

BAB II

TINJAUAN UMUM MASALAH PENGELASAN

II. 1. Umum.

Pada waktu sekarang ini teknik pengelasan mulai berkembang dengan pesat. Hal ini disebabkan karena telah ditemukan cara penggunaan tenaga listrik sebagai sumber panas dalam pengelasan, sehingga pada saat ini hampir semua penyambungan logam untuk segala macam konstruksi dapat dilakukan dengan menggunakan proses pengelasan.

Berdasarkan definisi dari *Dentche Industrie Normen (DIN)* las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. (Ref: 1, 1984, Hal : 28)

Dalam industri perkapalan las memegang peranan yang amat penting karena hampir sebagian besar konstruksi kapal disambung dengan proses pengelasan. Pengelasan kelihatan sangat sederhana, tetapi sebenarnya didalamnya banyak masalah yang harus diatasi. Dimana pemecahannya sangat diperlukan pengetahuan yang cukup. Maka jelasny dapat penulis katakan bahwa dalam perancangan konstruksi dengan sambungan las harus direncanakan pula tentang pengelasan, bahan las, urutan pengelasan, dan jenis las yang akan dipergunakan. Tanpa rencana pengelasan yang baik akan mengakibatkan distorsi dan residual strees, yang kesemua itu sangat mempengaruhi sifat sambungan las.

2. 2. Tahap-tahap pengelasan.

Dalam Industri perkapalan peran pengelasan merupakan peranan yang amat penting dalam teknologi penyambungan antara bahan baku logam. Untuk memperoleh pengelasan yang baik sangat diperlukan beberapa peralatan bantu antara lain Crane, Jib, bantalan, bantalan turn backle, clamp dan lain-lain. Selain itu tahapan-tahapan dalam pekerjaan pengelasan juga memegang peranan yang penting. Adapun tahap-tahap pengelasan adalah sebagai berikut : (*Ref : 7, 1984 Hal : 23*)

2. 2.1. Kontrol pendahuluan.

Pada tahap ini dikerjakan pekerjaan-pekerjaan yang sebelum melakukan pengelasan dilaksanakan, yaitu :

- Persiapan elemen-elemen yang akan dilas.
- Persiapan peralatan las dengan alat-alat bantunya.
- Pembersihan alur.
- Menyiapkan gambar dan prosedur pengelasan yang akan dipakai.
- Persiapan bentuk kampuh.
- Persiapan balok-balok penyangga.
- Dan lain-lain.

2. 2.1. Kontrol waktu pengelasan.

Tahap ini yang perlu diperhatikan adalah pemilihan berapa besarnya tegangan dan amper listrik sesuai dengan ketebalan dan diameter elektrode, kecepatan pengelasan, besar sudut dan jarak elektrode terhadap alur-alur lasan, urutan defosit, urutan pengelasan, pemakaian tangan atau alat-alat penyetal. Bila pengelasan dilakukan secara manual maka weldernya dituntut

mempunyai keahlian dan pengalaman yang cukup sehingga hasil pengelasan akan baik, dan juga terhindar konstruksi dari deformasi. Terjadinya deformasi harus dibuat sekecil mungkin, karena bila tidak, akan memberikan pekerjaan yang akan memakan waktu, biaya, dan material.

2. 2.3. Kontrol sesudah selesai pengelasan.

Pada tahap ini Welder dan pembantunya mengadakan pembersihan alur las dari kerak, dan kotoran-kotoran lainnya, pemeriksaan hasil pengelasan secara visual, pekerjaan perbaikan pengelasan, pelepasan penguat serta penahan pada pengelasan tadi dan lain-lain.

2. 3. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan konstruksi dengan sambungan las.

Dalam konstruksi sambungan las, dapat penulis katakan bahwa kekuatan konstruksi terletak pada sambungan lasnya. Sambungan las yang baik dengan sendirinya kualitas konstruksi menjadi baik, begitu pula bila kualitas sambungan las jelek akan mempengaruhi kekuatan konstruksi tersebut menjadi jelek. Untuk mendapatkan suatu hasil pengelasan yang baik maka (*Ref: 2, 1972, Hal : 56*)

Perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Pemilihan bahan
2. Deformasi dan tegangan sisa
3. Konsentrasi tegangan
4. Biaya
5. Prosedur dan urutan pengelasan

2.3.1. Pemilihan bahan

a. Bahan induk.

