususnya *recovery* dinamis, sehingga energi pendorongnya rendah, dan tidak cukup untuk mendorong terjadinya rekristalisasi dinamis. Struktur mikro penampang memanjang suatu batang aluminium yang diekstrusi menunjukkan butir-butir yang memanjang di dalam. Pada bagian permukaan nampak butir-butir mengalami rekristalisasi, dalam hal ini rekristalisasi statis.

Batas atas temperatur pengerjaan panas adalah sekitar 50 -100 °C di bawah titik cairnya. Biasanya proses pengerjaan panas dilakukan secara berurutan, misalnya proses pengerolan panas dan diproses tempa yang bertahap. Maka perlu diusahakan agar tahap terakhirnya masih berada di atas *temperatur rekristalisasi*. Bahkan temperatur tahap pengerjaan panas yang terakhir ini sebaiknya tidak terlalu jauh dari *temperatur rekristalisasi*. Maksudnya adalah untuk mendapatkan produk dengan butir yang halus yang lebih kuat dan lebih ulet.

Uraian mengenai mekanisme pelunakan pada deformasi panas tersebut di atas telah menjelaskan mengapa pada temperatur tinggi mengapa logam bersifat lunak dan tetap lunak meskipun dideformasi. Inti penjelasan adalah tidak adanya pengerjaan regangan, serta bahkan terjadinya peristiwa pelunakan yang harus terus menerus selama proses deformasi panas.

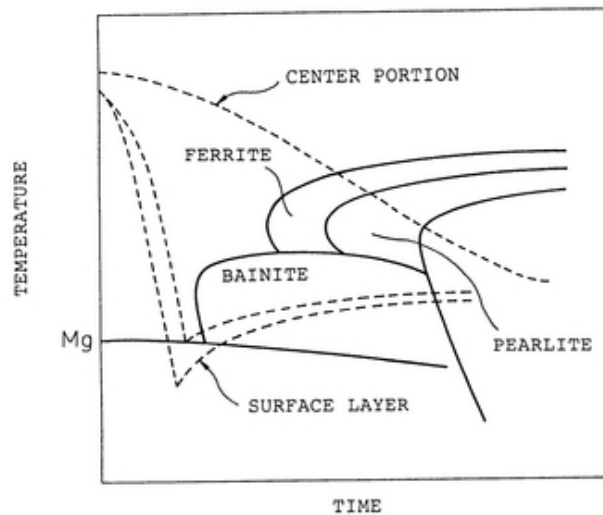
10.4 Tempa

Menempa merupakan salah satu proses pembentukan yang dilakukan pada benda kerja dalam kondisi panas. Panas yang dimaksudkan adalah sebelum dilakukan proses pembentukan benda logam dipanaskan terlebih dahulu sampai mencapai temperatur tempa yang diinginkan. Temperatur tempa yang diharapkan pada proses ini berkisar di atas daerah temperatur *rekristalisasi* bahan logam yang akan di tempa. Baja mempunyai temperatur rekristalisasi berkisar 723 ° C. Pemanasan yang dilakukan pada benda kerja bertujuan untuk merobahan kekerasan logam menjadi bersifat lebih lunak . Sifat lunak dari benda kerja ini memudahkan untuk pembentukan. Baja yang mengalami proses pemanasan akan memberikan sifat lunak dan tidak mudah pecah apabila dilakukan pembentukan. Proses penempaan bahan logam ini dilakukan dengan menggunakan peralatan pengepres/pukul dan penahan atau landasan/anvil. Benda kerja diletakkan diantara landasan dan pemukul. Proses pemukulan dapat dilakukan dengan palu tempa secara manual atau juga dapat dilakukan dengan mesin pemukul hammer sistem hidrolik atau dengan menggunakan pemukul mekanik dengan motor listrik.

Prinsip dasar menempa secara mekanika mempunyai komponen pembentukan pengepresan atau tekan, peregangan atau tarik, dan pemotongan/geser. Penerapan proses penempaan di industri biasanya digunakan untuk pembuatan komponen yang menggunakan bahan baku pejal dengan bentuk profil kombinasi. Bahan dasar untuk proses penempaan ini selain berbentuk pejal juga mempunyai tingkat kekerasan bahan yang relatif lebih keras. Kerasnya bahan ini menjadi lebih sulit untuk dikerjakan dengan proses yang lain. Logam yang mengalami proses pemanasan akan meningkatkan keliatan bahan hal ini dapat diketahui dari proses uji *impact* (tumbukan) dengan

memvariasikan temperatur sepecimen pengujian. Hasil pengujian *impact* ini memperlihatkan bahwa nilai *impact* sangat dipengaruhi oleh temperatur bahan saat pengujian. Semakin rendah temperatur bahan logam menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kegetasan bahan tersebut dan nilai *impactnya* menjadi lebih kecil.

Penempaan yang sering dilakukan pada industri rumah tangga di daerah umumnya dilakukan untuk proses pembuatan alat-alat pertanian seperti parang, cangkul, sabit, bajak, kampak dan sebagainya. Proses penempaan untuk pembuatan alat-alat pertanian ini diikuti dengan proses *Quenching* atau pendinginan cepat (lihat gambar 9.1). Proses quenching ini bertujuan untuk memberikan kekerasan permukaan benda pada daerah yang didinginkan cepat. Hal ini diaplikasikan untuk pengerasan permukaan mata parang, mata cangkul, mata sabit, dimana bagian alat-alat yang tajam ini menjadi lebih keras. Bagian yang tajam akan memberikan permukaan yang keras dan bagian alat yang belakang berbentuk tebal dan tidak *diquenching*, sehingga alat-alat pertanian yang dihasilkan memiliki sifat kombinasi keras dan liat sesuai dengan kebutuhan petani.



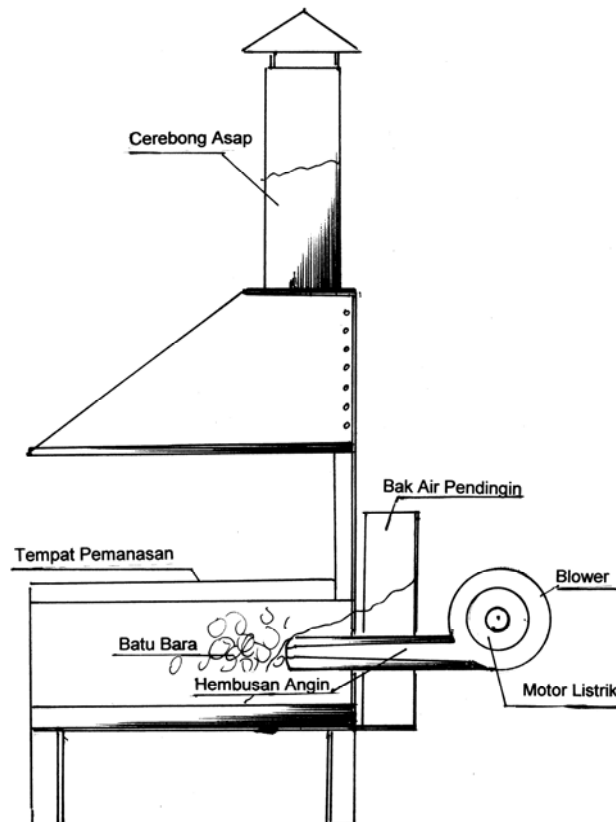
Gambar 10.1 Grafik Kecepatan Pendinginan
(Hubungan Suhu dengan waktu Pendinginan)
(Surdia & Kenji, 1984)

Pada gambar grafik 10.1 di atas memperlihatkan bahwa apabila benda dipanaskan sampai mencapai temperatur tempa dan dilakukan pendinginan cepat maka struktur mikro bahan logam yang didinginkan cepat ini membentuk *bainit*. *Bainit* ini menyebabkan benda menjadi lebih keras.

Peralatan utama yang diperlukan dalam proses penempaan ini diantaranya:

10.4.1. Dapur pemanas

Dapur pemanas atau dikenal juga dengan istilah dapur tempa berfungsi untuk memanaskan benda kerja sampai temperatur tertentu sesuai dengan jenis benda kerja yang akan ditempa. Proses pemanasan di dapur tempa ini menggunakan bahan bakar arang kayu atau batu bara. Proses pembakaran berlangsung di dalam tempat pembakaran dimana bahan bakar arang atau batu bara dibakar dengan menambah hembusan udara yang dihasilkan dari *blower* (penghembus). Aliran udara ini diharapkan dapat mempercepat proses pembakaran arang kayu atau batu bara. Aliran udara ini di salurkan melalui lobang aliran yang langsung bersentuhan dengan bahan bakar. Dapur pemanas ini dilengkapi dengan bagian-bagian utama diantaranya tempat pembakar, motor listrik dan *blower*, air pendingin, cerobong asap.



Gambar 10.2 Dapur Tempa

Dapur pemanas ini terdiri dari tempat pembakaran, bodi, cerobong asap, motor penggerak, *blower*, dan bak pendingin. Tempat pembakaran adalah tempat yang digunakan untuk pembakaran bahan bakar dengan dengan menggunakan

hembusan udara dari blower. Proses kerja pada dapur ini biasanya dilakukan dengan memanaskan terlebih dahulu bahan bakar berupa batu bara atau arang kayu sampai mencapai warna merah membara (lihat gambar tungku pemanas). Setelah terlihat warna merah pada pembakaran batu bara atau arang kayu ini benda kerja dimasukan kedalam bara api. Benda kerja yang dimasukan kedalam bara api ini setelah beberapa menit akan terlihat memerah. Warna bahan logam yang mengalami proses pembakaran ini berdasarkan pengalaman mempunyai kisaran temperatur tersendiri tergantung dari jenis bahan logamnya. Untuk baja dapat diperkirakan temperaturnya menurut warna hasil pembakaran:

Tabel. 10.1 Warna Pembakaran dan Temperatur

150 - 250		950 - 1050	
250 - 350		1050 - 1150	
350 - 450		1150 - 1250	
450 - 550		1250 - 1350	
550 - 650		1350 - 1450	
650 - 750		1450 - 1550	
750 - 850		1550 - 1725	
850 - 950		1725 - T_{max}	

No	Warna Pembakaran	Perkiraan Temperatur
1	Merah Kebiruan	550 °C - 850 ° C
2	Merah Menyala	850 °C - 1050 ° C
3	Merah Jingga (orange)	1050 °C - 1250 ° C
4	Orange Kekuningan	1250 °C - 1450 ° C
5	Kuning	1450 °C - 1725 °C
6	Kuning Keputihan	1725 °C - T_{max} °C

(www.forging.com)

Proses pemanasan benda kerja untuk penempaan ini kisaran warna pembakaran yang muncul adalah warna merah jingga atau orange. Setelah warna ini muncul pada bagian benda yang akan ditempa selanjutnya benda kerja diangkat dengan menggunakan *smeed tang*. *Smeed tang* ini berguna untuk memegang benda kerja dalam keadaan panas. Selanjutnya benda kerja diletakkan pada landasan dan dilakukan proses penempaan dengan membentuk benda kerja sesuai dengan gambar atau bentuk yang diinginkan. Proses penempaan dilakukan secara berulang-ulang. Artinya proses penempaan tidak bisa dilakukan sekaligus, sebab pada saat proses

penempatan berlangsung benda kerja akan mulai mengalami pendinginan sehingga setelah benda dingin dengan penandaan perobahan warna benda yang menghitam kembali. Benda kerja dibakar kembali sampai berwarna orange. Selanjutnya dilakukan pembentukan kembali. Begitulah seterusnya sampai benda kerja mencapai bentuk yang diinginkan sesuai dengan gambar kerja.

Kesulitan yang sering muncul pada proses pengerjaan tempa ini adalah proses penandaan benda kerja sebelum dipanaskan. Sebab akibat proses pembakaran benda kerja akan mengalami perobahan warna dan tanda yang diberikan pada benda kerja tidak terlihat. Di samping itu pembentukan tempa secara manual ini mempunyai akurasi pengerjaan yang rendah. Pengalaman kerja akan diikuti dengan peningkatan akurasi pekerjaan yang lebih baik.

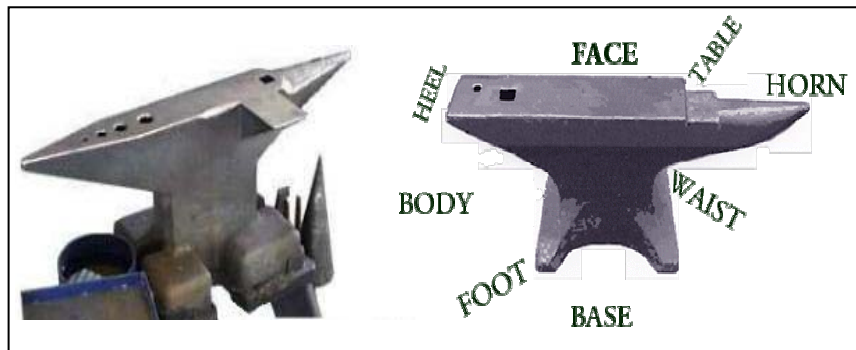
Dapur tempa manual dapat diperlihatkan pada gambar 9.2, dimana tempat pembakaran benda kerja terlihat arang kayu yang terbakar. Hembusan udara dihasilkan dari *blower* yang di putar secara manual dengan tangan. Kapasitas dapur tempa ini relatif kecil.



Gambar 10.3 . Dapur Tempa sederhana

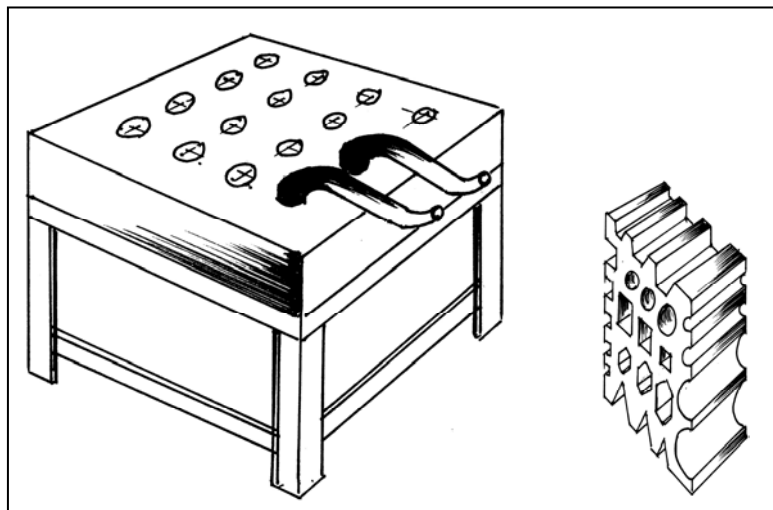
10.4.2. Landasan (*anvil*)

Landasan dikenal juga dengan istilah paron ini merupakan bagian komponen yang sangat penting dalam kerja tempa ini. Landasan ini dapat dilihat pada gambar-gambar landasan berikut. Landasan ini ada beberapa tipe sesuai dengan kebutuhan pekerjaan yang diinginkan. Seperti landasan rata, landasan profil, landasan paron. Landasan ini berguna untuk peletakan benda kerja pada saat dilakukannya proses pembentukan secara manual.



Gambar 10.4 Landasan Paron

Landasan atau paron ini terdiri dari bagian-bagian: dasar (*base*), kaki (*foot*), badan (*body*), permukaan datar (*face*), meja (*table*), tanduk (*horn*).



Gambar 10.5 Landasan Datar dan Landasan Profil

Landasan datar ini terdiri dari meja besi yang pejal dengan beberapa lobang pada permukaan meja. Lobang ini tembus sampai ke bawah. Landasan ini dilengkapi dengan batang tirus melengkung yang berguna untuk membentuk dan penjepit benda kerja pada meja. Landasan profil terdiri dari berbagai macam bentuk profil yang ada di sekitar landasan, baik berbentuk persegi, bulat, segienam dan segitiga. Landasan profil ini dapat dibolak-balik sesuai dengan kebutuhan bentuk yang diinginkan dari profil.

10.4.3. Smeed Tang



Gambar 10.6 Macam-Macam Smeed Tang

Smeed tang berfungsi untuk memegang benda kerja pada saat dilakukannya proses penempaan. *Smeed tang* ini mempunyai tangkai yang cukup panjang berkisar 400 – 500 mm. Panjang tangkai ini berguna untuk mengurangi pengaruh panas benda kerja ke tangan. *Smeed tang* ini dibedakan menurut catok atau ujung pengapit benda kerja seperti catok rata, catok bulat, dan catok berkaki. Catok rata berguna untuk memegang benda kerja persegi, catok bulat berguna memegang benda-benda bentuk silinder, dan catok berkaki berguna untuk memegang benda yang ada lobangnya.

10.4.4. Palu

Palu merupakan peralatan yang sangat penting pada proses penempaan ini. Palu ini berguna sebagai alat untuk membentuk benda kerja tempa. Palu tempa dibedakan berdasarkan bentuk kepalanya.



Gambar 10.7 Macam-macam Palu Tempa

Ukuran palu ditentukan oleh berat dari kepala palu, seperti palu 250 gr, 500 gr, 1000 gr dan bahkan palu dengan berat 10 kg. Dengan demikian pemakaian palu sangat bervariasi sesuai dengan jenis kegiatan pekerjaan.

Jenis palu dapat dibagi dua yaitu palu keras dan palu lunak. Palu keras adalah palu yang kepalanya terbuat dari baja dengan kadar karbon sekitar 0,6%. Proses pembuatannya adalah dengan jalan ditempa, kemudian dikeraskan pada bagian permukaannya agar menjadi keras. Pemakaian palu keras pada bengkel kerja bangku atau bengkel kerja mesin adalah sebagai pemukul pada kerja memotong dengan pahat, menempa dingin, pada pekerjaan assembling/perakitan, membengkokkan benda kerja, membuat tanda dan pekerjaan pemukulan lainnya.



Palu Kombinasi Picak dan Bulat



Palu Persegi Enam Rata



Palu Kepala Bola



Palu Kombinasi Bulat Silinder



Palu Bulat Kecil



Palu Picak



Palu Pipih Tirus



Palu Kombinasi Bulat Elip



Palu Kombinasi Bulat & Setengah Bola



Palu Kepala Bulat Besar

Gambar 10.8 Beberapa Jenis Palu Tempa

10.4.5. Mesin *Hammer*

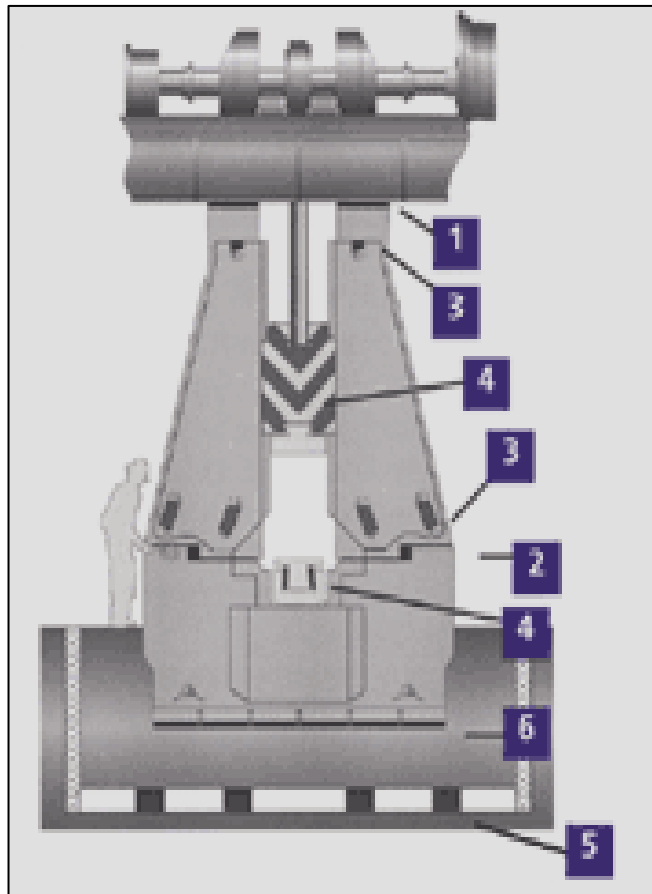


Gambar. 10.9 Mesin Hammer
(www.forging-hydraulic-press.com)

Mesin Hammer pada dasarnya adalah mesin yang digunakan untuk membentuk benda kerja atau sebagai pengganti fungsi palu pembentuk. Mesin ini mempunyai kapasitas pemukul yang relatif besar sesuai dengan kapasitasnya. Mesin hammer ini bergerak secara linear dengan gerakan naik dan turun. Pada saat turun mesin hammer ini bekerja untuk memukul atau membentuk benda kerja. Kecepatan gerak mesin hammer turun ini dapat diatur sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Kepala pemukul mesin hammer dan landasan /anvil ini dapat diganti sesuai dengan bentuk benda kerja yang ada pada gambar. Penggunaan mesin hammer ini akan lebih efisien jika digunakan untuk memproduksi dalam jumlah relatif besar.

Mesin hammer ini digerakkan oleh motor listrik dengan pemindahan gerakan putar motor menjadi gerak translasi atau gerak turun naiknya hammer pemukul. Mesin hammer ada juga yang digerakkan dengan menggunakan sistem hidrolik,

dimana silinder hidrolik ini yang difungsikan untuk proses pemukulan atau pembentukan benda kerjanya.



Gambar 10.10 Bagian Utama Mesin Hammer

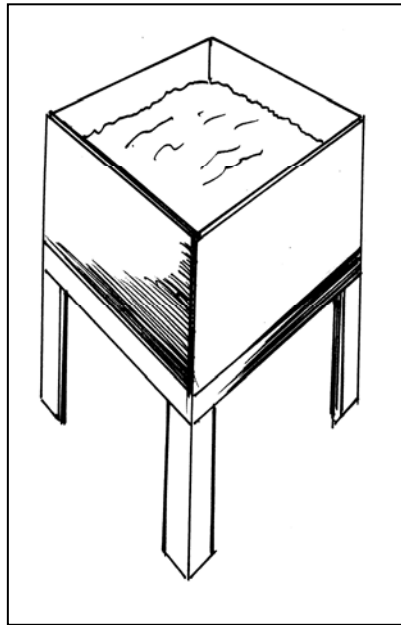
Bagian-bagain Utama Mesin Hammer

1. Kepala Gabungan (*head assembly*)
2. Batang Penyangga (*column to anvil pads*)
3. Pegas Balik (*steel spring replacements*)
4. Tutup Landasan (*anvil cap or sow block*)
5. Isolasi blok landasan (*foundation block isolation*)
6. Landasan (*anvil mat*)

10.4.6. Bak Pendingin

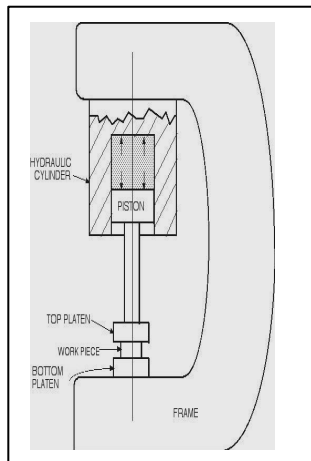
Bak pendingin ini berfungsi untuk mendinginkan benda kerja setelah proses pekerjaan tempa selesai. Bak pendingin ini juga berfungsi sebagai tempat proses *quenching* alat-alat hasil tempa seperti, pada penempaan parang atau pisau, cangkul, kampak dan sebagainya. Media pendingin yang

umum digunakan untuk proses pendinginan cepat atau *quenching* ini terdiri dari beberapa jenis diantaranya, air, olie, dan *minyak sabana*



Gambar10.11. Bak Pendingin

10.4.7. Ragum Tempa

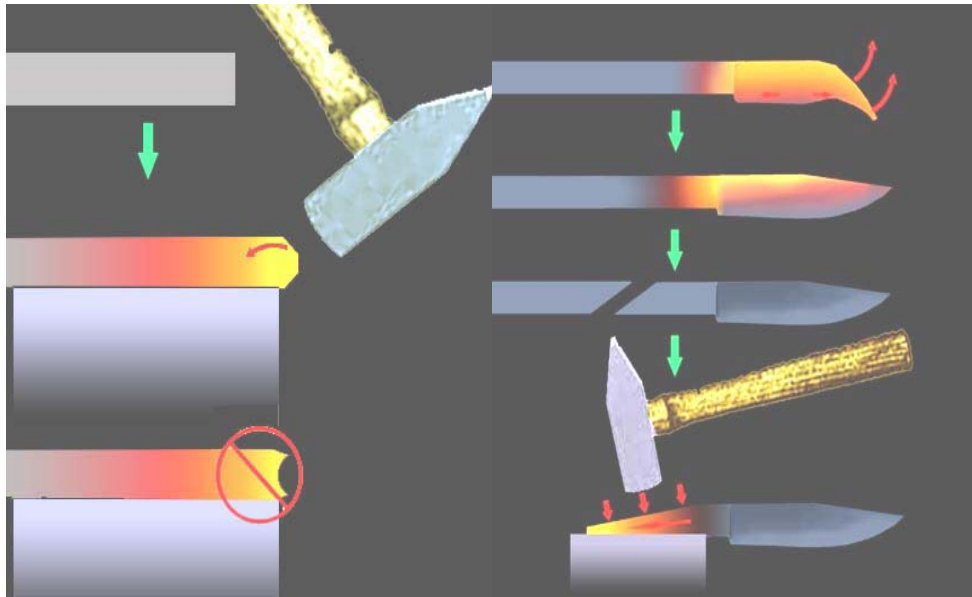


Gambar 10.12 Penjepit Hidrolik



Gambar 10.13 Ragum Tempa

10.4.8. Proses Penempaan Manual



Gambar 10.14 Proses Penempaan Alat Pertanian Parang

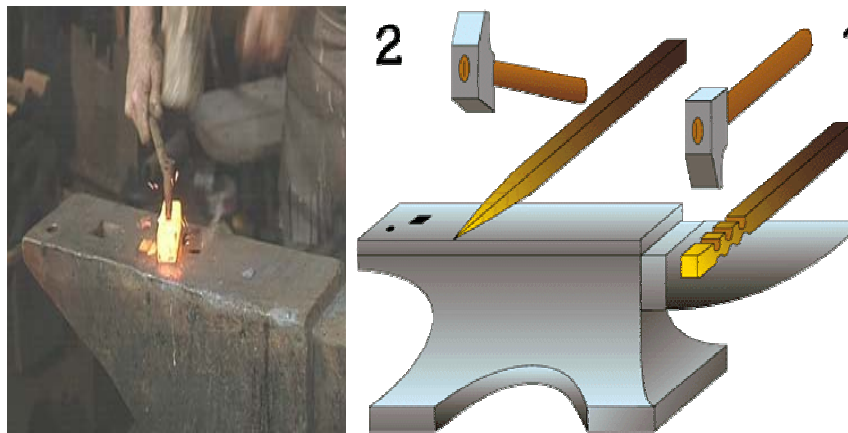
Pada gambar terlihat bahan dasar benda kerja berbentuk persegi empat panjang. Proses penempaan dimulai dari bagian ujung dilakukan pemukulan secara bertahap sampai mencapai benda kerja menjadi bentuk pipih seperti yang diinginkan. Proses pemukulan bertahap yang dimaksud adalah pemukulan merata pada seluruh bagian benda, selanjutnya dilakukan pemukulan kembali secara merata secara berulang-ulang.



Gambar 10.15 Parang Hasil Tempa

Parang hasil tempa terlihat pada gambar di atas hasil pengerjaan tempa secara tradisional setelah proses penempaan ini selesai dilakukan *quenching* atau pendinginan cepat pada bagian sisi parang yang tajam.

10.4.9. Teknik Penempaan di Atas Landasan



Gambar 10.16 Penempaan di Atas Landasan

Teknik penempaan di atas landasan ini dapat dilakukan dengan memperhatikan penggunaan kepala palu dan posisi benda kerja pada landasan. Palu kepala picak digunakan untuk peregangan benda sehingga benda kerja akan mengalami pertambahan panjang. Proses peregangan dilakukan dengan meletakkan benda dibagian tanduk (*horn*) landasan dan dipukul secara bertahap. Palu kepala rata digunakan untuk membentuk benda menjadi rata dan diletakkan di atas bagian permukaan rata dari landasan.



Gambar 10.17 Proses penempaan pembuatan parang

Contoh sederhana pada pembuatan parang panjang diperlihatkan pada gambar di atas dimana tahap awal penempaan dilakukan dengan meregang benda dengan menggunakan palu picak secara bertahap. Tahap berikutnya dilakukan pembentukan dengan palu

rata sampai membentuk benda kerja menjadi pipih. Pada gambar di bawah diperlihatkan parang panjang yang mendekati penyelesaian akhir. Terlihat pekerjaan pembuatan ini sederhana tetapi jika hal ini dilakukan penempa pada tingkat awal maka akan muncul kesalahan-kesalahan dalam proses penempaan. Seperti ketebalan parang yang tidak merata, tingkat kelurusannya yang rendah, lebar yang tidak teratur dan sebagainya.



Gambar 10.18 Penempaan Parang Panjang

10.4.10. Proses Pembentukan Tempa dengan Mesin Hammer



Gambar 10.19 Proses Tempa dengan Mesin Hammer

Proses penempaan dengan menggunakan mesin hammer pada dasarnya sama dengan proses pembentukan secara manual. Pada proses penempaan dengan tangan ini pemukulan yang dilakukan lebih fleksibel, tetapi pembentukan dengan hammer ini pukulan hammer bergerak secara teratur dengan kecepatan pemukulan dapat diatur. Kapasitas pemukulan yang dihasilkan relatif besar dibandingkan pemukulan secara manual. Pada gambar di bawah terlihat mesin *hammer* konvensional dengan penggerak motor listrik.



Gambar 10.20 Mesin Hammer Konvensional

10.4.11. Tempa Menggunakan *Die* Cetakkan

Pengerjaan tempa dapat juga dilakukan dengan menggunakan cetakkan atau *die*. Penggunaan cetakan ini dilakukan pada mesin hammer untuk pembuatan berbagai macam produk tempa. Pada dasarnya pengerjaan tempa dengan menggunakan *die* dapat diketahui dengan meletakkan benda kerja dalam keadaan panas diantara kedua *die* atas dan bawah (gambar 10.21), selanjutnya *die* ditekan dengan hammer. Sampai kedua *die* atas dan bawah merapat. Pembentukan dengan teknik ini sangat menguntungkan apabila profil produk yang dihasilkan mempunyai bentuk kombinasi dan dapat di produksi dalam jumlah besar.

Pada gambar di atas terlihat beberapa model penempaan yang dilakukan dengan menggunakan die. Bentuk awal benda sebelum ditempa berbentuk silinder bulat dan setelah mengalami proses penempaan diperlihatkan menjadi bentuk-bentuk profil simetris.

10.4.12. Hasil Produksi Tempa



Gambar 10.23 Hasil Produksi Tempa 1



Gambar 10.24 Hasil Produksi Tempa 2

Tabel-tabel untuk proses forging

Tabel. 10.2 Forging 1



S3127P Turnbuckle, pipe with nut (forging eye + forging eye)

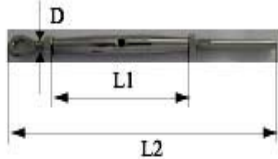
order no. SS316	SIZE	L1 (mm)	L2 (mm)	D (thread)	Pipe surface	Eye	T.D.L. (KGS)	R.W.L (KGS)
6312-7705	5mm	80	132	M5	M.F.	forging	750	188
6312-7706	6mm	90	127	M6	M.F.	forging	1,000	250
6312-7708	8mm	105	159	M8	M.F.	forging	2,200	550
6312-7710	10mm	125	195	M10	M.F.	forging	3,000	750
6312-7712	12mm	150	227	M12	M.F.	forging	5,000	1,250
6312-7714	14mm	165	258	M14	M.F.	forging	6,100	1,525
6312-7716	16mm	190	281	M16	M.F.	forging	8,000	2,000
6312-7720	20mm	210	329	M20	M.F.	forging	10,500	2,625

Recommended working load "R.W.L" is ¼ of "T.D.L" tested deformation load. (Surface M.F. = matt finish)

To order, identify item no. as follows: "S3127P -5mm SS316 X 1000pcs" or use order no. "6312-7705 X 1000pcs"

(www.forging.com)

Tabel. 10.3 Forging 2



S3121/7 Turnbuckle, pipe with nut (forging eye + wire terminal)

order no. SS316	SIZE	L1 (mm)	L2 (mm)	D (thread)	For wire (mm)	Pipe surface	Eye	Terminal	T.D.L. (KGS)	R.W.L (KGS)
6312-1063	5mm	80	156	M5	2.5	M.F.	forging	forging	670	168
6312-1055	6mm	90	163	M6	3	M.F.	forging	forging	670	168
6312-1051	8mm	105	200	M8	4	M.F.	forging	forging	1,800	450
6312-1056	10mm	125	238	M10	5	M.F.	forging	forging	3,450	863
6312-1057	12mm	150	284	M12	6	M.F.	forging	forging	4,800	1,200
6312-1058	14mm	165	312	M14	7	M.F.	forging	forging	6,400	1,600
6312-1059	16mm	190	360	M16	8	M.F.	forging	forging	8,000	2,000
6312-1060	20mm	210	394	M20	10	M.F.	forging	forging	8,000	2,000

Recommended working load "R.W.L" is ¼ of "T.D.L" tested deformation load. (Surface M.F. = matt finish)

To order, identify item no. as follows: "S3121/7-5mm SS316 X 1000pcs" or use order no. "6312-1063 X 1000pcs"

(www.forging.com)

Tabel 10.4 Forging 3



S7801

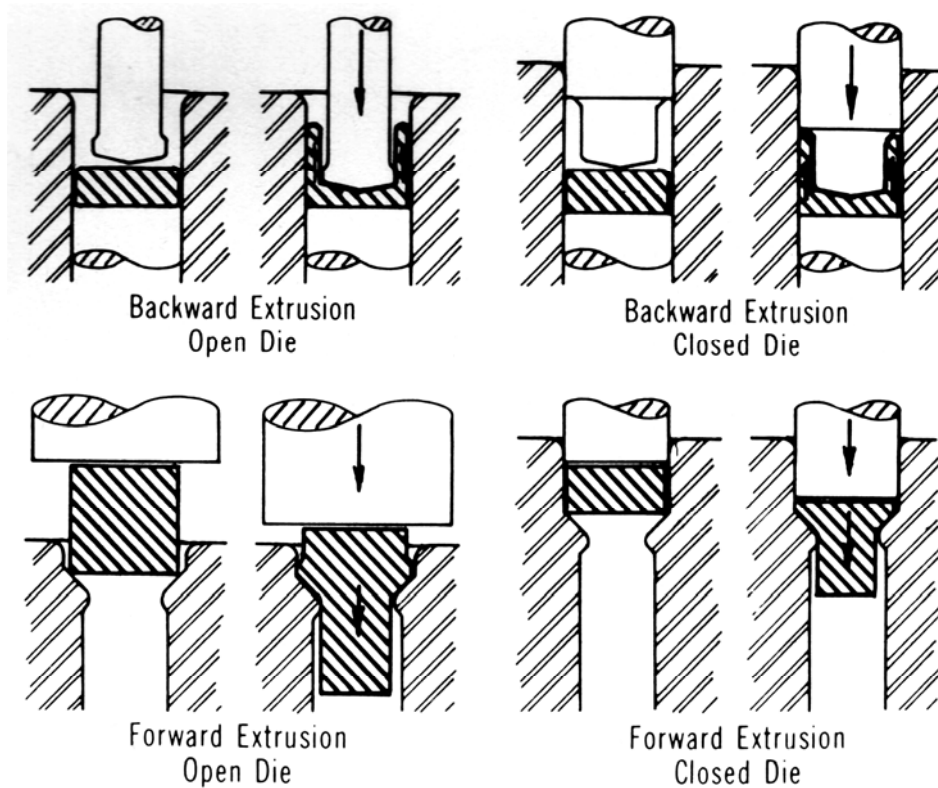
Order no. SS316	SIZE	A (mm)	D (mm)	L (mm)	M	Stud terminal -forging (right)		
						For wire (mm)	surface	Stud
6780-1015	2mm	Ø2.2	Ø5.5	72	M5	Ø2.0	E.P.	forging
6780-1012	2.5mm	Ø2.7	Ø5.5	86	M5	Ø2.5	E.P.	forging
6780-1020	3mm	Ø3.3	Ø6.3	97	M6	Ø3.0	E.P.	forging
6780-1021	4mm	Ø4.3	Ø7.5	115	M8	Ø4.0	E.P.	forging
6780-1026	5mm	Ø5.3	Ø9.1	128	M10	Ø5.0	E.P.	forging
6780-1028	6mm	Ø6.3	Ø12.5	162	M12	Ø6.0	E.P.	forging
6780-1029	7mm	Ø7.3	Ø14.25	178	M14	Ø7.0	E.P.	forging
6780-1030	8mm	Ø8.3	Ø16.08	214	M16	Ø8.0	E.P.	forging
6780-1056	08x12mm	Ø8.3	Ø16.08	198	M12	Ø8	E.P.	forging
6780-1008	1/8" x 5mm	Ø3.5	Ø6.3	85	M5	Ø1/8"	E.P.	forging
6780-1023	5/32" x 6mm	Ø4.3	Ø7.5	106	M6	Ø5/32"	E.P.	forging
6780-1024	5/32" x 8mm	Ø4.3	Ø7.5	108	M8	Ø5/32"	E.P.	forging
6780-1017	3/16" x 8mm	Ø5.1	Ø9.1	124	M8	Ø3/16"	E.P.	forging
6780-1003	1/4" x 10mm	Ø6.7	Ø12.5	162	M10	Ø1/4"	E.P.	forging

(Surface E.P. = electro polish) To order, identify item no. as follows: "S7801-2mm SS316 X 1000pcs" or use order no.
"6780-1015 X 1000pcs"

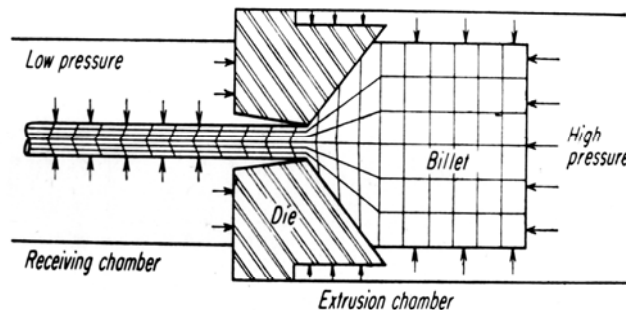
(www.forging.com)

10.5 Ekstrusi

Ekstrusi adalah proses dimana suatu balok logam direduksi penampangnya dengan cara menekan logam tersebut melalui lubang cetakan dengan tekanan yang tinggi. Pada umumnya ekstrusi dipergunakan untuk menghasilkan batang silinder atau tabung berongga, tetapi bentuk-bentuk penampang yang tidak teratur juga dapat dihasilkan, dengan menggunakan logam yang mudah di ekstrusi, misalnya aluminium. Karena pada ekstrusi dibutuhkan gaya yang besar, sebagian besar logam diekstrusi dalam keadaan panas, di mana tahanan deformasi logam rendah. Akan tetapi ekstrusi dingin mungkin dilakukan pada berbagai jenis logam dan telah menjadi komersial yang penting. Reaksi billet ekstrusi dengan wadah dan cetakan menghasilkan tegangan konfresi tinggi yang efektif untuk mengurangi retak bahan yang terjadi pada pembentuk pertama dari ingot. Hal ini merupakan alasan utama bertambahnya pemanfaatan ekstrusi untuk logam yang sulit dibentuk, seperti baja tahan karat, paduan-paduan nikel dan bahan-bahan suhu tinggi yang lain.



Gambar 10.25. Proses Pembentukan Ekstrusi Dingin

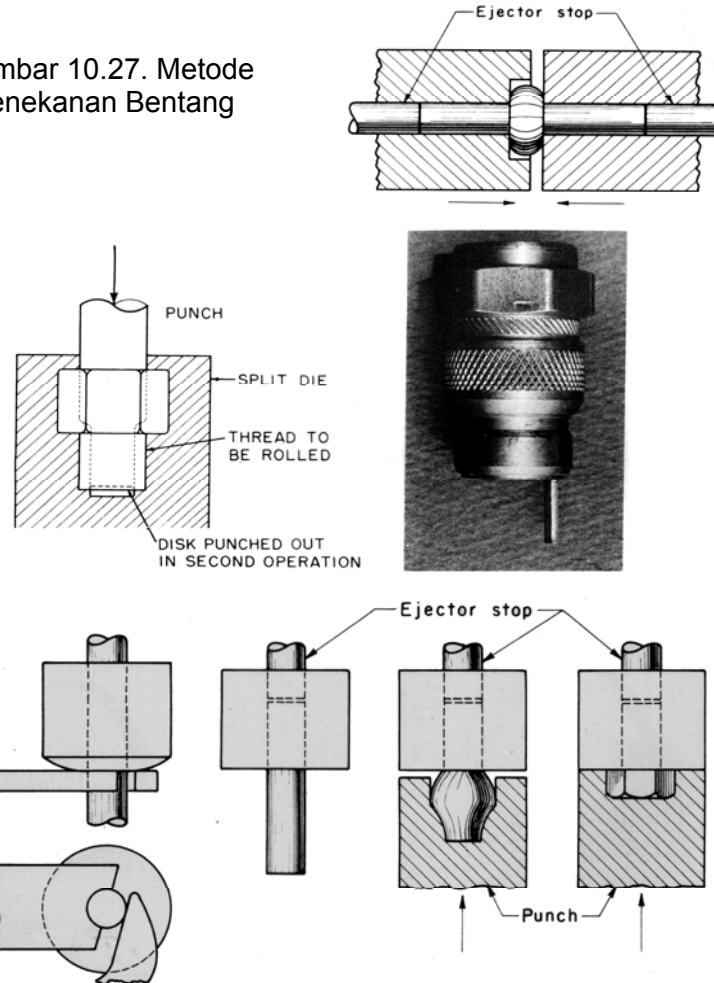


Gambar 10.26. Metode Pembentukan Ekstrusi
(www.ekstrusion.com)

Dua buah dasar ekstrusi adalah ekstrusi langsung dan ekstrusi tak langsung. Ekstrusi langsung dinamakan juga ekstrusi balik. Suatu blok "drummy" atau pelat tekanan, diletakkan pada ujung penekan bersentuhan dengan bilet. Cetakan terdapat pada penekan berongga, sementara ujung wadah yang lain ditutup dengan pelat. Seringkali, untuk ekstrusi tak langsung penekan dengan cetakan diam dan yang bergerak adalah wadah dan bilet. Karena pada ekstrusi tak langsung tidak ada

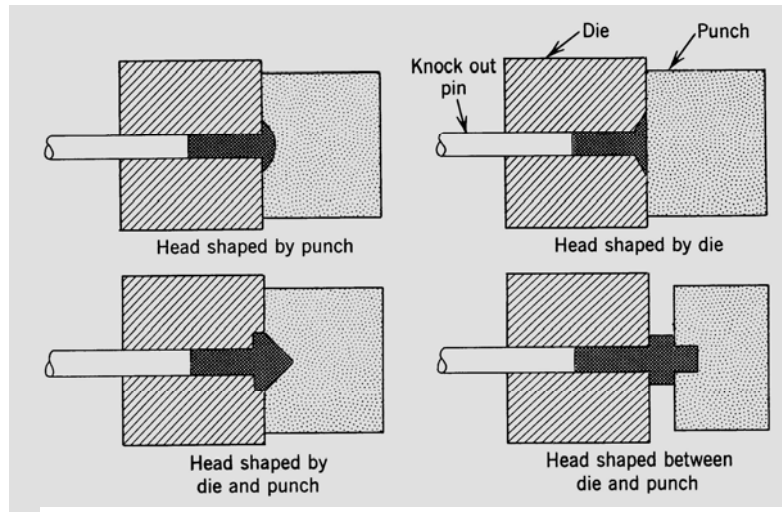
gerakan relatif antara dinding wadah dan billet, gaya geseknya rendah dan daya yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan dengan ekstrusi langsung. Akan tetapi, ekstrusi tak langsung mempunyai batas operasi, karena digunakan penekan berongga, beban jadi terbatas.