Bahan induk harus mempunyai sifat mampu las yang tinggi. Disamping pemilihan bahan induk yang mampu las tinggi, dalam merencanakan perlu juga diperhatikan cara pengelasannya.

b. Bahan las.

Pemilihan bahan las yang tepat sudah tentu suatu keharusan dalam mencapai kualitas sambungan las pemilihan bahan las haruslah disesuaikan dengan bahan induknya. Cara untuk keperluan tersebut kita harus memperhatikan petunjuk dari pihak yang mengeluarkan bahan las tersebut. Pemilihan bahan las yang tidak tepat menyebabkan kualitas sambungan yang baik karena antara bahan las dan logam induk kurang penetrasi.

2.3.2. Tegangan sisa

Tegangan sisa dan perubahan bentuk yang terjadi sangat mempengaruhi sifat dan kekuatan dari sambungan las, misal dapat menyebabkan patah getas dan terjadinya perubahan bentuk karena itu usaha untuk mengatur dan mengurangi tegangan sisa dan perubahan bentuk harus mendapat perhatian utama.

Adapun hal-hal yang berpengaruh dalam pembentukan tegangan sisa adalah batas transformasi dan batas luluh bahan, suhu pemanasan yang tinggi, kecepatan pendinginan, tahanan luar dan pemanasan mula. Faktor-faktor tersebut sangat berkaitan antara yang satu dengan lainnya, karena itu dalam mengatur dan mengawasi tegangan sisa, semuanya harus diperhatikan.

2.3.3. Konsentrasi tegangan

Seperti kita ketahui terjadinya patah getas yang dapat menyebabkan runtuhnya konstruksi sambungan las disebabkan salah satunya adanya konstruksi tegangan. Karena proses pengelasan pada umumnya menurunkan ketangguhan pada daerah lasan maka biasanya kemungkinan patah pada sambungan lebih besar daripada patah pada logam induknya. Dengan adanya kenyataan tersebut dan ditambah dengan kemungkinan konsentrasi tegangan, maka dalam melaksanakan dalam sambungan las, konsentrasi tegangan harus ditekan sekecil mungkin. Untuk itu sangat diperlukan perencanaan konstruksi sambungan las dan prosedur pengelasan yang tepat.

2.3.4. Biaya

Dalam merencanakan suatu konstruksi disamping harus memperhatikan kekuatan dan mutu, harus dipikirkan juga dari segi ekonomis dari suatu konstruksi tersebut. Hal tersebut diatas pada kenyataannya sulit dilaksanakan karena keduanya saling bertentangan. Untuk menurunkan biaya harus diadakan pertimbangan-pertimbangan yang menyeluruh dari sudut rencana, prosedur dan pasaran bahan.

Adapun hal-hal yang perlu dipikirkan dalam usaha penurunan biaya adalah sebagai berikut:

- a. Menyerdehanakan konstruksi dan mengurangi jumlah batang sejauh mungkin.
- b. Konstruksi harus mudah dirakit.
- c. Diusahakan memakai bahan yang standart.

- d. Menggunakan cara pengelasan yang dapat menyebabkan pengelasan dengan bahan las sedikit mungkin.
- e. Pengelasan dihindarkan dari ruang yang sempit.
- f. Diusahakan pengelasan tidak dilapangan.
- g. Diusahakan pengelasan menggunakan las datar.

Karena hal diatas harus ditekankan pada faktor yang paling menguntungkan dan yang paling mudah pelaksanaannya.

2. 3.5. Prosedur dan urutan pengelasan.

Untuk hal ini lihat pembahasan berikutnya.

2. 4. Prosedur dan tehknik pengelasan

2. 4.1. Pengertian prosedur pengelasan :

Prosedur pengelasan adalah suatu perencanaan untuk pelaksanaan pengelasan yang meliputi pembuatan konstruksi sambungan las yang sesuai dengan rencana dan spesifikasinya dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaannya. (*Ref: 3, 1977, Hal : 102*)

Jadi dalam hal ini prosedur pengelasan mempunyai arti:

- a. Apa yang harus dikerjakan oleh pengelasan.
- b. Keterangan elemen secara detail (yang berisi ukuran atau batasan suatu ukuran) dari proses atau metode untuk menghasilkan suatu hasil tertentu.