Gambar 10.27. Metode penekanan Bentang



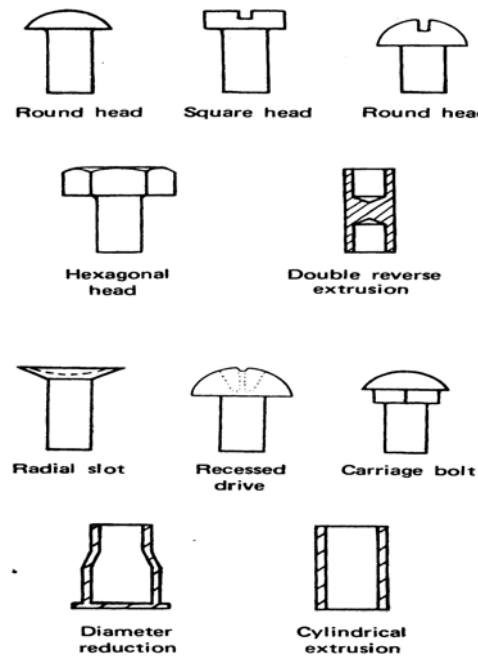
Gambar 10.28. Langkah Pembentukan Kepala

Pada gambar di atas terlihat proses ekstrusi dalam pembentukan kepala baut. Pembentukan kepala baut ini melalui dua tahap seperti yang terlihat pada langkah awal dan langkah *finishing* yang menggunakan punch berbentuk kepala baut.

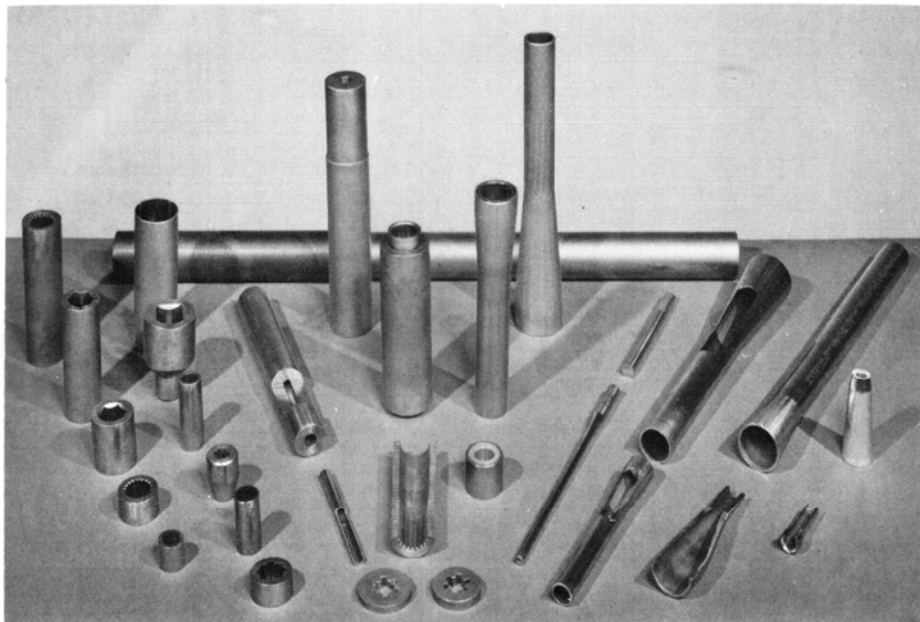
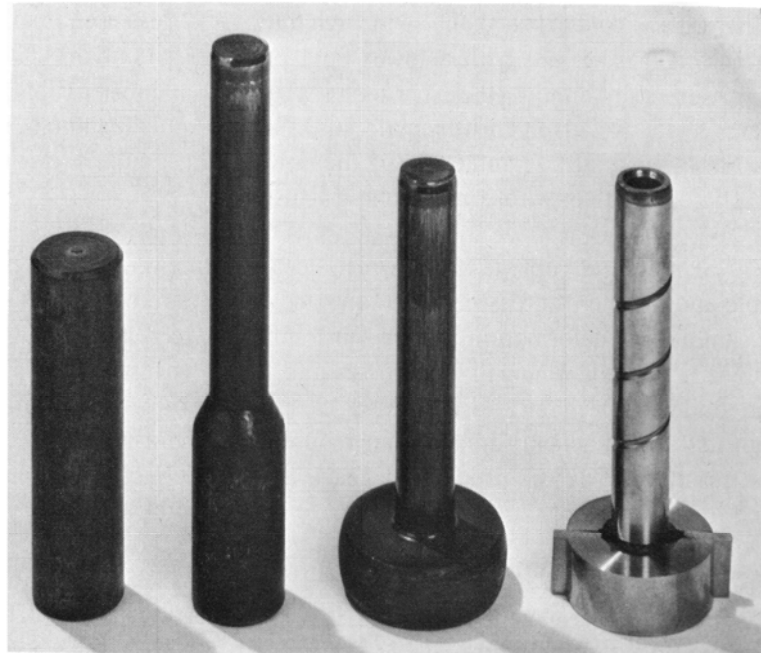


Gambar 10.29 Pembentukan Kepala Paku Keling
(www.extrusion.com)

Gambar 10.29 memperlihatkan proses pembentukan kepala paku keling dengan sekali proses penekanan. *Punch* yang digunakan langsung berbentuk kepala paku keling seperti yang diinginkan.



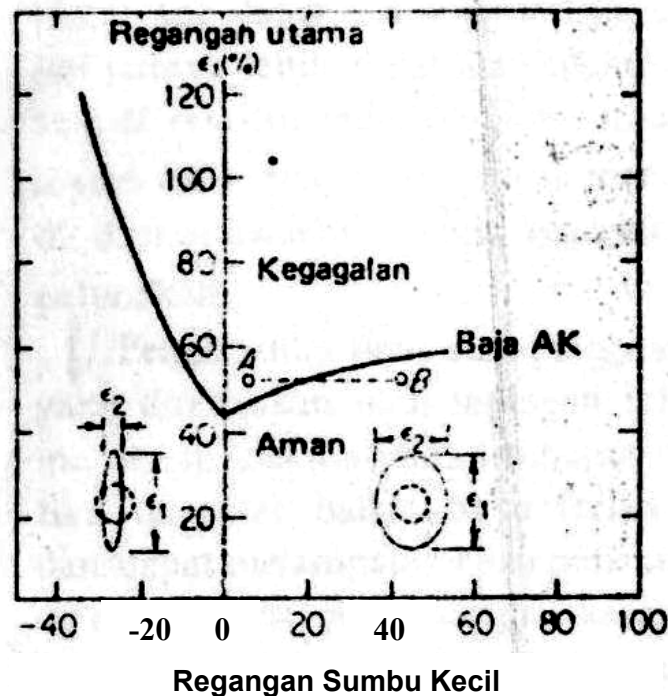
Gambar 10.30 Hasil Produk Ekstrusi 1



Gambar 10.31. Hasil dari Proses Ekstrusi 2

10.6 Kriteria Pembentukan

Proses pembentukan lembaran pelat merupakan proses yang lebih rumit, maka pengukuran sifat mekanis yang sederhana dengan uji tarik menghasilkan data-data yang terbatas. Sejalan dengan perkembangan waktu, sejumlah pengujian laboratorium telah dikembangkan untuk mengevaluasi kemampuan pembentukan bahan lembaran. Uji mangkuk datar berdasar *Swift* adalah pengujian yang dibakukan untuk penarikan dalam. Kemampuan tarik dinyatakan sebagai besaran perbandingan batas penarikan. Pada uji *Olsen* dan *Erichsen*, lembaran diklem diantara 2 cetakan cincin, sementara penekanan biasanya berupa bola, ditekan pada lembaran hingga pecah.

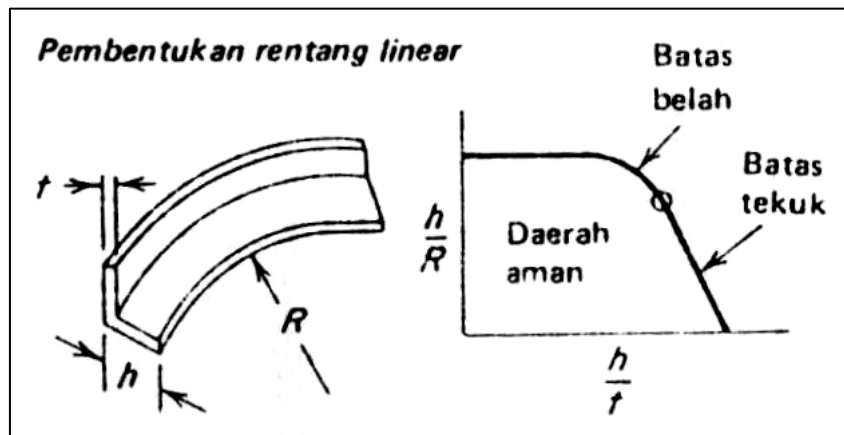


Gambar 10.32 Diagram Batas Pembentukan Keeler Goodwin (Lyman, 1968)

Kedalaman pengembangan sebelum lembaran pecah, diukur. Uji ini membebani lembaran dengan rentangan, sementara uji *Swift* pada hakekatnya merupakan penarikan dalam murni. Akan tetapi, sebagian besar proses pembentukan lembaran merupakan kombinasi dari perentangan dwi sumbu dan penarikan dalam. Uji *Fukui*, yang menghasilkan mangkuk kerucut dengan menggunakan penekan $\frac{1}{2}$ bola, juga merupakan kombinasi antara perentangan dan penarikan dalam.

Teknik yang sangat berguna untuk mengendalikan kegagalan pada pembentukan logam lembaran adalah diagram batas pembentukan. Permukaan lembaran diberi kisi lingkaran, yang dibuat dengan cara elektro kimia. Apabila logam mengalami deformasi, maka lingkaran berubah menjadi elips. Sumbu pendek dan sumbu panjang elips menyatakan dua buah regangan utama. Regangan dalam dua arah ini diukur sebagai perubahan sumbu-sumbu panjang yang pendek. Regangan ini pada setiap titik permukaan, kemudian dibandingkan dengan diagram Keeler Goodwin untuk suatu bahan. Keadaan regangan di atas kurva menyatakan kegagalan, sedangkan di bawahnya tidak menyebabkan perpatahan. Sebagai contoh, titik A adalah titik yang mengalami kegagalan, tetapi jika distribusi regangan diubah (mungkin dengan mengubah jari-jari cetakan), maka dapat digerakkan ke titik B, yang tidak menyebabkan kegagalan logam. Kurva kegagalan untuk daerah tarik-tekan telah diselidiki oleh Keeler dan hampir tetap untuk berbagai jenis baja karbon rendah. Logam-logam yang lain, seperti aluminium mempunyai kurva yang berbeda. Penentuan daerah tarik-tekan pertama kali dilakukan oleh Goodwin.

Pendekatan lain untuk meramalkan kemampuan bentukan lembaran adalah analisis bentuk tarikan rentang. Batas pembentukan bahan ditentukan dengan menggunakan uji Olsen dan uji pelengkungan mangkuk (*cupping*) Swift. Kemudian bahan uji dipotong-potong menjadi bentuk-bentuk yang sederhana dan besar tarikan atau rentangan dihitung dari geometrinya. Hasil yang diperoleh memberikan diagram batas pembentukan dan tingkat pembentukan yang dapat dicapai.



Gambar 10.33 Kemampuan Bentukan
(Wood Cs)

Gambar kemampuan bentukan serba guna telah dikembangkan untuk proses-proses tertentu seperti; pelesungan (*damppling*), penyentakan (*jogging*), pembentukan rentang linear, pembentukan karet,

perangkaian (*beading*) dan pemutaran. Biasanya, pekerjaan-pekerjaan tersebut merupakan proses yang digunakan di industri angkasa luar. Parameter dimensional kritis, telah disusun untuk setiap proses. Suatu contoh pembentukan rentang linear terdapat pada di atas.

Analisis komputer diterapkan untuk melihat proses deformasi mengenai bahan tegar, sehingga rancangan dengan bantuan komputer dan analisis dengan bantuan komputer juga telah diterapkan di bidang pembentukan lembaran. Sistem dengan bantuan komputer dapat menentukan apakah bentuk tertentu dapat dibuat dari lembaran logam berdasarkan gambar rancangan. Program analisis komputer terdiri dari hubungan konstitusi bahan, untuk menentukan regangan kritis. Data untuk FLD dapat ditentukan dengan menggunakan lengkungan bahan lembaran secara eksperimen atau FLD dapat dihitung.

10.7 Cacat Pada Produk Pembentukan

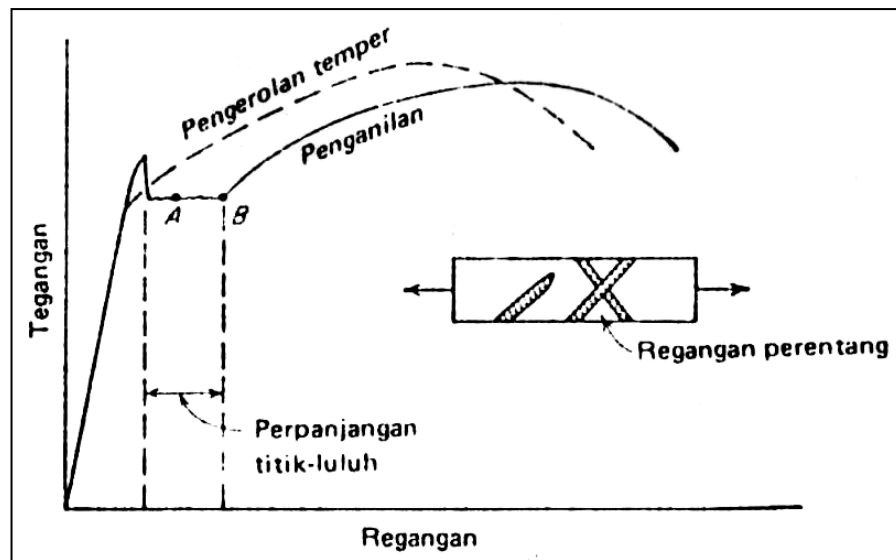
Cacat merupakan hal yang tak diinginkan pada produk komponen lembaran-logam adalah terbentuknya retak yang akan merusak secara keseluruhan. Kegunaan komponen juga dapat dirusakkan oleh penyempitan setempat atau penipisan atau penekukan dan pengkerutan pada daerah tegangan tekan. Cacat lain adalah kegagalan untuk mempertahankan toleransi dimensi karena terjadi balikan pegas.

Pada penarikan dalam mangkuk, kegagalan yang paling sering terjadi adalah pemisahan dasar pada daerah yang mengalami penipisan paling besar yaitu di dekat lengkungan pons. Cacat ini dapat diminimumkan dengan cara mengurangi penipisan dengan pons yang jari-jari lebih besar atau memperkecil beban pons pada saat dilakukan penarikan. Jika terjadi retakan radial di flens atau pada pinggiran mangkuk, maka hal ini berarti bahwa logam tidak cukup ulet untuk menahan pengkerutan melingkar yang besar yang diperlukan di daerah tersebut. Jenis kegagalan ini lebih sering terjadi pada penarikan ulang tanpa pelunakan.

Pengkerutan flens atau pinggiran mangkuk merupakan akibat dari penekukan lembaran yang disebabkan oleh tegangan tekan melingkar yang tinggi. Pada analisis tipe kegagalan ini, setiap elemen pada lembaran dapat dianggap sebagai kolom yang diberi beban tekan. Jika diameter bahan baku terlalu besar, beban dalam pounds akan sangat meningkat nilainya, dan dapat melampaui beban penekukan kritis kolom. Karena stabilitas kolom turun dengan meningkatnya perbandingan kerampingan, maka beban penekukan kritis akan

dicapai pada beban yang lebih rendah untuk lembaran tipis. Untuk mencegah cacat ini, diperlukan pemakaian tekanan penekan yang cukup agar penekukan hilang.

Komponen yang dibentuk dari logam lembaran biasanya memiliki luas permukaan yang besar, maka mudah terkena cacat permukaan yang mengurangi keindahan penampilan komponen tersebut. Kekasaran permukaan yang tampak jelas pada komponen yang mengalami deformasi yang cukup besar dinamakan keriput jeruk (*orange peeling*). Efek keriput jeruk terjadi pada logam lembaran berbutir agak kasar. Cacat ini hasil dari deformasi yang cenderung untuk terdeformasi secara tersendiri, dan karena itu butiran memuat di permukaan, cara terbaik untuk mengatasi hal ini adalah menggunakan lembaran logam berbutir halus, sehingga deformasi-nya lebih seragam dan masing-masing butir sulit dibedakan dengan mata telanjang.



Gambar 10.34 Hub. Regangan Perentangan dengan Kurva Tegangan –Regangan (Dieter,1986)

Cacat yang berada pada permukaan pelat sering terdapat pada lembaran baja karbon rendah adalah adanya regangan perentang, atau cacing (*worm*). Cacat ini nampak sebagai pola yang mirip lidah api di bagian yang rendah pada permukaan. Penurunan bagian permukaan maksimum, dan dengan meningkatnya deformasi cacat menghasilkan permukaan kasar yang seragam. Cacat regangan perentang berkaitan langsung dengan titik luluh pada kurva tegangan-regangan dan deformasi tak seragam yang terjadi akibat regangan titik luluh. Logam pada regangan perentangan mengalami perentangan sebesar β , sementara logam sisanya hampir-hampir tidak ada regangannya. Hal yang biasa dilakukan untuk mengatasi adalah deformasi dingin baja lembaran sebesar $\frac{1}{2}$ hingga 2% reduksi

tebal. Pengerolan temper atau pengerolan permukaan cukup mampu menghilangkan titik luluh yang ada, akan tetapi jika baja selama penyimpanan mengalami penyepuhan regang, maka titik luluh akan muncul lagi, dan kesulitan yang berkaitan dengan regangan perentang akan timbul lagi.

Pengerahan sifat-sifat mekanis akibat pengerolah dan proses pengerjaan primer yang lain mempunyai pengaruh yang penting terhadap kemampuan pembentukan suatu logam. Penyeratan mekanis sedikit pengaruhnya pada kemampuan bentuk, sedangkan penyeratan *kristalografi* atau orientasi yang diutamakan, mempunyai pengaruh cukup besar. Biasanya pembengkokan lebih sulit apabila garis pembengkokan sejajar dengan arah pengerolan dan pembengkokan pada arah tegak lurus arah pengerolan jauh lebih mudah.

Salah satu ciri pengarah yang muncul pada penarikan dalam adalah gejala pembentukan kuping (*caring*). Pembentukan kuping adalah terjadinya pinggiran berombak pada bagian atas mangkuk hasil penarikan yang memerlukan pemangkasan untuk menghasilkan bagian atas yang rata. Biasanya terbentuk dua, empat atau enam kuping, tergantung pada orientasi yang diutamakan pada lembaran. Terjadinya kuping dikaitkan langsung dengan *anisotropi planar*, yang dinyatakan sebagai ΔR .

10.8 Rangkuman

Proses pengerjaan panas merupakan proses pembentukan yang dilakukan pada daerah di atas temperatur *rekristalisasi* (temperatur tinggi) logam yang diproses. Logam akan mengalami perubahan sifat menjadi lebih lunak pada temperatur tinggi, kenyataan inilah yang membawa keuntungan-keuntungan pada proses pengerjaan panas, yaitu deformasi yang diberikan kepada benda kerja menjadi lebih relatif besar.

Pengerjaan panas biasanya digunakan pada proses-proses pembentukan primer yang dapat memberikan deformasi yang besar, misalnya: proses pengerolan panas, tempa dan *ekstrusi*. Segregasi dapat berkurang dengan adanya pemanasan. Pada temperatur tinggi peristiwa difusi akan mudah berlangsung, sehingga efeknya akan lebih menghomogenkan komposisi kimia. Proses pemanasan untuk mengurangi segregasi ini dinamai proses homofenisasi. Besarnya pelunakan dari masing-masing mekanisme tersebut tergantung pada jenis logamnya, temperatur pengerjaan, serta kecepatan proses deformasi atau laju regangannya.

Batas atas temperatur pengerjaan panas adalah sekitar 50-100 °C di bawah titik cairnya. Biasanya proses pengerjaan panas dilakukan

secara berurutan, misalnya proses pengerolan panas dan diproses tempa yang bertahap.

Menempa merupakan salah satu proses pembentukan yang dilakukan pada benda kerja dalam kondisi panas. Panas yang dimaksudkan adalah sebelum dilakukan proses pembentukan benda logam dipanaskan terlebih dahulu sampai mencapai temperatur tempa yang diinginkan.

Prinsip dasar menempa secara mekanika mempunyai komponen pembentukan pengepresan atau tekan, peregangan atau tarik, dan pemotongan/geser. Dapur pemanas ini terdiri dari tempat pembakaran, bodi, cerobong asap, motor penggerak, *blower*, dan bak pendingin. Untuk menghasilkan suatu produksi yang baik dan memenuhi standar pada proses tempa ini dilakukan dengan menghitung volume awal pada saat benda belum terbentuk dan volume benda pada saat benda sesudah dibentuk. Secara matematis antara volume benda sebelum dibentuk dan sesudah dibentuk harus sama.

Ekstrusi adalah proses dimana suatu balok logam direduksi penampangnya dengan cara menekan logam tersebut melalui lubang cetakan dengan tekanan yang tinggi. Dasar ekstrusi adalah ekstrusi langsung dan ekstrusi tak langsung blok dinamakan juga ekstrusi balik. Suatu blok "*drummy*" atau pelat tekanan, diletakkan pada ujung penekan bersentuhan dengan bilet.

10.9 Soal Latihan

1. Apa keuntungan dari pengerjaan panas?
2. Jelaskan proses pengerjaan panas yang digunakan untuk pembentukan komponen mesin!
3. Bagaimana sifat logam apabila dipanaskan?
4. Apa yang dimaksud dengan proses tempa dan ekstrusi?
5. Apa ciri-ciri komponen logam yang dihasilkan dari ekstrusi?
6. Apa yang dimaksud dengan segregasi?
7. Jelaskan istilah dari forging welding!
8. Terangkan peralatan yang digunakan pada proses tempa?
9. Warna menjadi patokan pada seorang penempa untuk menentukan temperatur benda kerja jelaskanlah kriteria warna dan temperaturnya?
10. Jelaskan jenis-jenis pal tempa dan kegunaannya!

11. Prinsip antara kesamaan volume sebelum dan sesudah menempa digunakan untuk apa?
12. Apa yang menyebabkan proses tempa (forging) ini masih dibutuhkan saat sekarang ini?
13. Hal-hal apa yang harus diperhatikan pada proses menempa?
14. Bagaimana anda mengatur benda kerja pada tungku pemanas agar pemanasan benda kerja menjadi lebih optimal?
15. Jelaskan yang dimaksud dengan ekstrusi langsung dan tak langsung!

BAB. 11

METODE PERAKITAN (*Assembling Methods*)



11.1. Dasar-Dasar Perakitan

Perakitan adalah proses penggabungan dari beberapa bagian komponen untuk membentuk suatu konstruksi yang diinginkan. Proses perakitan untuk komponen-komponen yang dominan terbuat dari pelat-pelat tipis dan pelat tebal ini membutuhkan teknik-teknik perakitan tertentu yang biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor.

Diantaranya faktor-faktor yang paling berpengaruh adalah :

1. Jenis bahan pelat yang akan dirakit
2. Kekuatan yang dibutuhkan untuk konstruksi perakitan
3. Pemilihan metode penyambungan yang tepat
4. Pemilihan metode penguatan pelat yang tepat
5. Penggunaan alat-alat bantu perakitan
6. Toleransi yang diinginkan untuk perakitan
7. Keindahan bentuk
8. Ergonomis konstruksi
9. *Finishing*

Dasar pentingnya teknik perakitan untuk pembuatan suatu konstruksi dari bahan pelat-pelat tipis ataupun pelat tebal ini adalah

harus mempertimbangkan faktor–faktor di atas, jika faktor ini diabaikan maka kemungkinan hasil perakitan kurang baik dan kemungkinan yang lebih fatal lagi adalah konstruksi hasil perakitan akan rusak.

11.2. Faktor–faktor yang Mempengaruhi Perakitan

- Jenis bahan logam yang akan dirakit
Setiap jenis bahan mempunyai sifat-sifat khusus dari bahan lainnya, sehingga sewaktu dilakukan perakitan jenis bahan sebelumnya harus diketahui sifat-sifatnya. Sebab dengan diketahuinya sifat-sifat bahan ini sangat berpengaruh terhadap pemilihan metode penyambungan. Misalnya jenis bahan aluminium yang akan dirakit mempunyai kesulitan apabila dilas, untuk itu dicari alternatif lain untuk proses penyambungan yakni dengan memperhitungkan dan mempertimbangkan proses kerja yang lebih mudah dan efisien.
- Kekuatan yang dibutuhkan
Pertimbangan kekuatan yang dibutuhkan untuk suatu konstruksi, sebaiknya telah dihitung sewaktu merencanakan konstruksi sambungan yang akan dikerjakan. Hal ini dengan mempertimbangkan untuk apa konstruksi itu digunakan dengan dasar ini maka kita dapat memilih metode penyambungan dalam perakitan.
Dasar pertimbangan ini adalah dengan meninjau proses kerja yang mudah dan sesuai untuk kekuatan konstruksi sambungan yang diminta.
- Pemilihan metode penyambungan
Pemilihan metode penyambungan ini sangat erat hubungannya dengan jenis bahan dan kekuatan sambungan yang dibutuhkan. Sebab setiap metode penyambungan mempunyai keistimewaan tersendiri. Apabila kita salah dalam memilih metode penyambungan, maka akibatnya komponen yang kita rakit kurang baik hasilnya atau kemungkinan rusak. Seperti pada penyambungan komponen dari pelat baja tipis, jika menggunakan sambungan las pelat akan dapat tersambung kuat dan rapat. Sebaliknya, pelat akan melengkung akibat pengaruh panas pengelesan.
Pemilihan metode keling (*riveting*) atau las tahanan mungkin lebih baik hasilnya dari pengelasan biasa.
- Pemilihan Metode Penguatan
Penguatan pelat bertujuan untuk memberikan kekakuan pada pelat yang mengalami proses pembentukan. Karena bahan

dasar pelat ini relatif tipis, maka biasanya dibutuhkan penguatan-penguatan pada pelat baik pada tepi maupun bodi. Pemilihan penguatan ini disesuaikan dengan bentuk konstruksi yang dihasilkan. Seperti contoh dalam pembuatan silinder dari bahan pelat tipis maka tepi silinder akan menghasilkan ketajaman dan mudah lentur, maka kondisi ini akan memberikan pertimbangan untuk menambah kawat pada tepi silinder tersebut. Penambahan kawat dengan lipatan ini akan memberikan tepi pelat menjadi tidak tajam dan kuat.

- **Penggunaan Alat Bantu Perakitan**
Alat-alat bantu dalam perakitan harus dipertimbangkan berdasarkan bentuk-bentuk konstruksi. Konstruksi yang terdiri dari jumlah komponen yang banyak membutuhkan alat bantu perakitan. Alat bantu ini terutama dibutuhkan untuk memproduksi suatu alat dalam jumlah yang relatif besar. Alat bantu yang dibutuhkan seperti *Jig* dan *fixture*. Alat-alat bantu sederhana yang dibutuhkan diantaranya klem penjepit, mal-mal dan sebagainya.
- **Toleransi**
Toleransi dalam perakitan dipertimbangkan berdasarkan pasangan antara elemen yang dirakit menjadi komponen yang lebih besar. Toleransi untuk pasangan ini dikenal dengan istilah *interchange ability* (sifat mampu tukar). Patokan dasar dalam perakitan harus ditentukan terlebih dahulu sebagai acuan dasar untuk merangkai komponen yang lain.
- **Bentuk /Tampilan**
Tampilan suatu produk sangat mempengaruhi terhadap nilai jual produk itu *sendiri*. Tampilan pada dasarnya diawali dari gambar atau desainnya. Tampilan disesuaikan dengan penggunaan konstruksi di lapangan.
- **Ergonomis**
Ergonomis yang dimaksud dalam perakitan ini adalah kesesuaian antara produk dengan kenyamanan si pemakai (*end user*) . Artinya apabila produk ini digunakan tidak menimbulkan cepat letih, membahayakan, membosankan, dan sebagainya.
- **Finishing**
Finishing atau pekerjaan akhir merupakan bagian yang sangat penting dalam proses perakitan. *Finishing* ini akan memberikan tampilan terhadap nilai jual produk.

11.3. Prosedur Perakitan

Langkah perakitan untuk berbagai komponen mesin ini dipersiapkan menurut langkah persiapan, pelaksanaan dan finishing.

- Persiapan
 - Menyiapkan alat bantu/*jig*
 - Alat bantu dipilih yang sesuai dengan konstruksi yang dirakit
- Pelaksanaan
 - Menentukan teknik untuk mengikat/menyambung antara komponen.
 - Komponen-komponen yang dirakit diperiksa posisinya, meliputi: kesikuan, kerataan dan kelurusan sesuai spesifikasi.
 - Posisi yang dibutuhkan untuk merakit komponen-komponen dalam hal kesikuan, kerataan, kelurusan dapat menentukan garis acuan (*datum line*) jika diperlukan.
 - Apabila diperlukan, garis acuan (*datum line*) yang sesuai ditandai dengan benar sesuai fasilitas perakitan.
 - Jig dan perlengkapan perakitan dan alat-alat yang diperlukan distel dan dipakai.
- Finishing

Perakitan diperiksa secara visual dan ukurannya disesuaikan dengan gambar dan spesifikasi.

11.4. Metode Perakitan

➤ Metode Cascade

Metode Cascade adalah metode perakitan antara komponen dengan langkah yang berurutan. Pada prinsipnya metode ini banyak digunakan untuk sistem pengabungan antara komponen dengan menggunakan rivet atau paku keling. Dalam proses pengabungan atau penyambungan antara komponen dari bahan pelat-pelat tipis. Metode Cascade ini banyak digunakan untuk perakitan dengan menggunakan sistem sambungan riveting atau keling. Proses riveting ini dengan menggunakan alat sederhana yakni perangkat penembak paku. Alat ini menjepit paku yang sudah dimasukkan dalam lobang hasil pengeboran pelat yang akan disambung. Selanjutnya alat ini ditekan secara bertahap sampai batang paku putus.

➤ Metode Keseimbangan

Metode keseimbangan dalam perakitan merupakan proses penyambungan komponen-komponen dengan menggunakan spot welding. Penggunaan perakitan dengan las spot ini sangat banyak digunakan untuk penyambungan pelat-pelat tipis. Aplikasi proses penyambungan dengan spot welding ini digunakan di industri mobil dan kereta api, juga industri pesawat terbang yang menggunakan bodinya dari bahan pelat-pelat tipis. Keseimbangan yang dimaksudkan dalam proses ini adalah posisi sambungan dibeberapa titik harus dilakukan secara seimbang.

➤ Metode Bongkar Pasang (Knock down)

Metode bongkar pasang atau istilah yang lebih populernya adalah *knock down* merupakan metode yang banyak digunakan untuk perakitan.

Metode bongkar pasang ini bertujuan diantaranya :

- Memudahkan dalam mobilitas atau transfortasi.
- Memudahkan untuk proses perawatan atau penggantian komponen bagian-bagian dalam.
- Memudahkan dalam operasional pekerjaan.
- Konstruksi menjadi lebih sederhana
- Penggunaan lebar bahan dan jenis dapat dengan mudah diterapkan dalam perakitan.

Proses perakitan dengan metode *knock down* ini umumnya menggunakan sambungan baut dan mur ataupun *screw*. Perakitan dengan metode ini harus dilakukan secara teliti, terutama dalam hal pengeboran lobang-lobang yang akan dirakit. Pengeboran lobang-lobang ini biasanya dilakukan dengan memberi posisi dasar pemasangan. Lobang yang tidak tetap lebih besar dari lobang yang tetap.

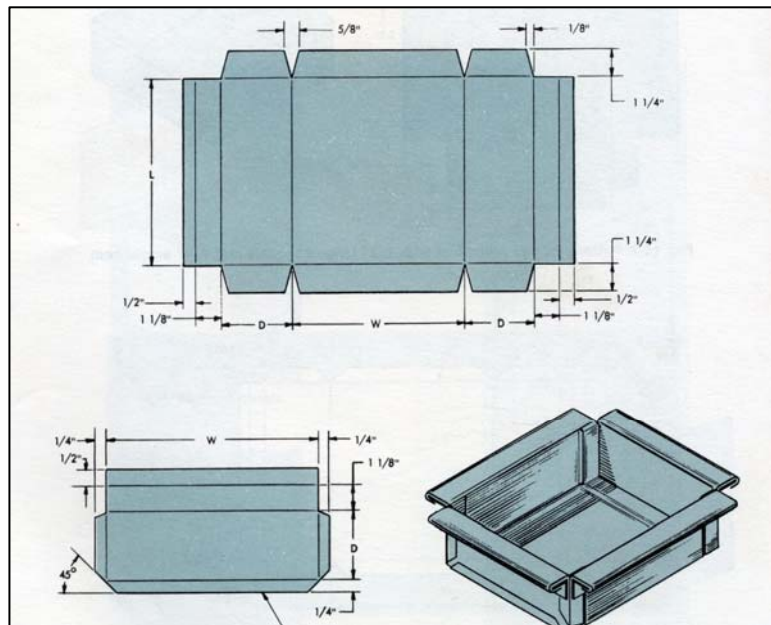
Beberapa contoh-contoh baut dan mur juga *screw* yang umum digunakan di pasaran. Jenis dan ukuran diameter dan panjang sangat bervariasi.



Gambar 11.1 Macam-macam Screw, Baut

11.5. Aplikasi Perakitan

❖ Perakitan Kotak Persegi



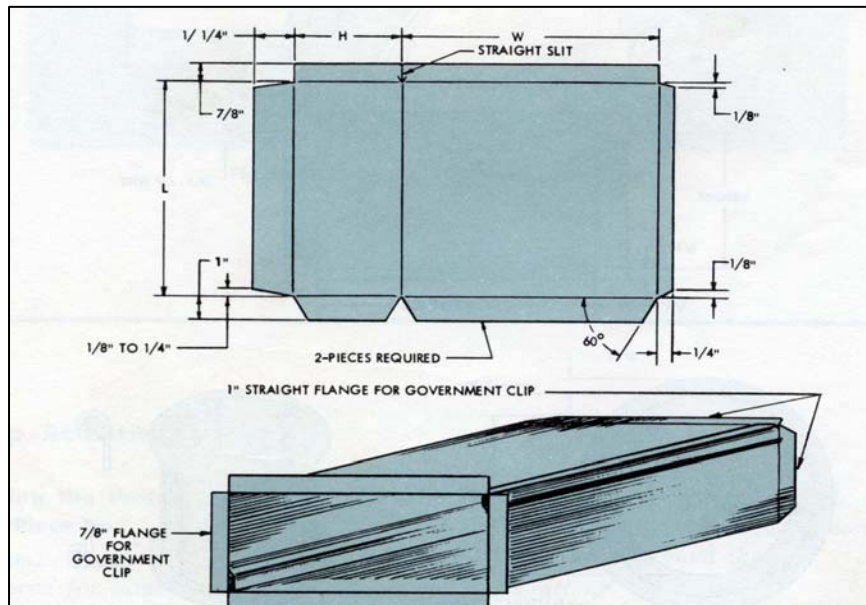
Gambar 11.2 Kotak Persegi

- Langkah Perakitan
 - Menandai bagian sisi pelat yang akan ditekuk

- Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
- Menekuk sisi pelat menjadi persegi.
- Menyambung lipatan bodi dengan solder

- Alat yang digunakan
- Mistar baja, penggores
 - Gunting
 - Palu rata
 - Landasan persegi
 - Alat solder, bahan tambah (timbel), dan pasta

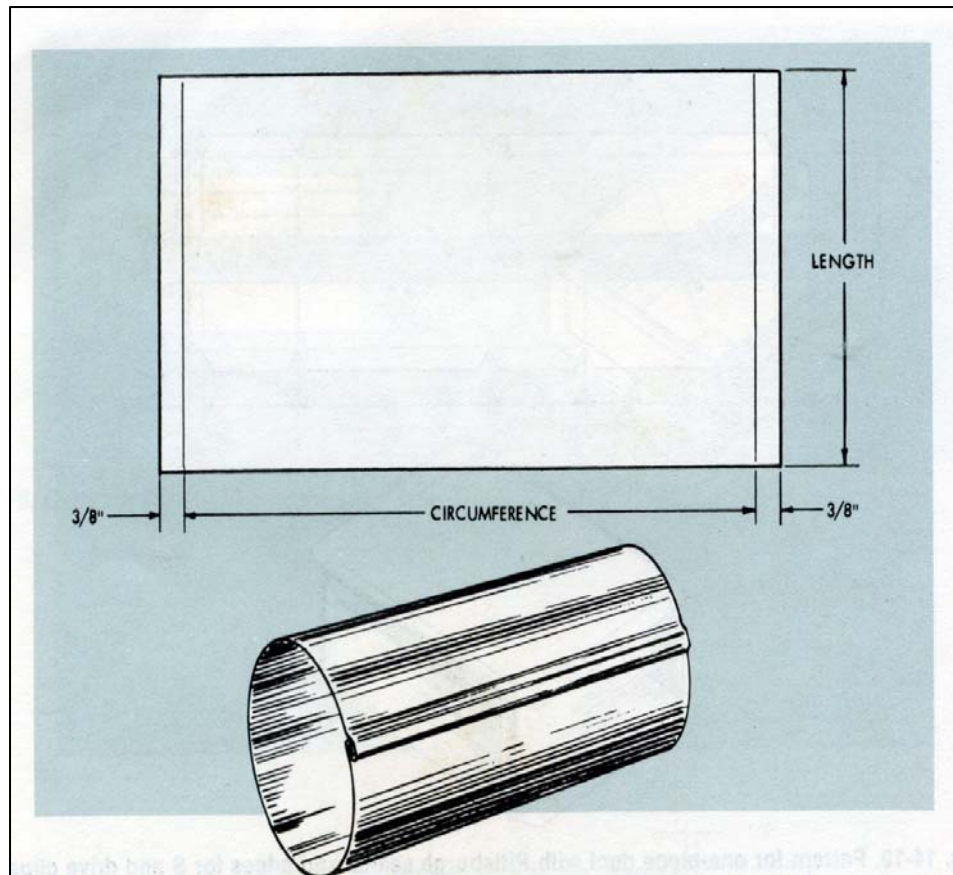
❖ Perakitan Kotak Saluran



Gambar 11.3. Kotak Saluran

- Langkah Perakitan
- Menandai bagian sisi pelat yang akan ditekuk
 - Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
 - Menekuk sisi pelat menjadi persegi.
 - Menyambung lipatan bodi dengan sambungan lipat
- Alat yang digunakan
- Mistar baja, penggores
 - Gunting
 - Palu rata
 - Landasan persegi

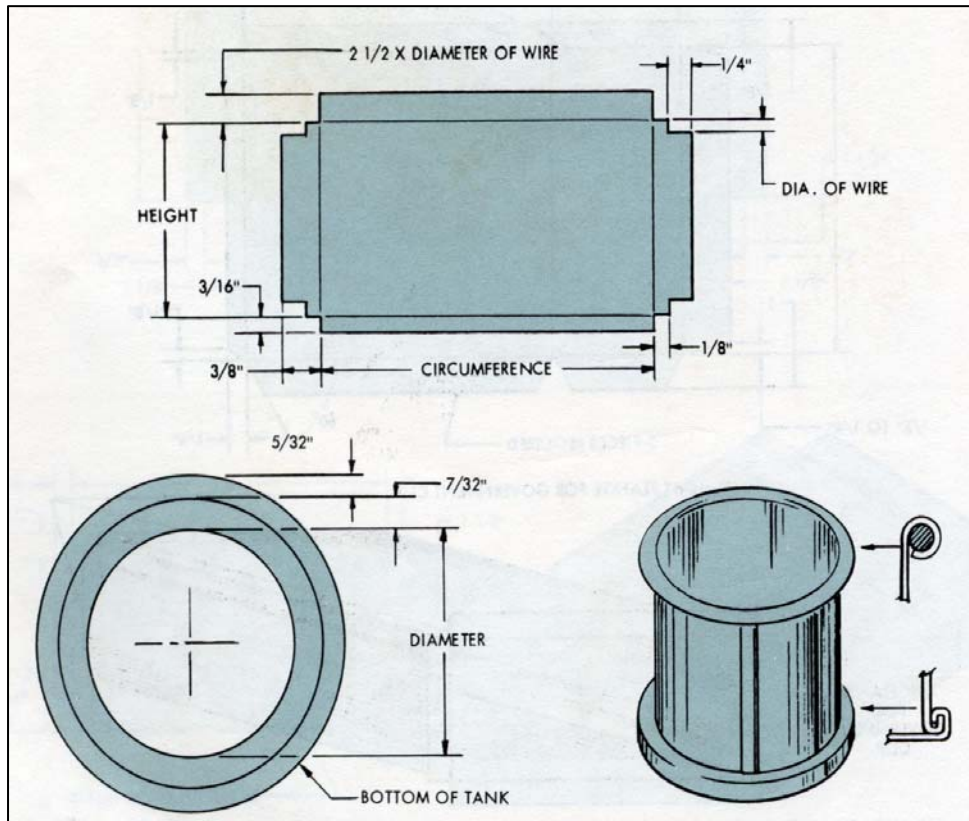
❖ Perakitan Silinder



Gambar 11.4. Silinder

- Langkah Perakitan
 - Menandai bagian sisi pelat yang akan ditekuk
 - Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
 - Mengerol sisi pelat menjadi silinder.
 - Menyambung lipatan bodi dengan sambungan lipat
- Alat yang digunakan
 - Mistar baja, penggores
 - Gunting
 - Palu rata
 - Landasan pipa /silinder