Adapun pengertian prosedur pengelasan menurut AWS :

“ Prosedur pengelasan adalah detail metode dan praktek yang meliputi seluruh prosedur penyambungan las dalam proses penyatuan “.

Jadi prosedur pengelasan meliputi antara lain :

- a. Spesifikasi dari material yang akan dilas.
- b. Detail metode yang akan dipakai.
- c. Praktek pengelasan dari sambungan-sambungan yang khusus.

Pada umumnya pengelasan prosedur terdiri atas :

- a. Keterangan tertulis secara detail tentang bagaimana operasi pengelasan tersebut akan dilaksanakan.
- b. Gambar atau skets yang menunjukkan design dari sambungan las dan kondisi untuk menentukan setiap pengertian langkah pengelasan dan bentuk dari mahkota las.
- c. Catatan tentang hasil test dan juga hasil dari pengelasan.

2.4.2. Tujuan prosedur pengelasan.

Prosedur pengelasan sangat diperlukan dalam proses pengelasan, hal ini dimaksudkan untuk :

- Untuk menghasilkan pengelasan yang baik.
- Menghindari perubahan bentuk dan ukuran dengan mengontrol distorsinya.
- Mengurangi atau menekan adanya residual stresses.
- Menghindari perubahan susunan metalurgi sehingga hanya terjadi dalam batas yang sekecil mungkin.
- Menjaga langkah-langkah pembangunan yang lebih konsisten.

2. 4.3. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam prosedur pengelasan.

Mengingat tujuan prosedur pengelasan diatas, maka prosedur pengelasan perlu menghasilkan pelaksanaan pengelasan yang semudah-mudahnya, maka hal-hal berikut harus diperhatikan:

- Diusahakan supaya pelaksanaan pengelasan dapat dikerjakan dengan posisi elektrode yang seharusnya.
- Diusahakan agar juru las dapat melihat busur listrik yang terjadi.
- Diusahakan agar pengelasan dapat dilaksanakan dengan posisi ilmiah.

Disamping hal diatas perlu juga diketahui beberapa variabel yang penting, yang dapat mempengaruhi prosedur pengelasan. Variabel-variabel tersebut antara lain :

- Penentuan proses pengelasan yang dapat dilaksanakan pada bagian konstruksi tertentu, termasuk penentuan jenis variasinya.
- Metode untuk melaksanakan proses pengelasan.
- Penentuan tipe dari base metal, spesifikasinya serta komposisinya.
- Penentuan bentuk geometri dari base metal beserta ketebalannya.
- Menentukan pelaksanaan perlakuan pemanasan pendahuluan atau pemanasan akhir, bila hal tersebut diperlukan oleh benda kerja.
- Posisi pengelasan yang digunakan.
- Komposisi kimia filler metal atau material tambahan lain yang dibutuhkan selama proses pengelasan.
- Penentuan tipe dari sambungan las beserta cara pengelasannya.
- Penentuan macam atau operasi pengelasan yang digunakan.

- Tehknik pengelasan.

Adapun beberapa variabel yang tidak begitu penting antara lain :

- Penentuan langkah pengelasan dapat dimulai dari atas atau dari bawah.
- Penentuan ukuran elektrode atau kawat filler yang akan digunakan.
- Penentuan detail tertentu dari design pengelasan yang digunakan.
- Penentuan penggunaan dan tipe dari las balik.
- Penggunaan polaritas dari arus listrik DC.

Faktor-faktor atau variabel diatas harus selalu di sesuaikan dengan penemuan-penemuan baru. Pengetahuan dan pengalaman akan dapat membantu menentukan faktor-faktor atau variabel yang paling optimum agar didapat hasil yang terbaik dan yang paling ekonomis.