❖ Perakitan Silinder dengan Pengawatan



Gambar 11.5. Silinder dengan pengawatan

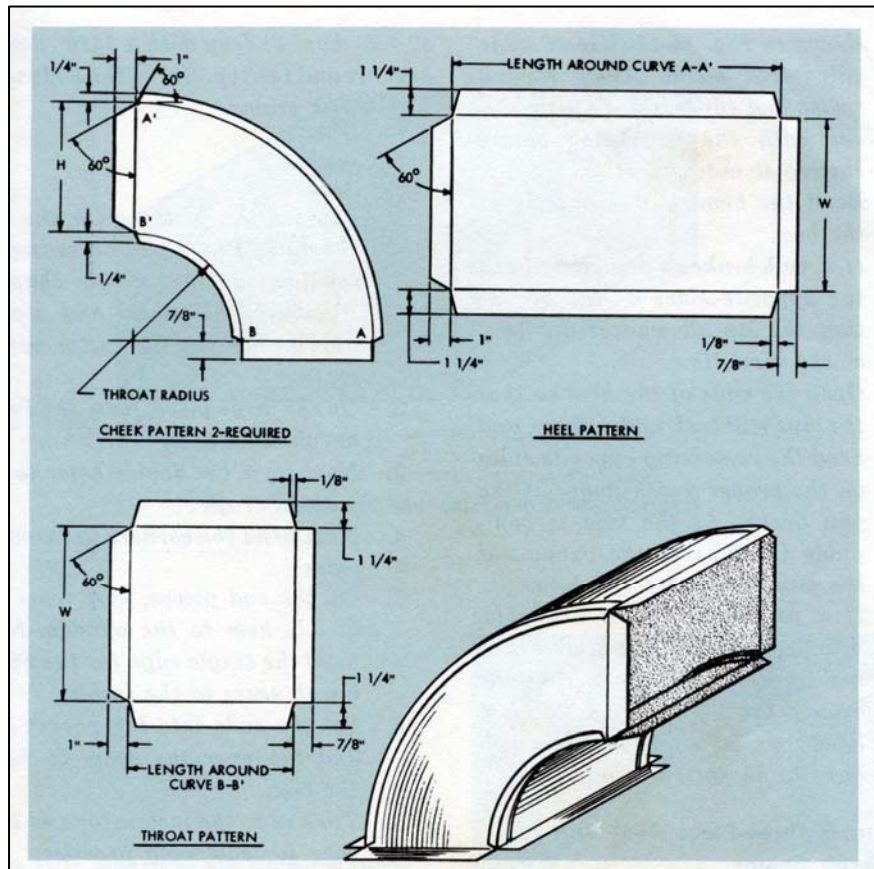
➤ Langkah Perakitan

- Menandai bagian sisi pelat yang akan ditekuk
- Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
- Mengerol sisi pelat menjadi silinder.
- Menyambung lipatan bodi dengan sambungan lipat
- Menekuk sisi tepi pelat untuk pengawatan
- Memberi pengawatan tepi

➤ Alat yang digunakan

- Mistar baja, penggores
- Gunting
- Palu rata
- Palu Kepala bulat
- Landasan pipa/silinder

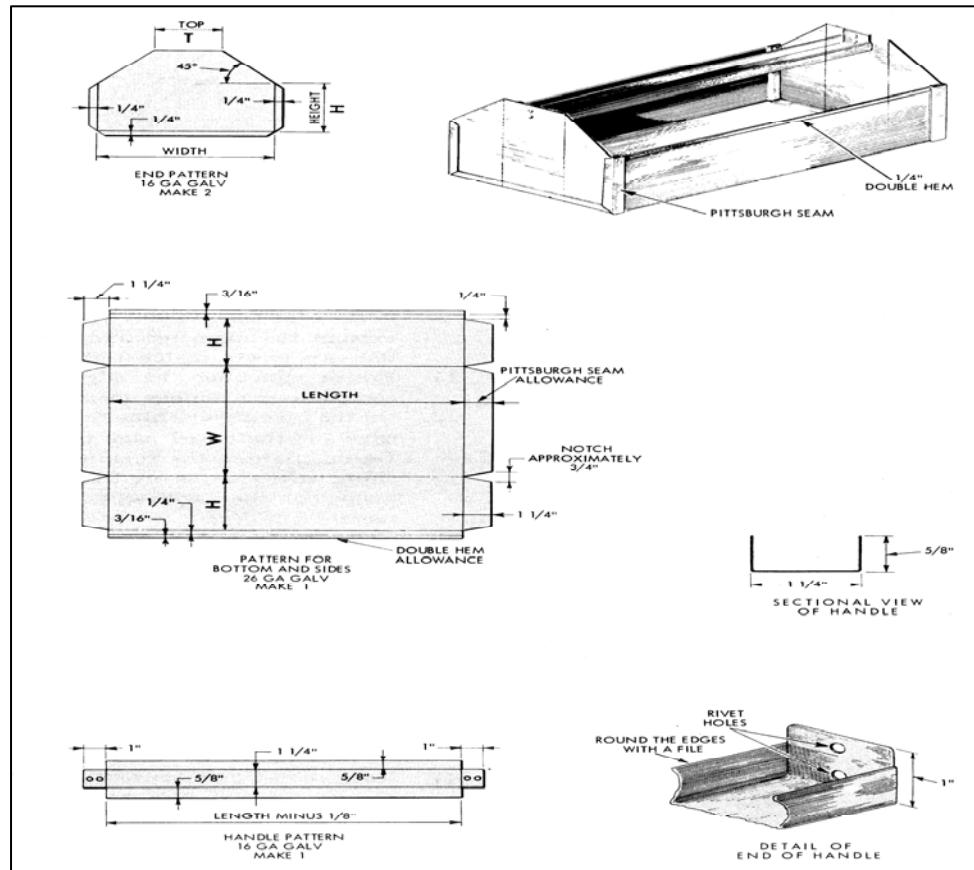
❖ Perakitan Elbow Persegi



Gambar 11.6. Elbow persegi

- Langkah Perakitan
 - Menandai bagian sisi pelat yang akan ditekuk
 - Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
 - Mengerol sisi pelat bagian atas dan bawah.
 - Menyambung lipatan bodi dengan sambungan lipat
 - Menekuk sisi tepi pelat
- Alat yang digunakan
 - Mistar baja, penggores
 - Gunting
 - Palu rata
 - Palu kepala bulat
 - Landasan pipa/silinder
 - Landasan seperempat bola

❖ Perakitan Kotak Alat

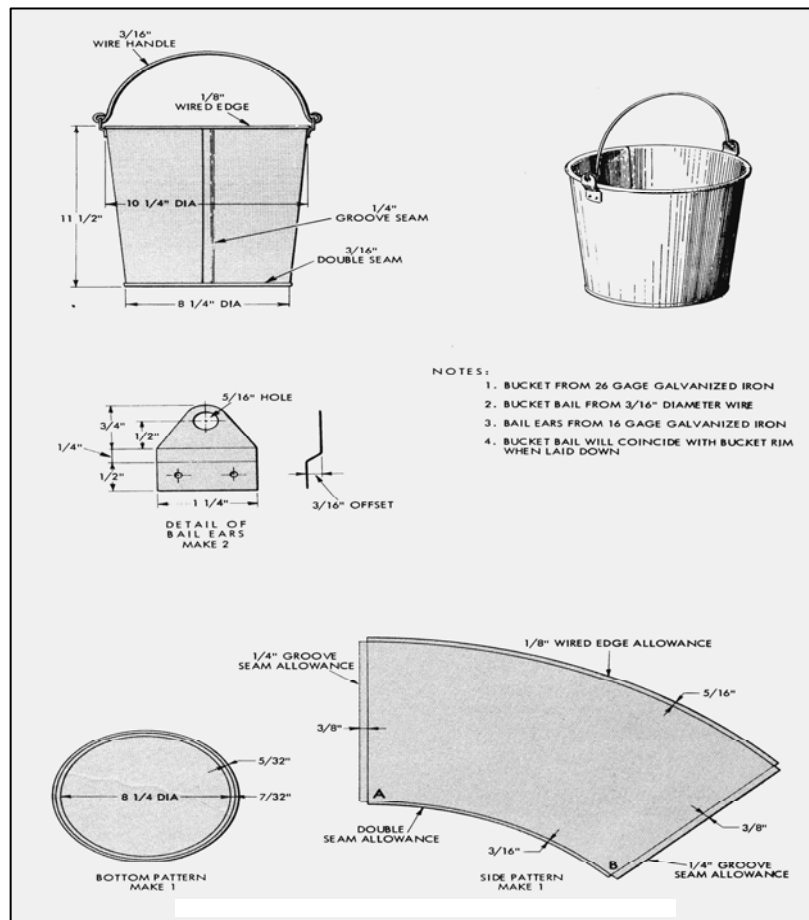


Gambar 11.7. Kotak Alat

- Langkah Perakitan
 - Menandai bagian sisi pelat yang akan ditekuk
 - Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
 - Menekuk sisi pelat menjadi persegi
 - Menyambung lipatan bodi kotak dengan sambungan lipat
 - Menekuk sisi tepi pelat agar tidak tajam
 - Memasang tangkai dengan las *spot welding* (las titik)
- Alat yang digunakan
 - Mistar baja, penggores
 - Gunting
 - Palu rata
 - Palu kepala bulat

- Landasan persegi

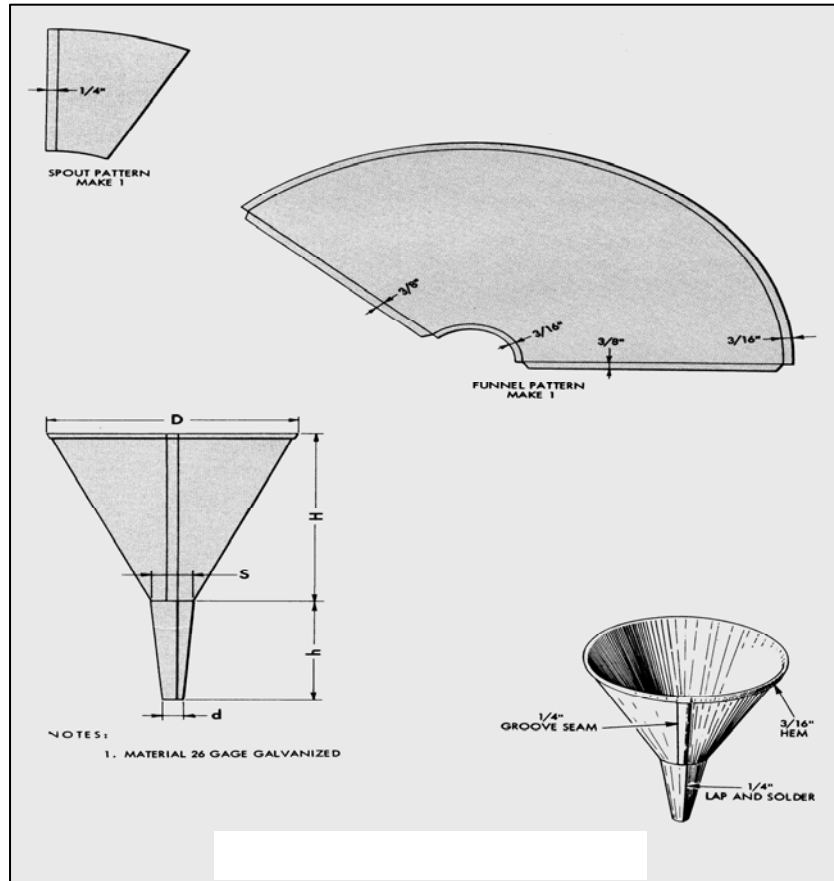
❖ Perakitan Ember



Gambar 11.8. Ember

- Langkah Perakitan
 - Menandai bagian sisi pelat yang akan ditebuk
 - Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
 - Mengerol kerucut bodi ember
 - Menyambung lipat bodi ember
 - Menyambung alas ember dengan bodi
 - Memasang tangkai ember dengan keling
- Alat yang digunakan
 - Mistar baja, penggores
 - Gunting
 - Palu rata
 - Palu kepala bulat

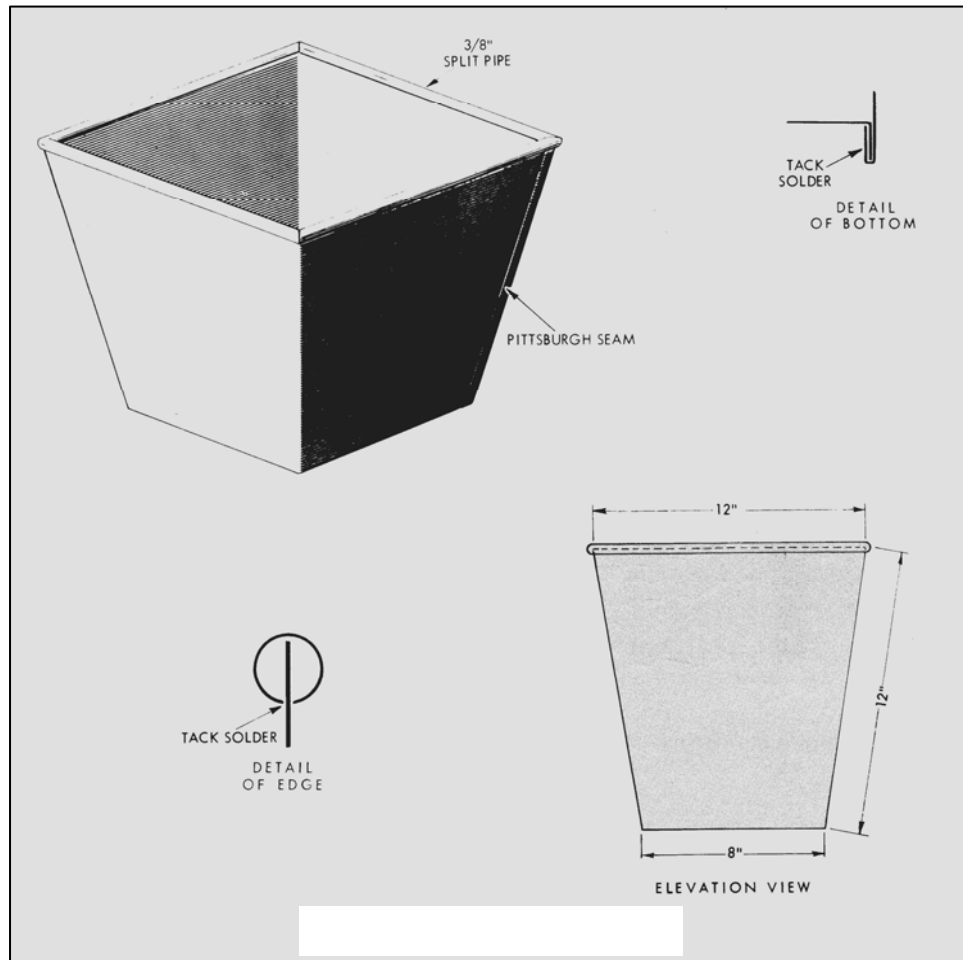
- Landasan kerucut
 - Mesin bor dan perlengkapan mengeling.
- **Perakitan Cerocok**



Gambar 11.9. Cerocok

- Langkah Perakitan
 - Menandai bagian sisi pelat yang akan ditebuk
 - Mengerol kerucut pelat atas dan bawah
 - Menyambung lipat bodi cerocok
 - Menyambung kerucut atas dan bawah dengan solder
- Alat yang digunakan
 - Mistar baja, penggores
 - Gunting
 - Palu rata
 - Palu kepala bulat
 - Landasan kerucut
 - Peralatan solder.

❖ Perakitan Kotak Trapesium

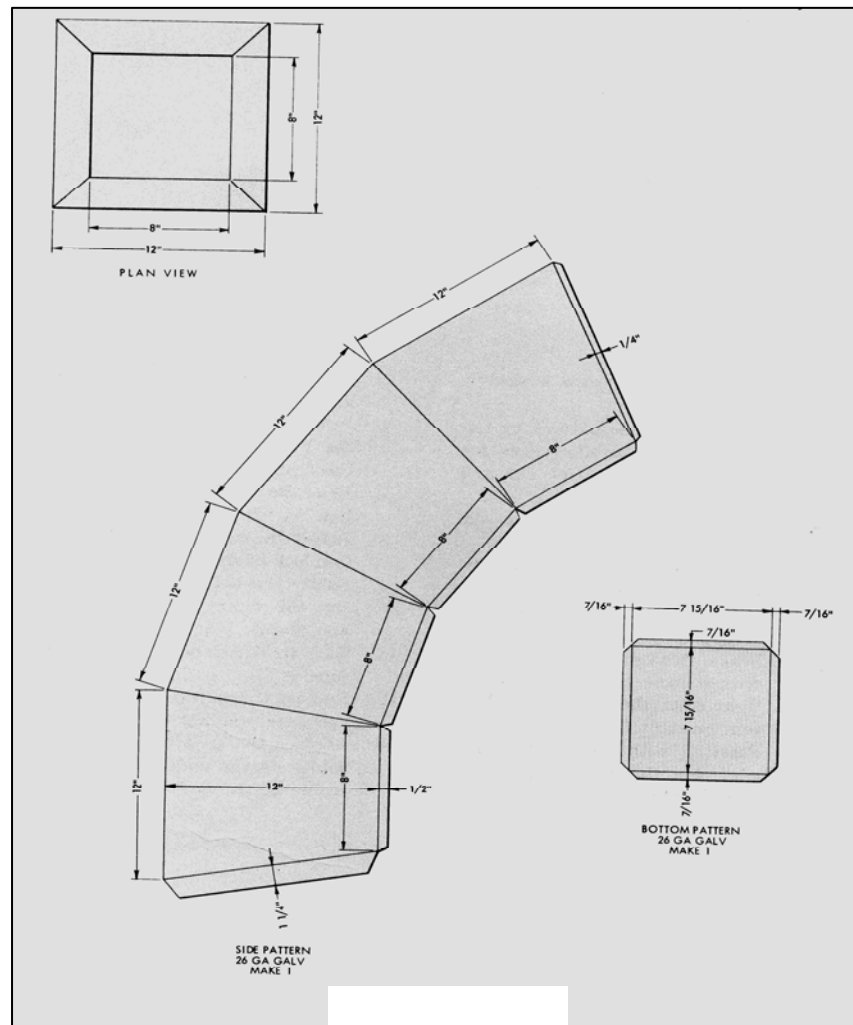


Gambar 11.10. Kotak Trapesium

- Langkah Perakitan
 - Menandai bagian sisi pelat yang akan ditebuk
 - Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
 - Menyambung lipat bodi kotak
 - Menyambung alas ember dengan bodi
- Alat yang digunakan
 - Mistar baja, penggores
 - Gunting
 - Palu rata

- Landasan persegi panjang

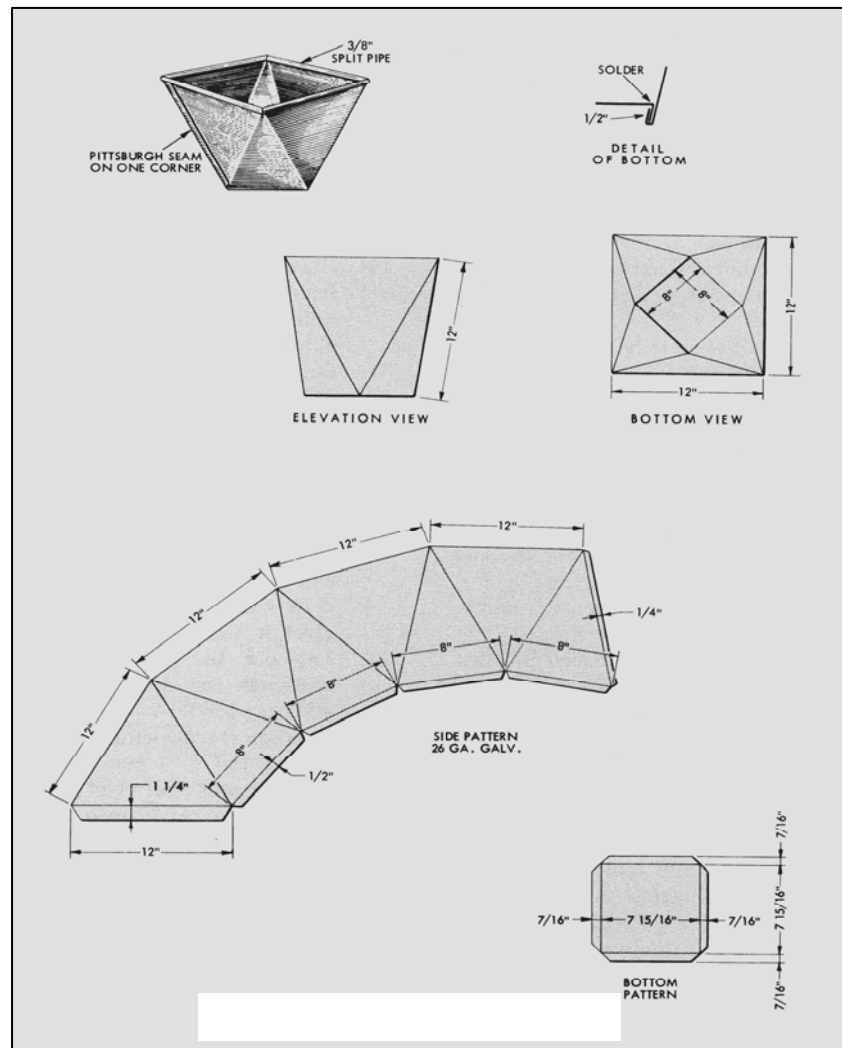
❖ Perakitan Saluran Trapesium



Gambar 11.11.Saluran Trapesium

- Langkah Perakitan
 - Menandai bagian sisi pelat yang akan ditekuk
 - Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
 - Menyambung lipat bodi kotak
 - Menekuk sisi pelat atas dan bawah
- Alat yang digunakan
 - Mistar baja, penggores
 - Gunting