2. 4.4. Persiapan pengelasan

Mutu dari pengelasan tidak saja ditentukan dari pengerjaan lasnya tapi juga ditentukan persiapan pengelasannya. Karena itu persiapan pengelasan harus mendapat perhatian utama. Persiapan umum dalam pengelasan meliputi ; penyediaan bahan, pemilihan mesin las, penunjukkan juru las, penentuan alat perakitan dan lain-lain. Adapun persiapan bagian yang akan dilas meliputi :

- Persiapan sisi las.
- Posisinya pengelasan dan alat bantu.
- Las ikat dan perakitan.
- Pemeriksaan dan perbaikan alur.
- Pembersihan alur.

- Persiapan sisi las

Geometri sambungan atau bentuk kampuh harus ditentukan dengan memperhatikan , sifat kemampuan pengerjaan dan kemungkinan penghematan biaya. Penentuan bentuk kampuh selain tergantung pada proses pengelasan juga tergantung tebal pelat.

Pada umumnya :

- Pelat dengan tebal sampai 6 mm, menggunakan alur persegi.
- Pelat dengan tebal antara 6 – 20 mm, menggunakan alur V tunggal.
- Pelat dengan tebal lebih dari 20 mm, menggunakan alur V ganda atau U ganda.

Adapun bentuk kampuh yang sesuai dengan ketentuan BKI seperti digambarkan dalam tabel di bawah ini :

Kampuh	Tebal pelat	Sudut Kampuh
I	5	
V	5 – 12	$50^{\circ} - 60^{\circ}$
X	12	$50^{\circ} - 60^{\circ}$
U	25	60°

Untuk pemakaian bentuk kampuh dan besar sudut yang lain dari ketentuan ini harus mendapat persetujuan BKI.

- Posisi pengelasan dan alat bantu

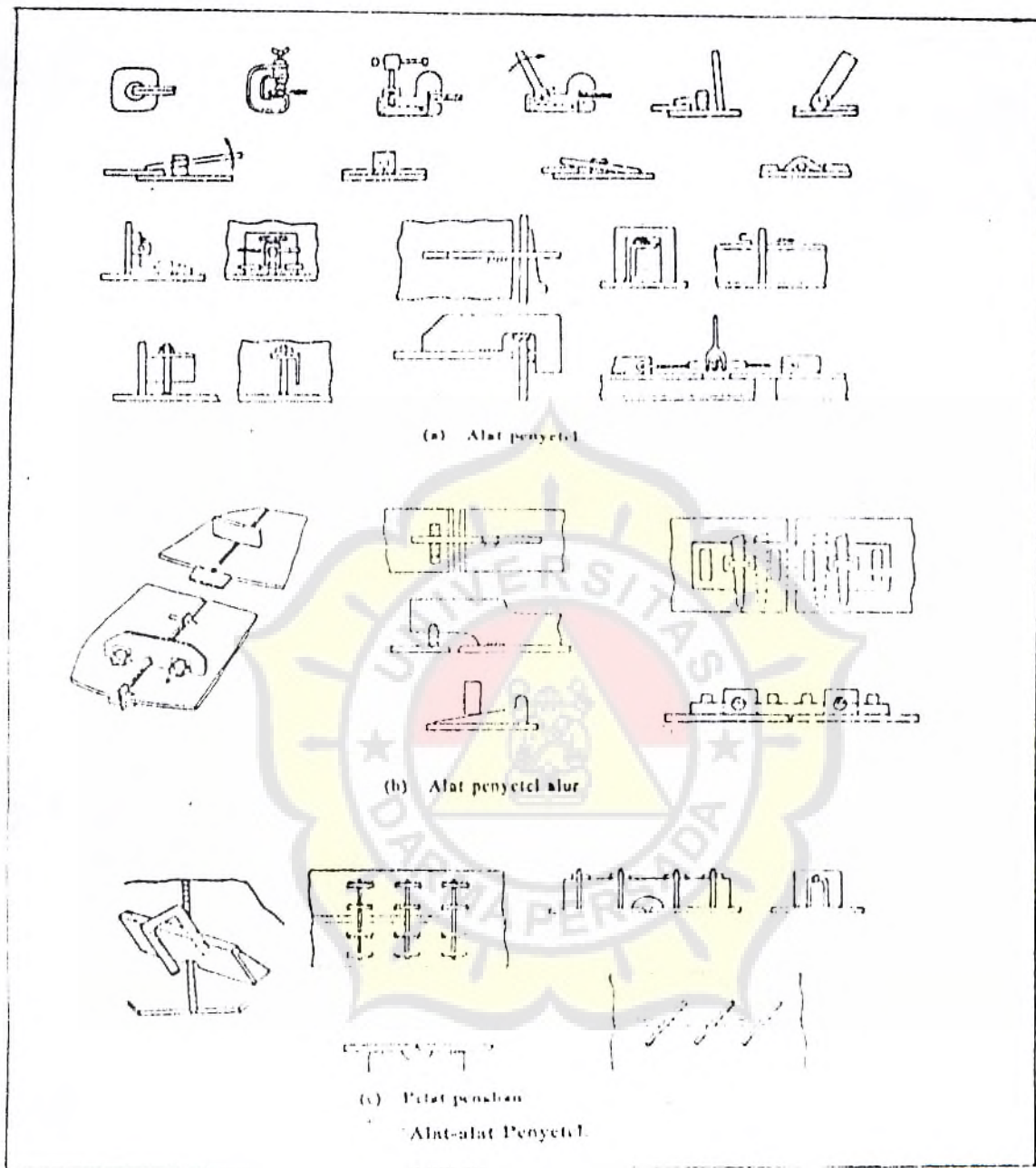
Seperti kita ketahui kualitas sambungan dan efisiensinya sangat tergantung dari posisi pengelasan . Karena itu dalam pengelasan haruslah diusahakan dalam posisi datar atau horisontal, begitu pula dalam menentukan urutan perakitan dan alat perakit harus diusahakan sejauh mungkin menggunakan posisi datar. Dalam menunjang hal tersebut diatas sangat diperlukan alat bantu. Maksud pemakaian alat perakit atau alat bantu adalah :

- Untuk memperoleh atau mengusahakan posisi pengelasan datar.
- Mengurangi atau menahan distorsi akibat panas pengelasan.
- Memudahkan pelaksanaan pengelasan sehingga efisiensi pengelasan tercapai.

Dengan dipakainya alat perakit seperti alat pemutar, alat penjepit, alat penyetel dan lain-lain, memungkinkan tidak digunakan las ikat pada bagian yang akan dilas. Macam-macam alat perakit dapat dilihat pada gambar 2.1 dan 2.2 pada halaman berikut.

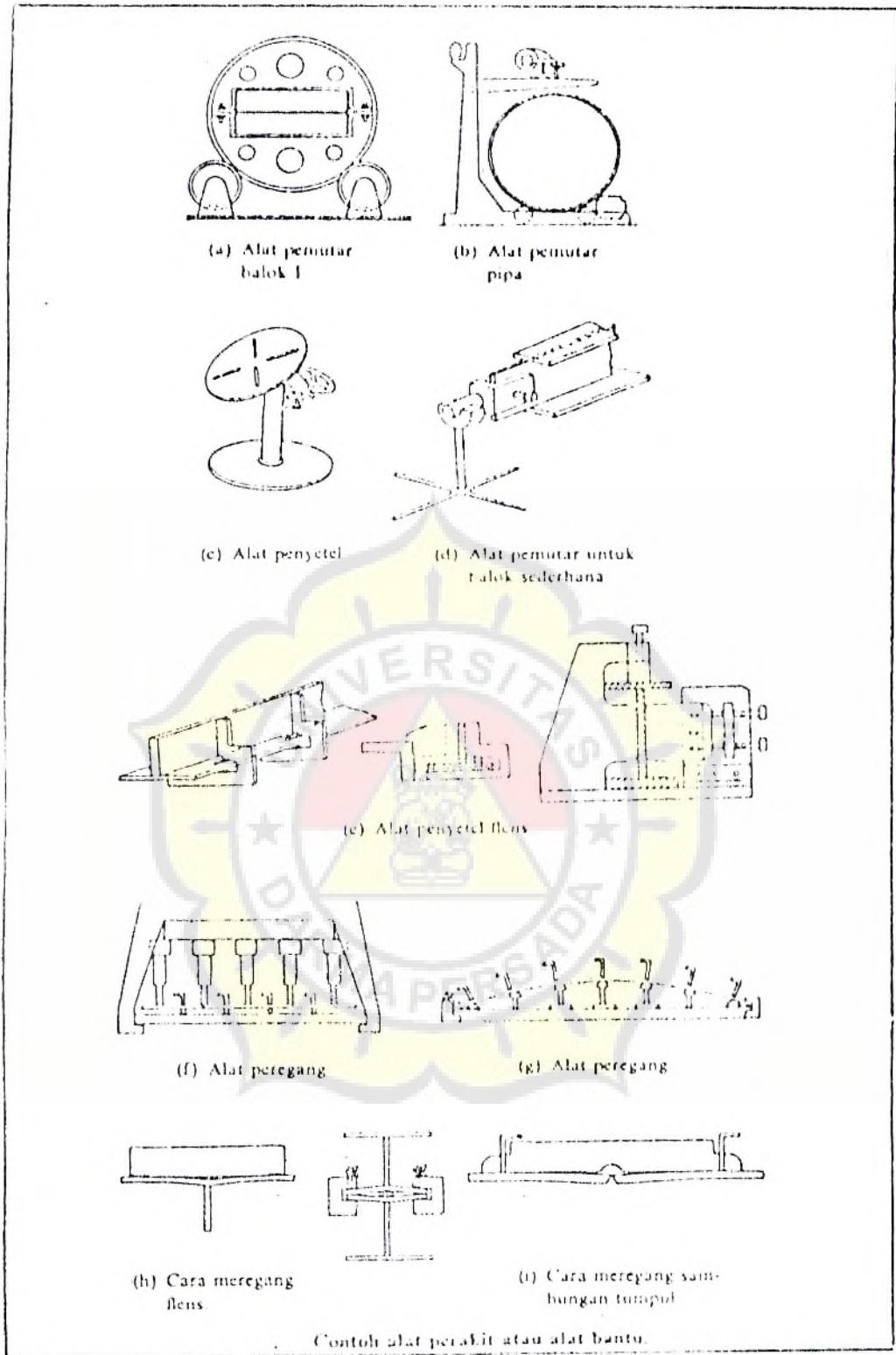
Macam-macam posisi pengelasan adalah sebagai berikut :

- Posisi datar (F)
- Posisi vertikal (V)
- Posisi over head (OH)
- Posisi horisontal (H)



Gambar. 2. 1.

Alat-alat Penyeting

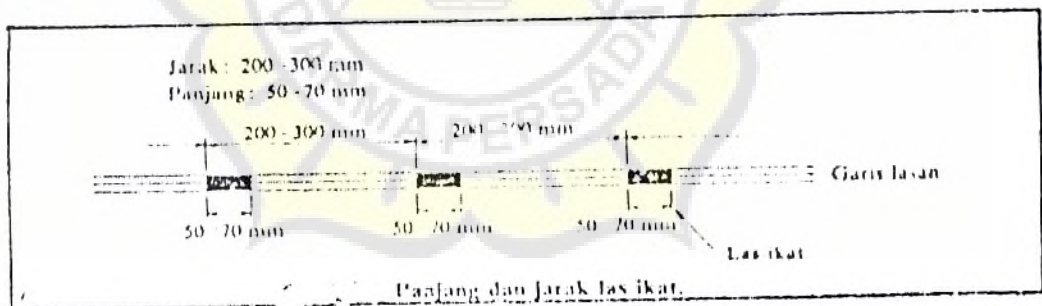


Gambar 2. 2.

Contoh alat perakit atau alat bantu.

- Las ikat dan perakitan

Untuk menyambung bagian dari suatu konstruksi, sebelum diadakan pengelasan terlebih dahulu dilas pendek pada tempat-tempat tertentu. Las yang demikian disebut las ikat. Letak dari las ikat tidak boleh pada sembarang tempat meskipun sifat las ikat adalah sementara. Peletakan las ikat pada sembarang tempat bisa menyebabkan retak-retak dan rongga halus sehingga akan menurunkan mutu dari sambungan tersebut. Pelaksanaan las ikat harus diusahakan gap atau celah akar tidak berubah. Las ikat sebaiknya dilakukan oleh juru las yang akan melakukan pengelasan dengan menggunakan elektrode yang diameter elektrode lebih kecil daripada diameter yang dipakai untuk mengelas seluruh bagian. Jarak dan panjang las ikat dapat dilihat pada gambar : 2.3.