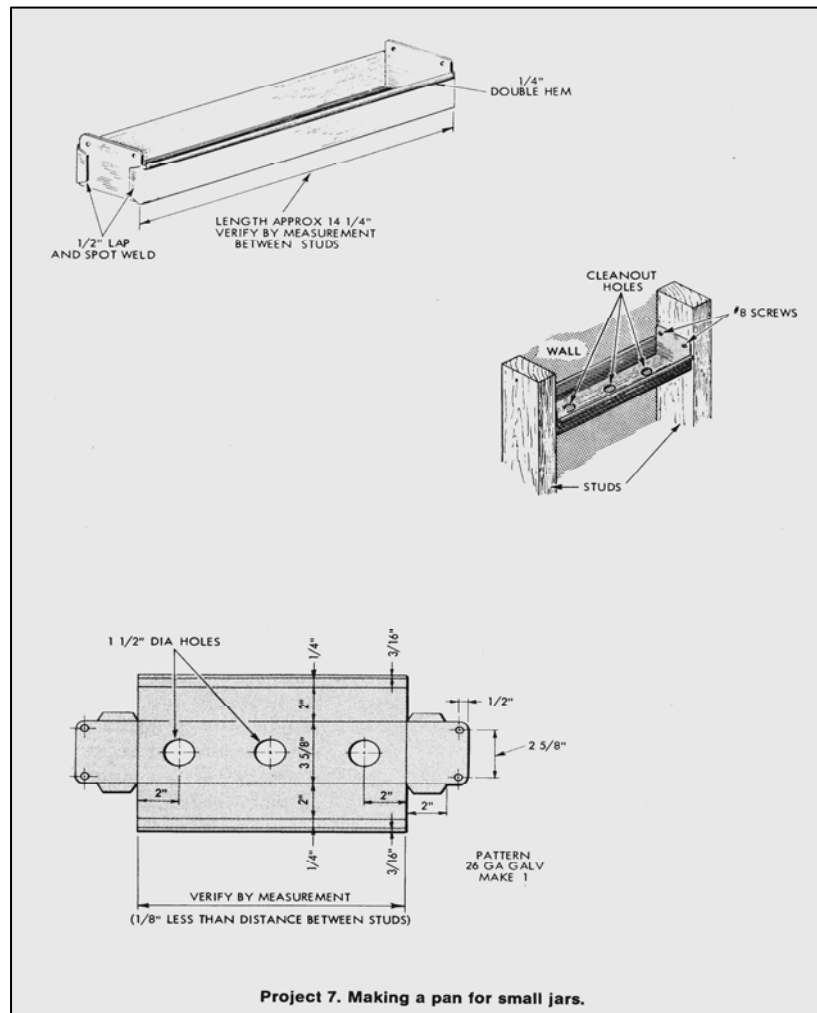
- Palu rata
 - Landasan persegi
- ❖ **Perakitan Trapesium eksentrik**



Gambar 11.12. Trapesium eksentrik

- Langkah Perakitan
 - Menandai bagian sisi pelat yang akan ditekuk
 - Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
 - Menyambung lipat bodi kotak
 - Menekuk sisi pelat atas dan bawah
- Alat yang digunakan
 - Mistar baja, penggores
 - Gunting

- Palu rata
 - Landasan persegi
- ❖ **Perakitan Kotak Panjang**

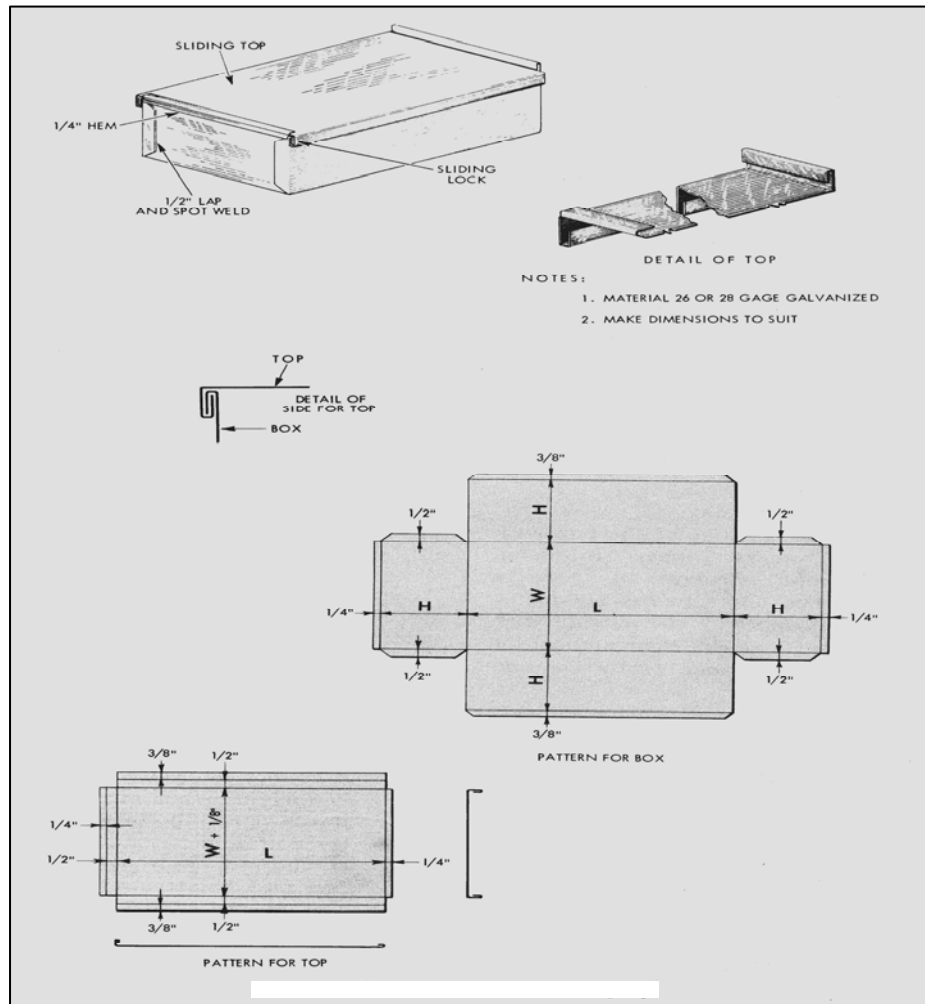


Gambar 11.13.Kotak Panjang

- **Langkah Perakitan**
- Menandai bagian sisi pelat yang akan ditekuk
 - Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
 - Menyambung lipat bodi persegi
 - Mengebor bagian bawah kotak
- **Alat yang digunakan**
- Mistar baja, penggores
 - Gunting
 - Palu rata

- Landasan persegi panjang
- Mesin bor dan perlengkapannya

❖ Perakitan Kotak Bertutup

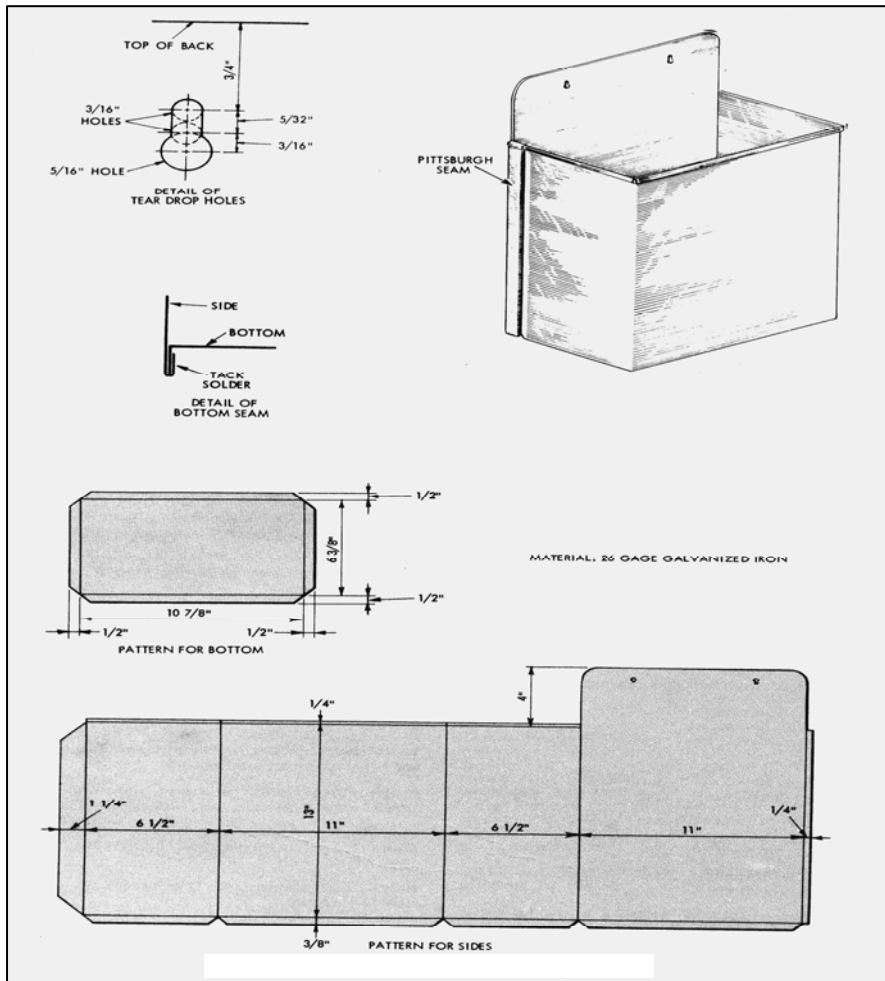


Gambar 11.14. Kotak Bertutup

- Langkah Perakitan
 - Menandai bagian sisi pelat yang akan ditekuk
 - Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
 - Menyambung lipat bodi persegi
 - Memasang tutup bagian atas dengan sistem sliding
- Alat yang digunakan
 - Mistar baja, penggores
 - Gunting
 - Palu rata

- Landasan persegi panjang

❖ Perakitan Kotak Sampah



Gambar 11.15. Perakitan kotak sampah

- Langkah Perakitan
 - Menandai bagian sisi pelat yang akan ditebuk
 - Menekuk setiap sisi pelat sesuai dengan tanda
 - Menyambung lipat bodi persegi
 - Mengebor untuk tempat penyangkut
- Alat yang digunakan
 - Mistar baja, penggores
 - Gunting
 - Palu rata
 - Landasan persegi panjang
 - Mesin bor dan kelengkapannya.

11.6. Rangkuman

Perakitan adalah proses penggabungan dari beberapa bagian komponen untuk membentuk suatu konstruksi yang diinginkan. Proses perakitan untuk komponen-komponen yang dominan terbuat dari pelat-pelat tipis dan pelat tebal ini membutuhkan teknik-teknik perakitan tertentu yang biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : Jenis bahan pelat yang akan dirakit, kekuatan yang dibutuhkan untuk konstruksi perakitan, pemilihan metode penyambungan yang tepat, pemilihan metode penguatan pelat yang tepat, penggunaan alat-alat bantu perakitan, toleransi yang diinginkan untuk perakitan, keindahan bentuk, ergonomis konstruksi dan finishing.

Setiap jenis bahan mempunyai sifat-sifat khusus dari bahan lainnya, sehingga sewaktu dilakukan perakitan jenis bahan sebelumnya harus diketahui sifat-sifatnya. Sebab dengan diketahuinya sifat-sifat bahan ini sangat berpengaruh terhadap pemilihan metode penyambungan.

Pertimbangan kekuatan yang dibutuhkan untuk suatu konstruksi, sebaiknya telah dihitung sewaktu merencanakan konstruksi sambungan yang akan dikerjakan.

Alat-alat bantu dalam perakitan harus dipertimbangkan berdasarkan bentuk-bentuk konstruksi. Konstruksi yang terdiri dari jumlah komponen yang banyak membutuhkan alat bantu perakitan. Alat bantu ini terutama dibutuhkan untuk memproduksi suatu alat dalam jumlah yang relatif besar. Alat bantu yang dibutuhkan seperti *Jig* dan *fixture*.

Toleransi dalam perakitan dipertimbangkan berdasarkan pasangan antara elemen yang dirakit menjadi komponen yang lebih besar. Toleransi untuk pasangan ini dikenal dengan istilah *interchangeability* (sifat mampu tukar). Patokan dasar dalam perakitan harus ditentukan terlebih dahulu sebagai acuan dasar untuk merangkai komponen yang lain.

11.7. Soal Latihan

1. Apa hubungannya antara perakitan dan metode penyambungan?
2. Pertimbangan apa yang paling mendasar untuk melakukan proses perakitan dari bahan pelat-pelat tipis?
3. Sifat mampu tukar atau interchange ability dibutuhkan untuk proses perakitan, jelaskan arti sifat mampu tukar tersebut?
4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan jig dan fixture?
5. Apa yang harus anda perhatikan dalam merakit kotak peralatan yang terbuat dari bahan pelat dengan ketebalan 0,8 mm?
6. Jelaskan bagaimana anda merakit suatu alat dengan komponen dari bahan pelat tebal dan apa bedanya jika bahan komponen tersebut dari bahan pelat tipis?
7. Jelaskan langkah-langkah pada proses perakitan?

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, R.L. & Tahlil Manghnani, 1981. *Welding Engineering*. New Delhi: Khanna Publisher.
- Ahmad Antoni IKM. 1998. *Kamus Lengkap Teknik*. Surabaya: Gitamedia Press.
- Alip Mochamad. 1989. *Teori dan Praktek Las*. Jakarta: Ditjen Pendidikan Tinggi.
- Amanto, Hari dan Daryanto. 2003. *Ilmu Bahan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Amstead, B.H. 1979. *Manufacturing Processes*. New York: John Wiley and Son.
- Avitzur, Betzalel, 1977. *Metal Forming: Processes and Analysis*. New York: Mc Graw Hill.
- Beumer, B. J.M dan B. S Anwir. 1985. *Ilmu Bahan Logam, Jilid I*. Jakarta: Penerbit Bhratara Karya Aksara.
- Bogdan O.K and Nicholas W. 1977. *Steel Design for Structural Engineers*. New Jersey: Perntice Hall. Inc.
- Corkson, William, 1975. *Sheet Metal Work*. London: Oxford Technical Press.
- Davies. A.C. 1977, *The Science and Practice of Welding*. London: Cambrigde University Press.
- DeGarmo, E. Paul. 1979. *Materials and Processes in Manufacturing*. London: The Macmillan Company.
- Dickason, A. 1978. *Sheet Metal Drawing and Pattern Development*. London: Pitman Publishing Limited.
- Dickason, A. 1980. *The Geometry of Sheet Metal Work*. London: Pitman Publishing Limited.
- Dieter, George E. 1986. *Mechanical Metalurgy*. New York: Mc Graw Hill.
- Giachino. J.W. 1982. *Welding Technology*. USA: American Technical Publisher Inc

- Hantoro, Sirod dan Parjono. 2005. *Menggambar Mesin*. Jakarta: Adicita.
- Harsono,W & Toshie Okumura. 1981. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramitha
- Intems. 1985. *Technology Metal 1*, Netherlands: Educaboek BV
- Juhana, Ohan dan M. Suratman. 2000. *Menggambar Teknik Mesin*. Bandung: Pustaka Grafika.
- Kalpakjian, Scrope. 1984. *Manufacturing Processes for Engineering Materials*. Canada: Addison Wesley Publishing Company.
- Kasbollah dan Salipoen. 1979. *Pengetahuan Bahan dan Perkakas Otomotif*. Jakarta: Depdikbud.
- Kenyon. W. 1979. *Basic Welding and Fabrication*. New York: Mc Graw Hill
- Korb, Lawrence, et.al. 1987. *Metals Handbook*. Ohio: ASM International.
- LA Heij,L dan L.A.De BruiJn. 1995. *Ilmu Menggambar Bangunan Mesin*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Little, Richard.L. 1980. *Welding and Welding Technology*. New York: Mc Graw Hill.
- Lyman. T, 1968. *Sheet Metal Hand Book*. New York: ILO
- Luzadder, Warren J dan Hendarsin H. 1986. *Menggambar Teknik untuk Disain, Pengembangan Produk, dan Kontrol Numerik*. Jakarta; Penerbit Erlangga.
- Mayock, F.B. 1977. *Technical Drawing*. London: Heinemann Educational Books.
- Meyer, Leo. A. 1975. *Sheet Metal Shop Practice*. Chicago: Ais Publication.
- Mills, Kathleen, et.al. 1995. *Metals Handbook*. United States of Amerika: ASM International.
- Morling, K. 1978. *Geometric and Engineering Drawing for CSE and GCE*. London: Edward Arnold (Publisher) Ltd.
- Pinat Thaufiq. M. 1998. *Menggambar Mesin*. Padang : UPT MRC FT–UNP Padang.
- Purwantono. 1991. *Dasar-dasar Kerja Plat*. Padang:UPT Pusat Media Pendidikan FPTK IKIP Padang

Pusat Pembina dan Pengembangan Bahasa, 1990. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka

Rogan Warren. 1975. *Welding*. Sydney: McGraw-Hill Book Company.

Rohyana, Solih. 2004. *Mengelas Dengan Proses Las Busur Metal Manual*. Bandung: Armico.

Saito, G. Takeshi dan N. Sugiarto H. 1999. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Sumantri. 1989. *Teori Kerja Bangku*. Jakarta: Depdikbud.

Sularso. 1995. *Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramitha

Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. 1976. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. 1984. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Syahrul. 1992. *Las Oksi-Asitelin*. Padang: MRC FPTK IKIP Padang.

TTUC. 1981. *Design Engginering*. Singapure: Terc

Van Bergeyk, K dan A. J. Liedekerken. 1981. *Teknologi Proses. Jilid II*. Jakarta: Penerbit Bhratara Karya Aksara.

Wood, Peter. W.1979. *Fundamental of Welding Skills*. London: The Mc Millan Press. Ltd

www.advantage.efabricated.metals.com, diakses 8 Oktober 2007

www.answers.com, diakses 5 Nopember 2007

www.automation.technology.com, diakses 20 Sepetember 2007

www.buypart.sby.co.uk, diakses 30 Sepetember 2007

www.edirectory.co.uk, diakses 15 September 2007

www.Forging-hydraulic-oress.com, diakses 8 Nopember 2007

www.nootherm.tool.com, diakses 25 Oktober 2007

www.substech.com, diakses 17 September 2007

www.suwaprecision.com, diakses 2 September 2007

www.tpub.com, diakses 21 Oktober 2007

www.uwm.com, diakses 24 Nopember 2007

www.weldotherm.com, diakses 3 September 2007

DAFTAR ISTILAH/GLOSARY

Alloy Steel	= baja paduan
Alloying element	= unsur paduan
Alternating current	= arus bolak balik
Annealing	= pelunakan
Arc welding	= busur nyala las
Assembling	= perakitan
Austenite	= besi gamma
Bainit	= baja halus hasil dari quenching
Beaded	= alur
Bearing	= bantalan
Bending	= menekuk/melipat/melengkungkan
Bending moment	= momen bengkok
Blanking	= pelubangan
Blind Rivet	= paku keeling tembak
Blower	= penghembus
Body	= badan
Brander	= pembakar
Brass	= kuningan
Braze welding	= las kuningan
Butt joint	= sambungan tumpul
CAD	= Computer Aided Design
Cavity	= rongga cetakan
Carbusing	= nyala karburasi
Case hardening	= pengerasan kulit
Centrifugal pump	= pompa centrifugal
Clothing`	= pakaian kerja
Clutch disc	= piringan kopling
Cold forging	= kerja tempa dingin
Complicated	= rumit
Compression	= kompresi/penekanan
Compressor	= kompresor
Conductivity	= konduktivitas
Copper	= tembaga
Core	= inti
Corner joint	= sambungan pojok
Corrosion	= korosi
Casting	= pengecoran
Counter block	= blok yang berlawanan
Coupling	= kopling
Crack	= retak
Creive	= celah
Cross joint	= sambungan silang

Crumping	= pengerutan
Cup	= tutup
Current	= arus
Cutting methode	= metode pemotongan
Damage	= rusak
Deep drawing	= penarikan dalam
Deformation	= deformasi
Dipping room	= kamar mandi
Direct current	= arus searah
Double curved surface	= permukaan lengkung berganda
Down	= di bawah
Downhand bult weld	= pengelasan di bawah tangan
Drift	= melubangi
Dry	= kering
Ductility	= kenyal
Edge joint	= sambungan sisi
Electrode wire	= inti elektroda
Element	= unsur
Enclosing	= merangkum
Equipment	= peralatan
Expendable mold	= cetakan sekali pakai
Explosive	= ledakan
Extruding	= ekstrusi
Fan	= kipas
Ferro metal	= logam besi
File	= kikir
File cabinet	= lemari arsip
Filler	= bahan tambah
Fillet joint	= sambungan sudut
Fire extinguisher	= tabung pemadam api
Flame	= nyala api asitelin
Flow meter	= alat pengukur aliran
Flux	= pelumasan
Fly wheel	= roda gila
Forging	= penempaan
Forming	= pembentukan
Fracture	= pecah
Fume	= asap
Fusion welding	= las cair
Gas metal arc welding	= las logam dengan perlindungan gas (GMAW)
Gas tungsten arc welding	= las tungsten dengan perlindungan gas (GTAW)
Gloove	= sarung tangan untuk mengelas
Goggle	= kaca mata las
Grease	= gemuk, pelumas

Handy craft	= pekerjaan tangan
Hardening	= pengerasan
Heat Affect Zone (HAZ)	= daerah pengaruh panas
Heat treatment	= perlakuan panas
Heating	= pemanasan
Helmet	= pelindung kepala
Hexagon	= segi enam beraturan
Hole	= rongga/lobang
Horizontal bult weld	= pengelasan horizontal
Horizontal	= horizontal
Impact	= tumbukan
Impressed current	= arus paksa
Inclusion	= kotor
Inpra red	= sinar infra merah
Iron	= besi
Joint type	= jenis sambungan
Key way	= pasak
Knock down	= bongkar pasang
Lap joint	= sambungan tumpang
Lap	= tumpangan
Locker	= laci
Logam ferro	= logam besi
Logam non ferro	= logam bukan besi
Machinability	= mampu mesin
Manufacturing	= pembuatan
Matches	= korek api
Metal part	= bagian logam
Metal	= logam
Mild steel	= baja lunak
Milling cutting	= mesin frais
Mixten weld metal	= logam lasan
Neutral flame	= nyala netral
Non ferro metal	= logam bukan besi
Non metal	= bukan logam
Oil	= minyak
Ornament	= hiasan
Orthogonal	= proyeksi tegak lurus dalam 2 dimensi
Overhead bult weld	= pengelasan di atas kepala
Overlap	= kelebihan logam pengisi las