Dalam perakitan urutan pengelasan merupakan hal yang penting, karena itu urutan dalam perakitan dimaksudkan untuk menghindari deformasi dan residual stress sekecil mungkin. Pada konstruksi yang besar, pengelasan biasanya dimulai dari bagian tengah menuju kesisi las secara simetris.

- Pemeriksaan dan perbaikan alur

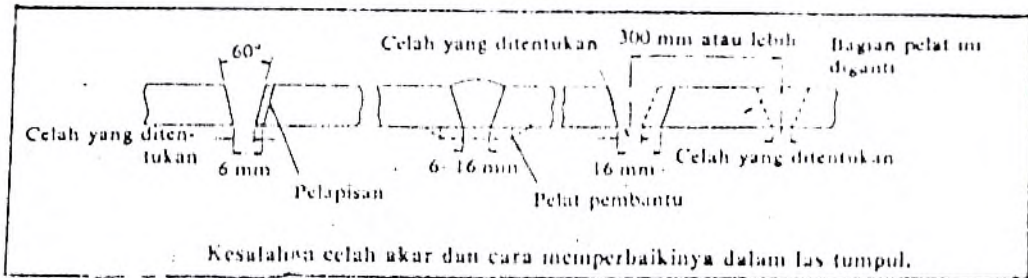
Karena ketelitian bentuk dan ukuran sangat menentukan mutu hasil pengelasan, maka pemeriksaan alur dan celah akar harus sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Jika terjadi penyimpangan perlu diadakan perbaikan. Perbaikan celah akar tergantung dari besar celah dan jenis sambungan.

Cara perbaikan celah akar untuk las tumpul :

- Bila celah kurang dari 6 mm perbaikannya dengan penyempitan alur dengan isi pada sebelah atau kedua belah alur, kemudian digerinda sesuai dengan ukuran yang ditentukan.
- Bila celah akar 6 – 16 mm, pengelasan harus dilakukan dengan alat pembantu.
- Bila kesalahan celah akar lebih dari 16 mm, seluruh bagian atau sebagian harus diganti. Untuk jelasnya lihat gambar : 2.4 & 2.5.

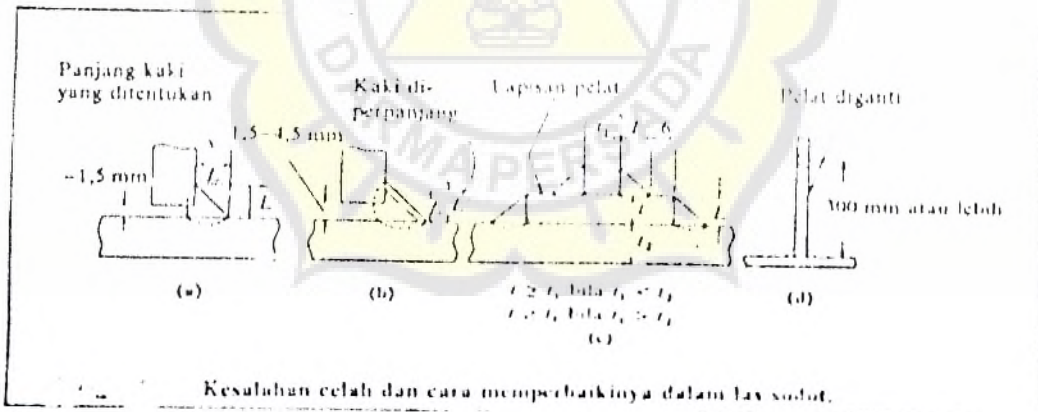
Cara perbaikan kesalahan celah akar untuk las sudut :

- Bila kesalahan celah selebar kurang 1,5 mm pengelasan bisa dilanjutkan.
- Bila celah 1,5 – 4,5 mm pengelasan bisa dilanjutkan, tapi panjang kaki harus lebih daripada spesifikasi yang ditentukan.
- Bila celah lebih besar dari 4,5 mm, perlu ditambah suatu lapisan plat atau bagian tersebut dipotong sepanjang 30 mm atau lebih dan diganti dengan pelat atau bagian baru. Untuk lebih jelasnya lihat gambar :



Gambar. 2. 4.