Pentagon	= segi lima beraturan
Permanent mold	= cetakan permanen
Picling	= pengawetan/pelapisan
Pictorial	= proyeksi miring 3 dimensi
Pig iron	= besi kasar
Plastic deformation	= deformasi plastis
Pocket	= kantong
Poligone	= bersegi banyak
Portable	= dapat dipindah-pindahkan
Pressure	= tekanan
Pressure gouge	= pengukur tekanan
Pre cutting	= pemotongan awal
Pressing	= penekanan
Production	= produksi
Pulley	= pulli
Pump	= pompa
Punch	= pahat bilat
Quadrilaterals	= bersisi empat
Quenching	= celup dingin
Resistance welding	= las tahanan
Rolled resistance welding	= las tahanan rol
Rigid	= kaku
Riveting	= paku keling
Rolling	= pengerolan
Rubber	= karet
Ruled surface	= permukaan garis
Safety	= keselamatan
Shaft	= poros
Shearing	= gesekan
Sheet metal	= plat baja
Shield metal arc welding	= las busur nyala terbungkus
Sizing	= ukuran
Slack	= terak
Slip roller	= penggilingan
Solder	= solder/patri
Spatter	= percikan
Spinning	= putar/pilin
Splashing	= percikan
Spot welding	= las titik
Spring back	= gaya balik
Squeezing	= mengepres
Stainless steel	= baja tahan karat
Statics	= statika
Steel	= baja

Strain	= regangan
Strechling	= peregangan
Strengthening	= penguatan
Stress	= tegangan
Swaging	= pukul putar
Switch	= pemutus hubungan
Tool	= alat
Torque	= torsi
Trousers	= celana panjang
True length	= panjang garis sebenarnya
Turbine	= turbin
Twist drill	= bor spiral
Unfold	= lipatan
Unroll	= membuka gulungan
Unrolled	= gulungan
Valve	= katup
Vernier caliper	= jangka sorong
Vernier height gauge	= alat ukur ketinggian
Vertical bult weld	= pengelasan vertikal
Vertical down	= pengelasan posisi tegak turun
Vertical Up	= pengelasan posisi tegak naik
Vertical	= vertikal
Vibration	= getaran
Vise	= ragum, penjepit
Vortex	= pusaran air
Warped cone	= kerucut baling
Warper surface	= permukaan baling
Weave bead	= jalur las
Weldability	= mampu las
Welded joint	= sambungan las
Welding	= pengelasan
Welding cost	= biaya pengelasan
Welding instruction	= instruksi pengelasan
Welding method	= metode pengelasan
Welding position	= posisi pengelasan
Welding quality	= kualitas pengelasan
Welding symbol	= simbol pengelasan
Welding squence	= urutan pengelasan
Wire drawing	= penarikan kawat
Wood	= kayu

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Tempa Tradisional	2
1.2. Mesin Bending dengan Program NC	4
1.3. Mesin Blanking dengan sistem Program NC	6
1.4. Jenis tumpuan dan arah reaksi.....	11
1.5. Sebuah benda diberi gaya tarik	12
1.6. Grafik Tegangan Regangan	13
1.7. Kurva Tegangan dan Regangan di Daerah Elastik	15
1.8. Hubungan Tegangan-Regangan pada Bahan Mulur Kontinu	16
1.9. Paku keling/rivet	18
1.10. Jarak pemasangan paku keling	16
1.11. Baut dan Mur	21
1.12. Poros Propeler Kapal	22
1.13. Kopling	23
1.14. Bejana Tekan	24
1.15. Poros, pasak, kopling	25
1.16. Macam-macam bentuk Pasak	25
1.17. Bentuk-bentuk roda gigi	27
1.18. Gambar Sudut Tekanan Roda Gigi	28
1.19. Roda Gigi Payung	30
1.20. Roda Gigi Cacing	30
1.21. Flat Belt	31
1.22. V-Belt	31
1.23. Timing Belt	31
1.24. Rantai dan Sproket	33
1.25. Mesin Bubut	34
1.26. Perkakas CNC	35
1.27. Mesin Potong Otomatis	36
1.28. Mesin Forging dan Squeezing	36
1.29. Mesin Perkakas NC	37
1.30. Mesin Rolling	37
1.31. Kompresor sentrifugal	38
1.32. Kompresor Torak	39
1.33. Pompa Centrifugal dan Roda gigi	40
1.34. Motor pembakaran luar	41
1.35. Turbin air	42
1.36. Turbin Propeller (Kaplan)	43
 2.1. Langkah Sebelum Bekerja.....	48
2.2. Akibat kecelakaan kerja.....	49
2.3. Prosentase penyebab kecelakaan kerja di dalam bengkel kerja mesin	50
2.4. Mesin gerinda tanpa pelindung batu gerinda.....	51
2.5. Pemasangan penyanggah tidak benar	52

	2.6. Rambut terpintal pada mata bor	53
Gambar		Halaman
	2.7. Luka karena kikir.....	53
	2.8. Pahat yang telah mengembang.....	54
	2.9. Menggerinda tanpa kacamata	54
	2.10. Sikap kerja yang kurang baik.....	55
	2.11. Keadaan lingkungan kerja yang tidak aman/baik.	56
	2.12. Helmet/pelindung kepala	59
	2.13. Penutup rambut	59
	2.14. Alat pelindung kebisingan.....	60
	2.15. Alat pelindung kebisingan.....	61
	2.16. Kacamata untuk pekerja pada laboratorium atau industri kimia.....	62
	2.17. Kaca mata las asetilen.....	62
	2.18. Pelindung muka	63
	2.19. Masker las listrik	64
	2.20. Sarung tangan.	65
	2.21. Sepatu kerja.....	66
	2.22. Apron	66
	2.23. Baju Kerja	67
	3.1. Sumber bahan dari alam	71
	3.2. Logam ferrous (Fe).....	75
	3.3. Bahan tembaga dibuat sebagai hiasan kaligrafi	78
	3.4. Velg roda dari aluminium	80
	3.5. Bahan timbal.....	81
	3.6. Alat rumah tangga dari bahan Aluminium.....	81
	3.7. Atap rumah dari bahan asbes.....	82
	3.8. Ban mobil yang terbuat dari karet alam	83
	3.9. Packaging mesin dari bahan plastik	84
	3.10. Proses mengerolan pelat baja tipis.....	85
	3.11. Penggunaan pelat tipis baja tipis	86
	3.12. Pembuatan baja paduan.....	86
	3.13. Pemakaian baja paduan	87
	3.14. Struktur dan sifat-sifat baja karbon sebelum pengerasan.....	88
	3.15. Proses pencampuran unsur lain pada pembuatan baja paduan	88
	3.16. Diagram pembuatan baja paduan	90
	3.17. Pelat baja tipis	91
	3.18. Pelat baja tebal	91
	3.19. Dapur tinggi	93
	3.20. Operasi dapur tinggi	94
	3.21. Besi kasar (pig iron).....	95
	3.22. Dapur besi kasar	96
	3.23. Konverter Bessemer	97
	3.24. Konverter Thomas	98

3.25. Dapur listrik.....	98
Gambar	Halaman
3.26. Dapur Siemen Martin.....	100
3.27. Bagan pengolahan biji besi sampai menjadi besi (baja) profil.....	101
3.28. Tank memakai pelat baja tebal.....	103
3.29. Macam-macam bentuk besi lonjor.....	104
3.30. Macam-macam bentuk baja Pelat.....	105
3.31. Bentuk pelat.....	109
3.32. Pelat aluminium.....	110
3.33. Pelat tembaga.....	117
3.34. Pelat kuningan.....	120
3.35. Pelat baja khusus.....	122
3.36. Pengerjaan panas pada baja tahan karat.....	123
3.37. Pelat stainless steel.....	129
3.38. Produk yang dibuat dari bahan pelat stainless steel ...	130
3.39. Diagram Fasa Fe – Cr.....	131
3.40. Diagram struktur dari baja tahan karat yang dideposisikan (Diagram Schaeffler).....	132
3.41. Hubungan antara temperatur mula dan waktu pembentukan fasa σ dan kegetasan 4750C pada baja Cr tinggi.....	134
3.42. Salah bentuk pelat stainless steel tebal.....	136
3.43. Pengaruh tegangan pada waktu patah dari baja tahan karat dalam larutan 42% MgCl yang mendidih.....	136
3.44. Pipa tebal stainless steel.....	138
3.45. Koil Stainless Steel.....	138
3.46. Pipa tipis stainless steel.....	138
3.47. Kawat stainless steel.....	138
3.48. Pelat yang mengalami korosi.....	139
3.49. Dinding mobil yang mengalami korosi.....	140
3.50. Dinding mobil yang mengalami korosi.....	143
4.1. Kerangka dan standar ISO/TC 10.....	160
4.2. Peralatan gambar.....	161
4.3. Pengukuran radius lingkaran.....	162
4.4. Cara menarik garis dengan pensil.....	163
4.5. Cara menggunakan jangka.....	164
4.6. Membuat lingkaran dengan bantuan batang penyambung.....	164
4.7. Cara membagi dua garis lurus sama panjang.....	169
4.8. Cara membuat garis tegak lurus melalui titik O.....	169
4.9. Cara membuat garis tegak lurus melalui titik T.....	169
4.10. Cara membuat garis tegak lurus yang melalui titik A...	169
4.11. Cara membagi sudut 90^0 menjadi dua sama besar....	170
4.12. Cara membuat sebuah segi empat sama sisi.....	171

4.13. Cara membuat empat persegi panjang dengan sisi panjang AB	171
4.14. Cara membuat segi empat belah ketupat.....	171
4.15. Cara membuat belah ketupat yang telah diketahui sisi tingginya.	171
4.16. Cara membuat suatu segi lima yang panjang salah satu sisinya sudah diketahui.....	172
4.17. Cara membuat segi lima yang berada di dalam lingkaran.	172
4.18. Cara membuat suatu segi lima yang diketahui satu sisinya.....	173
4.19. Cara membuat segi lima yang berada di dalam lingkaran.	173
4.20. Cara membuat sebuah segi enam di dalam lingkaran.	174
4.21. Cara membuat sebuah segi enam di luar lingkaran.	175
4.22. Beberapa macam proyeksi	176
4.23. Gambar ilustrasi teknik	177
4.24. Gambar ilustrasi teknik (Bukan gambar piktorial)	177
4.25. Cara proyeksi aksonometri	178
4.26. Sudut proyeksi aksonometri	178
4.27. Sudut proyeksi isometri	179
4.28. Sudut proyeksi isometri	180
4.29. Sudut proyeksi dimetri	181
4.30. Sudut proyeksi miring	181
4.31. Proyeksi perspektif miring	182
4.32. Proyeksi sistem Eropa	183
4.33. Menggambar proyeksi sistem Eropa	184
4.34. Proyeksi sistem Amerika	185
4.35. Menggambar proyeksi sistem Amerika	186
4.36. Bentangan kubus.....	189
4.37. Bentangan Lingkaran secara grafis.....	190
4.38. Bentangan lingkaran secara matematis	191
4.39. Bentangan kerucut lurus/tegak secara matematis.....	191
4.40. Bentangan prisma tertutup	192
4.41. Bentangan prisma terbuka.....	193
4.42. Bentangan prisma terpancung (dipotong miring).....	193
4.43. Bentangan prisma dipotong miring	194
4.44. Pembentangan prisma	195
4.45. Metode baku untuk membentangkan permukaan samping prisma lurus.....	196
4.46. Pembentangan prisma segi enam lurus dan miring	197
4.47. Pembentangan prisma miring.....	193
4.48. Pembentangan silinder	199
4.49. Pembentangan silinderl lingkaran lurus dipotong miring	199
4.50. Siku dua potong.....	200

Gambar	Halaman
4.51. Bentangan silinder datar ditembus silinder miring	200
4.52. Pembentangan bidang miring	201
4.53. Bukaan dua buah tabung yang disambung	202
4.54. Bentangan sambungan T dua buah tabung/silinder	203
4.55. Bentangan sambungan dua buah tabung dengan diameter yang berbeda	204
4.56. Sambungan dua buah tabung yang tidak simetris.....	205
4.57. Diagram panjang sejati (metode putar)	206
4.58. Pembentangan kerucut	206
4.59. Bukaan dan suatu corong dengan alas segi empat dan ujungnya berbentuk lingkaran.....	207
4.60. Bukaan dan sebuah piramida yang disambung dengan silinder	298
4.61. Bukaan sebuah corong segi empat	209
4.62. Bukaan corong segi empat dari bahan pelat	210
4.63. Bukaan kerucut miring dan dipotong miring	211
4.64. Bukaan sebuah piramida dengan alas berbentuk segi enam	212
4.65. Bukaan kerucut dengan silinder	213
4.66. Bukaan kerucut dengan silinder	214
4.67. Pembentangan kerucut terpancung	216
4.68. Pembentangan piramida.....	216
4.69. Pembentangan piramida segitiga	217
4.70. Pembentangan prisma segi empat miring	217
4.71. Pembentangan triangulasi segi tiga dan segi empat ..	218
4.72. Triangulasi permukaan.	218
4.73. Bagian peralihan pipa yang menyambung pipa bulat dan pipa bujur sangkar	219
4.74. Bagian peralihan pipa bulat dan pipa pipa bujur sangkar.....	220
4.75. Bagian peralihan pipa bulat dan pipa lonjong.....	220
4.76. Pembentangan bagian peralihan pipa lewat triangulasi	221
4.77. Pembentangan bola dengan pendekatan.....	222
4.78. Pembentangan bola dengan sambungan pipa tegak ..	223
4.79. Pembentangan bola dengan sambungan pipa datar..	223
4.80. Menentukan titik tembus lewat pemeriksaan	225
4.81. Pemakaian bidang yang memproyeksikan garis	226
4.82. Menentukan tempat dimana garis menembus benda pada geometrik	227
4.83. Menentukan titik dimana garis menembus kerucut hal umum.....	228
4.84. Pictorial piala	229
4.85. Pembentangan kubah mesjid dengan proyeksi siku ...	230
4.86. Pembentangan kubah mesjid dengan proyeksi 45 ⁰	231

Gambar	Halaman
5.1. Mistar baja sistem metric	237
5.2. Mistar baja sistem imperial	238
5.3. Mistar gulung	238
5.4. Protractor	239
5.5. Vernier Bevel Protractor	240
5.6. Penunjukkan ukuran vernier bevel protractor	240
5.7. Pengukuran dengan Vernier Caliper	241
5.8. Vernier Caliper dengan dial indikator	242
5.9. Vernier Caliper	243
5.10. Cara menggerakkan penyetel vernier caliper	244
5.11. Skala utama pada bagian nonius	244
5.12. Pembacaan pada vernier caliper	245
5.13. Penunjukan ukuran pada vernier caliper	246
5.14. Penunjukkan pengukuran pada vernier caliper	247
5.15. Penunjukan ukuran pada vernier caliper	247
5.16. Pembacaan skala vernier caliper	248
5.17. Rahang vernier pada posisi membuka 1/128 inchi	248
5.18. Posisi pengukuran 13/16 inchi	249
5.19. Posisi pengukuran 1 7/32	249
5.20. Vernier dengan ketelitian 0,001 inchi	250
5.21. Penunjukkan perbedaan sebesar 0,001 inchi	250
5.22. Posisi pengukuran pada vernier caliper	251
5.23. Posisi penunjukan pada vernier caliper	251
5.24. Menyiapkan vernier caliper	252
5.25. Memperkirakan pembukaan rahang ukur	253
5.26. Menggerakkan rahang vernier caliper	253
5.27. Membaca ukuran pada vernier caliper	253
5.28. Menggerakkan rahang	254
5.29. Membaca ukuran pada vernier caliper	254
5.30. Tempat menyimpan vernier caliper	255
5.31. Vernier Caliper Analog	256
5.32. Vernier Caliper dengan Dial Indikator	256
5.33. Vernier Caliper Digital	257
5.34. Alat ukur ketinggian (vernier height gauge)	258
5.35. Langkah pengukuran	259
5.36. Cara melakukan pengukuran	260
5.37. Macam-macam Height Gauge	261
5.38. Pemakaian mikrometer luar	262
5.39. Ukuran rangka 0 – 25 mm	263
5.40. Ukuran rangka 25 – 50 mm	263
5.41. Bagian-bagian utama micrometer	263
5.42. Besarnya skala ukuran	264
5.43. Mengkalibrasi mikrometer	264
5.44. Mengkalibrasi mikrometer	265
5.45. Mengkalibrasi mikrometer ukuran 25 – 50 mm	265
5.46. Cara melakukan pengukuran yang benar	266

Gambar	Halaman
5.47. Penunjukan ukuran mikrometer.....	267
5.48. Penunjukan ukuran mikrometer.....	267
5.49. Penunjukan pengukuran.....	268
5.50. Ukuran mikrometer inchi.....	269
5.51. Besaran pada skala utama.....	270
5.52. Besaran pada skala bidal.....	270
5.53. Penunjukan ukuran.....	271
5.54. Cara menyimpan mikrometer.....	271
5.55. Macam-macam Mikrometer luar.....	272
5.56. Mikrometer Dalam.....	273
5.57. Mengukur diameter dalam.....	273
5.58. Mengukur celah sejajar.....	273
5.59. Mikrometer pengukur dalam dan batang pengganti ..	274
5.60. Skala ukuran pada mikrometer dalam.....	275
5.61. Mengukur dengan menggunakan mistar baja.....	276
5.62. Mikrometer dalam dan batang ukur.....	276
5.63. Mengendorkan baut pengunci dan melepaskan landasan tetap.....	277
5.64. Permukaan ukur dan batang ukur.....	277
5.65. Memasukkan batang ukur pengganti dan menguncikan baut pengunci.....	278
5.66. Mengkalibrasi mikrometer dalam.....	278
5.67. Menset mikrometer dalam.....	279
5.68. Memutar bidal sampai batang ukur menyentuh permukaan benda kerja.....	276
5.69. Mengukur sekeliling permukaan dan membaca.....	280
5.70. Mengukur dengan menggunakan mikrometer dalam ..	281
5.71. Mikrometer pengukur kedalaman.....	282
5.72. Batang ukur pengganti.....	282
5.73. Skala ukur mikrometer pengukur kedalaman.....	283
5.74. Penunjukkan ukuran Pada mikrometer pengukuran kedalaman.....	283
5.75. Penunjukkan ukuran.....	284
5.76. Batang ukur 25 – 50 mm.....	284
5.77. Membuka baut pengunci dan mengeluarkan sumbu penyambung (rumah batang ukur).....	285
5.78. Pemasangan kembali.....	285
5.79. Mengkalibrasi alat ukur.....	286
5.80. Tempat penyimpanan.....	286
5.81. Alat ukur radius/mal radius.....	287
5.82. Pengukuran dengan mal radius.....	287
5.83. Mengukur radius pada bagian sudut benda kerja.....	288
5.84. Rumah bilah mal ukur.....	288
5.85. Bilah ukur mal radius.....	289
5.86. Cara melakukan pengukuran.....	290
5.87. Mal radius ukurannya terlalu besar.....	290

Gambar	Halaman
5.88. Mal radius ukurannya terlalu kecil.	290
5.89. Pengukuran dan bentuk radius yang benar.....	291
5.90. Dial indikator.....	291
5.91. Pengukuran kesejajaran dan kelurusan lubang.....	292
5.92. Pelaksanaan pengukuran.....	293
5.93. Dial indikator dengan blok magnit.....	293
5.94. Gambar kerja dan informasinya.....	296
5.95. Meja perata.....	298
5.96. Blok siku.	299
5.97. Pemasangan benda kerja pada blok.....	299
5.98. Siku-siku baja dikeling mati.....	300
5.99. Cara melakukan pengukuran dengan siku-siku.....	301
5.100. Benda kerja yang tidak rata.	302
5.101. Siku-siku dengan bilah yang dapat digeserkan	302
5.102. Siku-siku kombinasi	303
5.103. Pemakaian siku-siku kombinasi.....	304
5.104. Cara mencari titik pusat.	305
5.105. Macam-macam penggores.	305
5.106. Langkah penggoresan.	306
5.107. Menggores dengan beberapa alat bantu.	307
5.108. Blok penggores.	308
5.109. Penitik garis	309
5.110. Penitik pusat	309
5.111. Penitik otomatis.....	310
5.112. Membuat tanda dengan penitik.....	311
5.113. Jangka tusuk.....	313
5.114. Cara mengukur dengan jangka tusuk.	314
5.115. Membuat lingkaran dengan jangka tusuk	314
5.116. Jangka kaki.	315
5.117. Mengukur diameter dalam dengan jangka kaki	316
5.118. Mengukur celah dengan jangka kaki.	316
5.119. Jangka bengkok.....	317
5.120. Mengukur diameter luar benda	318
5.121. Membaca ukuran dengan bantuan mistar baja.....	318
5.122. Jangka pincang.....	319
5.123. Mengukur pembukaan kaki dengan mistar baja	320
5.124. Cara membuat garis sejajar.....	320
5.125. V Blok.....	321
5.126. Pemakaian V blok.	321
5.127. Klem C.	322
5.128. Klem sejajar.	322
5.129. Memberikan pewarna pada permukaan benda kerja	323
5.130. Melakukan pekerjaan menggaris dan menitik.....	324

Gambar	Halaman
6.1. Ragum	328
6.2. Tinggi pemasangan ragum pada meja kerja	328
6.3. Pelapis rahang ragum.....	329
6.4. Cara penjepitan beberapa jenis bahan benda kerja. ...	330
6.5. Pengikatan benda kerja pada ragum.....	331
6.6. Posisi penjepitan benda kerja pada ragum.....	331
6.7. Palu keras.....	332
6.8. Mengeling dengan palu konde.....	333
6.9. Palu lunak.....	334
6.10. Tang kombinasi.....	335
6.11. Tang potong.....	335
6.12. Tang pembulat.....	336
6.13. Tang pipa.....	336
6.14. Kikir dan nama bagian-bagiannya	337
6.15. Jenis gigi pemotong kikir	338
6.16. Kikir rata.....	338
6.17. Macam kikir instrumen	339
6.18. Cara memegang tangkai kikir	340
6.19. Mengikir kasar/pengikiran awal	341
6.20. Pengikiran ringan.....	341
6.21. Pengikiran benda kerja tipis.....	342
6.22. Posisi badan dan kaki saat pengikiran	342
6.23. Cara mengikir silang	344
6.24. Mengikir searah dengan panjang benda kerja.....	345
4.25. Mengikir lubang segi empat.....	346
6.26. Mengikir radius luar	347
6.27. Sikat kikir	347
6.28. Cara membersihkan kikir	348
6.29. Cara menyimpan kikir	348
6.30. Bagian-bagian gergaji tangan.....	349
6.31. Pahat tangan	359
6.32. Macam-macam pahat rata.....	351
6.33. Bentuk pahat tangan	351
6.34. Cara memegang pahat yang benar	353
6.35. Posisi berdiri saat memahat	353
6.36. Kepala Pahat	354
6.37. Pembatas meja kerja	355
6.38. Mengasah Mata Pahat	356
6.39. Skrap rata	357
6.40. Skrap setengah bulat.....	358
6.41. Skrap mata segi tiga	358
6.42. Macam-macam skrap	359
6.43. Gerakan pengasahan pada batu asah	360
6.44. Menajamkan mata potong	360
6.45. Menyekrap rata.....	361
6.46. Menyekrap dengan skrap setengah bulat.....	362

Gambar	Halaman
6.47. Tap	363
6.48. Snei dan Tap	363
6.49. Tap konis	364
6.50. Tap antara	364
6.51. Tap rata	365
6.52. Tangkai tap	365
6.53. Penjepitan benda kerja dan pemasangan tap	366
6.54. Pemasangan tap dan pemeriksaan kesukuan	367
6.55. Langkah awal pengetapan	367
6.56. Pemberian minyak pelumas	368
6.57. Snei pejal	368
6.58. Snei bercelah (Split die)	369
6.59. Pemegang snei	369
6.60. Mempersiapkan benda kerja	370
6.61. Langkah penguliran	371
6.62. Pemerluas lubang (reamer)	372
6.63. Memperluas lubang tirus	373
7.1 Jenis-jenis sambungan pada pelat	380
7.2 Langkah-langkah pengerjaan sambungan alas ganda	381
7.3 Sambungan berimpit	381
7.4 Penguatan sambungan berimpit	382
7.5 Sambungan sudut alas	382
7.6 Sambungan bilah	383
7.7 Sambungan Tutup melengkung	383
7.8 Langkah pembentukan sambungan alas silinder	384
7.9 Jenis-jenis kepala paku keling	385
7.10 Paku Tembak (blind rivet)	387
7.11. Pilot countersink	388
7.12. Drill Bit countersink	388
7.13. Pemasangan Rivet countersink	388
7.14 Gun Blind Rivet	389
7.15 Pemasangan Paku Tembak	389
7.16 Proses Pemasangan	390
7.17. Skema penyolderan	391
7.18. Solder Listrik	392
7.19. Solder Pemanas LPG	393
7.20. Solder Pemanas arang Kayu	393
7.21 Penyolderan	393
7.22. Proses Penyolder	394
7.23 Brazing	395
7.24 Brander untuk brazing	397
7.25 Fluks	397
7.26 Bahan Tambah	397
7.27 Brazing Mata Pahat Bubut	397

Gambar	Halaman
7.28. Proses Brazing di Industri.....	398
7.29. Las Resistansi Titik.....	399
7.30. Las resistasi titik dengan penggerak tuas tangan	400
7.31. Las resitensi titik dengan penggerak tuas.....	400
7.32. Penyetelan batang penyangga elektroda	401
7.33. Las Resistansi.....	401
7.34. Proses Las Resistansi	402
7.35. Skema Pengelasan	403
7.36. Polaritas arus pengelasan	405
7.37. Trafo Las dan Kelengkapannya	406
7.38. Meja Las	406
7.39. Ruang las	407
7.40. Perlengkapan Keselamatan Kerja Las Busur Nyala ...	408
7.41. Berbagai macam posisi pengelasan	409
7.42. Sambungan sudut.....	410
7.43. Kampuh V	410
7.44. Latihan mengelas Posisi 2 F.....	411
7.45. Beberapa model pengelasan	412
7.46. Teknik Ayunan dalam pengelasan di bawah tangan ..	413
7.47. Teknik Mengelas Kampuh Sudut	413
7.48. Teknik mengelas Pada Posisi Vertikal Up	414
7.49. Pengelasan posisi Over head.....	415
7.50. Jalur las dilihat secara visusal	416
7.51. Kriteria hasil pengelasan	417
7.52. Proses pengelasan pipa di lapangan.....	418
7.53. Sambungan Las yang Mengalami Keretakan	418
7.54. Kawat Las/Elektroda.....	421
7.55. Proses Las Oksi-asetilin	428
7.56. Generator asetilen	429
7.57. Brander Las Asetilen	430
7.58. Nyala api Oksi-asetilen	432
7.59. Regulator Oksigen	437
7.60. Regulator Asetilen	437
7.61. Selang Gas	440
7.62. Las Asetelin	442
7.63. Las TIG	443
7.64. Skema pengelasan las TIG	444
7.65. Diagram rangkaian listrik dari mesin las listrik DC.....	445
7.66. Pengaruh polaritas pada pengelasan TIG	446
7.67. Skema las TIG	447
7.68. Contoh Pengerjaan Las TIG	448
7.69. Rangkaian Las TIG.....	448
7.70. Mulut pembakar (<i>Welding Torcn</i>) dengan pendinginan air	450
7.71. Jenis pelindung nozel	451
7.72. Nozel las TIG	451

Gambar	Halaman
7.73. Botol gas pelindung	453
7.74. Regulator dan Flowmeter	454
7.75. Flowmeter dan Ekonomiser	455
7.76. Jenis Alat untuk Membersihkan Permukaan	455
7.77. Cara Memasang Peralatan Las TIG	454
7.78. Membuka Keran Katup Silinder	457
7.79. Sistem Saluran Daya, Gas dan Air Pendingin	457
7.80. Posisi Pengelasan dengan TIG	460
7.81. Posisi memegang gagang mulut pembakar (torch) .	461
7.82. Posisi sudut elektroda tungsten dan arah pengelasan bawah tangan	461
7.83. Mesin Las TIG semi-otomatis	463
7.84. Mesin Las TIG.....	463
7.85. Pemindahan Sembur pada las MIG	464
7.86. Bagian-bagian Utama Wire Feeder	467
7.87. Torch Las MIG	467
7.88. Sepatu Kabel	468
7.89. Silinder dan Regulator Gas Pelindung	469
7.90. Sikat baja	469
7.91. Smit tang	479
7.92. Pemotongan kawat	470
7.93. Perlengkapan GMAW/MIG	471
7.94. Penyetelan wire Feeder	472
7.95. Proses pengelasan las MIG	476
7.96. Operasional las MIG	476
7.97. Power supply Las MIG	477
7.98. Mesin Las MIG	478
7.99. Takikan bawah	478
7.100. Penumpukan logam las	479
7.101. Keropos.....	479
7.102. Kurang pencairan.....	479
7.103. Tercemar oleh tungsten	480
7.104. Terperangkap kotoran.....	480
7.105. Retak.....	481
7.106. Las catat	482
7.107. Menggunakan klem.....	483
7.108. Menggunakan pelat punggung	483
7.109. Teknik pengelasan berurutan	483
7.110. Klasifikasi ulir segi tiga	485
7.111. Gambar baut tembus, tap dan tanam	487
7.112. Jenis-jenis baut	488
7.113. Macam-macam Sekrup Mesin	488
7.114. Jenis-jenis mur	488
7.115. Gambar Sekrup.....	489

Gambar		Halaman
8.1.	Prinsip Kerja pemotongan	492
8.2.	Mesin Potong Otomatis/Mesin Guillotin otomatis	493
8.3.	Proses Pemotongan Otomatis	494
8.4.	Proses pemotongan gunting	494
8.5.	Gunting tangan lurus.....	495
8.6.	Proses Pemotongan dengan gunting lurus.....	495
8.7.	Gunting tangan lingkaran.....	496
8.8.	Proses pemotongan dengan gunting Lingkaran	496
8.9.	Gunting tangan kombinasi	496
8.10.	Proses pemotongan dengan gunting kombinasi.....	497
8.11.	Gunting kombinasi dengan penahan	497
8.12.	Gunting kanan.....	498
8.13.	Gunting lingkaran.....	498
8.14.	Gunting tuas	498
8.15.	Bagian-bagian gunting tuas	499
8.16.	Pemotongan Pelat dengan pahat	499
8.17.	Posisi pahat untuk pemotongan Pelat	500
8.18.	Gergaji Tangan	501
8.19.	Langkah pemotongan	503
8.20.	Pemasangan daun mata gergaji.....	504
8.21.	Memegang gergaji tangan	504
8.22.	Pemotongan pendahuluan.....	505
8.23.	Cara memotong bahan panjang	505
8.24.	Penjepitan pipa tipis pada ragum.....	506
8.25.	Cara memotong pipa.	506
8.26.	Mesin Gergaji Pita.....	507
8.27.	Posisi mesin guillotine.....	508
8.28.	Hasil pemotongan Pelat.....	509
8.29.	Bagian mesin Guillotine	509
8.30.	Mesin Guillotine Manual	510
8.31.	Guillotine Mesin	510
8.32.	Mesin Gunting Hidrolik.....	512
8.33.	Mesin Potong Plane Hidrolik.....	512
8.34.	Mesin Gunting Putar	513
8.35.	Mesin gunting lingkaran	513
8.36.	Mesin Pemotongan Melingkar	514
8.37.	Mesin Gunting Melingkar	514
8.38.	Mesin Wibler	515
8.39.	Mesin Potong Vertikal	516
8.40.	Mesin Gerinda Potong	516
8.41.	Penampang sepanjang garis potong pada pemotongan oksigen.....	518
8.42.	Brander Potong Las Asetilen	518
8.43.	Proses Pemotongan dengan Asetilen.....	519
8.44.	Pemotongan las busur Plasma	520
8.45.	Mesin Potong plasma (Plasma Cutting).....	521

Gambar		Halaman
8.46.	Mesin Potong Tenaga Laser.....	521
8.47.	Bentuk penampang potongan	522
9.1.	Hasil Produk Pelat Tipis dan Pelat Tebal untuk Konstruksi alat pengolahan Hasil Pertanian dan Turbin air Skala Kecil	528
9.2.	Pemotongan	530
9.3.	Penembukan	530
9.4.	Penembukan dengan penahan pegas.....	530
9.5.	Pembengkokan	531
9.6.	Bending U	531
9.7.	Squeezing	531
9.8.	Squeezing Tutup Botol.....	532
9.9.	Press.....	532
9.10.	Penguatan Tepi	532
9.11.	Spring Back pada Pelat	535
9.12.	Proses Bending dan Faktor- K	536
9.13.	Palu Besi Segiempat dan Bulat	538
9.14.	Palu Besi Kombinasi segi empat dan tirus serta Bulat	538
9.15.	Palu Besi Kombinasi Bulat rata& Bola dan Pipih	538
9.16.	Palu Kayu Kepala Bulat dan Palu Karet Bulat	539
9.17.	Palu Karet Persegi	539
9.18.	Palu Plastik Palu Kombinasi dan Bulat.....	539
9.19.	Palu Kayu Tirus dan Palu Rata	540
9.20.	Macam-macam Landasan	540
9.21.	Kombinasi	541
9.22.	Rata	541
9.23.	Bulat.....	541
9.24.	Kombinasi Silinder dan Tirus	541
9.25.	Seperempat Bola	542
9.26.	Kombinasi rata Kerucut.....	542
9.27.	Kombinasi silinder.....	542
9.28.	Sudut 45° dan Kerucut.....	542
9.29.	Pipa.....	542
9.30.	Alur.....	542
9.31.	Kombinasi Tirus dan silinder.....	543
9.32.	Kedudukan Landasan	543
9.33.	Pembentukan secara manual	545
9.34.	Pembentukan Mangkuk	545
9.35.	Pengecekan radius benda	546
9.36.	Pembentukan Pipa Lengkung.....	546
9.37.	Langkah Proses Tekuk	548
9.38.	Langkah awal Tekuk.....	548
9.39.	Penekukan Pelat	549
9.40.	Sudut Tekuk.....	549

Gambar		Halaman
9.41.	Bentangan pada Proses Tekuk.....	550
9.42.	Konstruksi Mesin Tekuk/Lipat	550
9.43.	Jenis Lipatan	551
9.44.	Langkah proses tekuk untuk sambungan lipat.....	551
9.45.	Penekukan bidang Lengkung	552
9.46.	Mesin Bending Hidrolik	552
9.47.	Proses Bending Dies dan Punch	553
9.48.	Mesin Lipat Universal.....	554
9.49.	Mesin Lipat Universal.....	555
9.50.	Berbagai macam Tipe Punch dan Dies	555
9.51.	Langkah Bending Untuk Proses Bending Sisi Tepi Pelat menjadi Bentuk Silinder memanjang di Sepanjang tepi Pelat	556
9.52.	Bentangan Pelat dengan Tipe Bend Allowanced dan Bend Reduction	556
9.53.	Kelengkungan pada Proses Bending.....	557
9.54.	Aplikasi proses tekuk	558
9.55.	Perkembangan Mesin Tekuk yang di Industri Hydraulic Bending Machine NC	560
9.56.	Proses pengerolan Pelat Tebal di Industri Pengerolan dilakukan dengan menggunakan Motor Listrik sebagai penggerak dan sistem penekannya menggunakan Hidrolik Sistem	561
9.57.	21 Tipe susunan Rol Jepit	562
9.58.	Tipe Susunan Rol Piramide	562
9.59.	Tipe Susunan Rol Kombinasi Jepit dan Piramide.....	563
9.60.	Grafik Tegangan Regangan Baja Carbon dan Baja Karbon Tinggi.....	566
9.61.	Mesin Rol Kombinasi Tipe Jepit dan Piramide	567
9.62.	Macam-macam Kesalahan pada Proses Pengerolan.....	568
9.63.	Aplikasi proses pengerolan yang ada di Industri	569
9.64.	Proses peregangan.....	573
9.65.	Efek peregangan.....	573
9.66.	Proses Blanking untuk Penembukan Pelat.....	574
9.67.	Proses Blanking Pelat menjadi Bentuk bulat dan persegi tak tentu	575
9.68.	Peletakan benda kerja pada Proses Blanking	576
9.69.	Proses Blanking untuk pembuatan Ring Pelat.....	577
9.70.	Mesin Blanking Pelat	578
9.71.	Punch dan Dies	578
9.72.	Bentuk Punch.....	579
9.73.	Menentukan Titik Berat Punch.....	579
9.74.	Aplikasi Penggunaan Hasil Proses Blanking	580
9.75.	Proses Drawing.....	581
9.76.	Blank dan draw piece.....	581

Gambar		Halaman
9.77.	Mesin Deep Drawing	582
9.78.	Proses drawing	583
9.79.	Beberapa macam bentuk draw piece	584
9.80.	Langkah Proses Deep Drawing	584
9.81.	Bagian Utama Die Drawing.....	585
9.82.	Metoda Penekanan Gaya Tunggal	589
9.83.	Metoda Penekanan Gaya Ganda	590
9.84.	Pembuatan Mangkuk pada proses Deep Drawing ...	591
9.85.	Contoh Produk Deep Drawing	591
9.86.	Mesin Press	592
9.87.	Mesin <i>Squeezing</i> sistem hidrolik	594
9.88.	Produksi dari proses pressing mangkuk dalam jumlah besar.	594
9.89.	Peralatan Mesin Press.....	595
9.90.	Hasil Produk Jadi Proses Squeezing Kereta Api Cepat Dan Mobil	595
9.91.	Proses Spinning untuk pembentukan Pelat.....	596
9.92.	Proses Spinning	597
9.93.	Tool spinning.....	597
9.94.	Eretan Atas rest	598
9.95.	Proses Spin	598
9.96.	Tool Pembentuk	599
9.97.	Proses finishing.....	599
9.98.	Produksi Spinning Proses1	600
9.99.	Produksi Spinning Proses2.....	600
9.100.	Komponen Hasil Produk Spinning	601
9.101.	Pelat tanpa penguatan	602
9.102.	Pelat dengan penguatan.....	602
9.103.	Macam-macam penguatan Tepi	603
9.104.	Penguatan Tepi dengan Lipatan.....	604
9.105.	Macam-macam penguatan tepi dengan cara dipress	604
9.106.	Penguatan Tepi dengan Proses Jogle.....	605
9.107.	Penguatan Body	605
10.1.	Grafik Kecepatan Pendinginan (Hubungan Suhu dengan waktu Pendinginan)	613
10.2.	Dapur Tempa	614
10.3.	Dapur Tempa sederhana.....	616
10.4.	Landasan Paron	617
10.5.	Landasan Datar dan Landasan Profil	617
10.6.	Macam-Macam Smed Tang	618
10.7.	Macam-macam Palu Tempa	619
10.8.	Beberapa Jenis Palu Tempa	620
10.9.	Mesin Hammer	621
10.10.	Bagian Utama Mesin Hammer.....	622

Gambar	Halaman
10.11. Bak Pendingin	623
10.12. Penjepit Hidrolik	623
10.13. Ragum Tempa	623
10.14. Proses Penempaan Alat Pertanian Parang	624
10.15. Parang Hasil Tempa	624
10.16. Penempaan di Atas Landasan	625
10.17. Proses penempaan pembuatan parang	625
10.18. Penempaan Parang Panjang	626
10.19. Proses Tempa dengan Mesin Hammer	626
10.20. Mesin Hammer Konvensional	627
10.21. Tempa dengan menggunakan Die	628
10.22. Beberapa Model Penempaan	628
10.23. Hasil Produksi Tempa 1	629
10.24. Hasil Produksi Tempa 2	629
10.25. Proses Pembentukan Ekstrusi Dingin.....	632
10.26. Metode Pembentukan Ekstrusi	632
10.27. Metode penekanan Bantang	633
10.28. Langkah Pembentukan Kepala	633
10.29. Pembentukan Kepala Paku Keling	634
10.30. Hasil Produk Ekstrusi 1	634
10.31. Hasil dari Proses Ekstrusi 2	635
10.32. Diagram Batas Pembentukan Keeler Goodwin	636
10.33. Kemampuan Bentuk (Wood Cs)	637
10.34. Hub. Regangan Perentangan dengan Kurva Tegangan-Regangan	639
11.1. Macam-macam Screw, Baut dan Mur	648
11.2. Kotak Persegi	648
11.3. Kotak Saluran	649
11.4. Silinder.....	650
11.5. Silinder dengan pengawatan	651
11.6. Elbow persegi	652
11.7. Kotak Alat	653
11.8. Ember	654
11.9. Cerocok	655
11.10. Kotak Trapesium.....	656
11.11. Saluran Trapesium	657
11.12. Trapesium Eksentrik	658
11.13. Kotak Panjang	659
11.14. Kotak Bertutup	660
11.15. Perakitan kotak sampah	661

DAFTAR TABEL

Tabel.	Halaman
3.1. Sifat teknis bahan yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan.	72
3.2. Klasifikasi baja karbon	76
3.3. Klasifikasi besi cor	77
3.4. Ketebalan Pelat B.S 4391.....	108
3.5. Ketebalan Pelat ISWG.....	108
3.6. Komposisi Khas dari Paduan-paduan yang Umum.....	113
3.7. Komposisi dan sifat-sifat jenis baja paduan martensit Komposisi: 18% N, 8% Co, 5% Mo, 0,4% Ti	129
4.1. Bahasa dan Gambar.....	153
4.2. Kerangka dan bidang-bidang kerja ISO/TC 10.....	159
4.3. Harga sudut-sudut proyeksi dan skala perpendekan dalam proyeksi aksonometri.	179
6.1. Hubungan besar sudut mata potong dengan jenis bahan yang akan dipotong	352
7.1. Dimensi rivet B.S 4620	386
7.2. Dimensi Spesial Blind River.....	387
7.3. Fluks dan penggunaannya	392
7.4. Komposisi Solder Lunak.....	394
7.5. Komposisi solder keras.....	396
7.6. Arti digit keempat dari elektroda	423
7.7. Kuat arus dan Tebal bahan dan dia elektrode.....	425
7.8. Hubungan Tebal Bahan, Nomor Tip Nozzle, dan Tekanan Gas	430
7.9. Perbedaan selang oksigen dan asetilen.....	440
7.10. Penggunaan Mesin las TIG untuk beberapa logam	447
7.11. Ketentuan umum penyetelan/pengaturan besaran arus dan tegangan pengelasan berdasarkan diameter kawat elektroda.....	473
7.12. Perbandingan penggunaan gas pelindung	475
7.13. Klasifikasi ulir segi tiga dalam ukuran Inchi dan metrik.....	485
7.14. Ukuran Standar Ulir Kasar Metris (JIS B.0205)	486
7.15. Bahan Baut, Mur dan Skrup	487
8.1. Hubungan antara besar ukuran bahan dan jenis bahan dengan jenis daun mata gergaji.....	503
8.2. Suaian pisau mesin guillotine	508
8.3. Klasifikasi cara pemotongan.....	517
9.1. Klasifikasi Cold Working	533
9.2. Jenis material dan kecepatan maksimal <i>draw dies</i>	589
10.1. Warna Pembakaran dan Temperatur	615
10.2. Forging 1.....	630

10.3. Forging 2.....	630
10.4. Forging 3.....	631



ISBN 978-979-060-101-7
ISBN 978-979-060-104-8

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 26.466,00