Kesalahan celah akar dan cara memperbaikinya dalam las tumpul.



Gambar. 2. 5.

Kesalahan celah dan cara memperbaikinya dalam las sudut.

- Pembersihan alur

Seperti kita ketahui kotoran-kotoran seperti karat, kerak, minyak, gemuk, debu, air, dan lain-lain, bila bercampur dengan logam las dapat menimbulkan cacat sehingga membahayakan konstruksi. Karena itu kotoran-kotoran tersebut perlu dibersihkan sebelum pelaksanaan pengelasan. Pada pengelasan lapis banyak kerak yang timbul pada pengelasan sebelumnya juga harus dibersihkan. Untuk membersihkan kotoran tersebut kita mengenal tiga cara.

1. Cara mekanik

Pembersihan dengan cara ini alat-alat yang digunakan :

- Hammer.
- Sikat kawat baja.
- Penyemprotan.
- Dan lain-lain.

2. Cara kimia

Sesuai dengan namanya, maka pembersihannya digunakan bahan kimia seperti :

- Aceton.
- Soda api.
- Dan lain-lain.

3. Cara pembakaran

Pada cara ini digunakan api yang disemprotkan pada daerah yang akan dilas dan sekitarnya dengan maksud :

- Menguapkan.

- Membakar minyak dan gemuk.
- Menghembuskan karat dan kerak.
- Sebagai pemanasan awal.

Diantara ketiga cara diatas yang sering digunakan di lapangan adalah dengan cara mekanik.

2. 4.5. Urutan deposit dan urutan pengelasan.

Urutan dalam pengelasan merupakan suatu hal yang harus kita perhatikan.

Urutan yang baik dapat mengurangi terjadinya deformasi dan residual stress serta retak-retak las. Didalam pengelasan kita mengenal dua macam urutan :

- a. Urutan deposit.
- b. Urutan pengelasan

a. Urutan deposit

Yaitu urutan menempatkan logam las cair pada alur las. Pada pengelasan lapis tunggal urutan yang utama adalah urutan deposit dengan cara urutan lurus, urutan balik, urutan simetri dan urutan loncat. Urutan-urutan tersebut didasarkan pada gerakan maju dari pengelasan. Pada pengelasan lapis banyak urutan yang penting adalah urutan pengisian, urutan bertingkat, urutan petak dan lain-lain. Jadi di dalam urutan deposit kita mengenal beberapa macam urutan.

Macam-macam urutan antara lain :

1. Urutan lurus.

Dalam urutan ini pengelasan dimulai dari ujung hingga ke ujung dari sambungan las. Urutan ini biasanya dilaksanakan pada las lapis tunggal, sambungan pendek, las otomatis. Kejelekan dari urutan ini adalah menimbulkan residual stress yang tidak simetri dan bila las ikatnya kurang kuat dapat terjadi deformasi yang besar.

2. Urutan balik.

Pada urutan ini pengelasan dimulai dari beberapa titik dan bergerak ke arah yang berlawanan dengan maju pengelasan. Urutan ini akan memberikan residual stress yang merata dan regangan yang kecil tetapi efisiensi rendah.

3. Urutan simetri.

Urutan deposit dapat dilaksanakan dengan membagi panjang sambungan ke dalam beberapa bagian yang sama dan pengelasannya dilaksanakan pada bagian –bagian tersebut dengan urutan simetris terhadap pusat sambungan. Urutan ini akan memberikan deformasi dan residual stress yang simetris.

4. Urutan loncat.

Pada urutan ini pengelasan dilaksanakan secara berselang pada seluruh sambungan. Urutan ini akan memberikan deformasi dan residual stress yang kecil dan merata, efisiensi kerja rendah dan kemungkinan terjadi cacat las banyak pada tiap permulaan dan akhir las.

5. Urutan pengisian

Urutan ini sebenarnya adalah urutan lurus yang dilaksanakan pada pengelasan lapis banyak. Dalam urutan ini akan dicapai efisiensi tinggi, tetapi akan terjadi penahanan yang besar atau pengelasan pelat tebal.

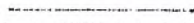
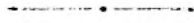

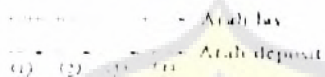
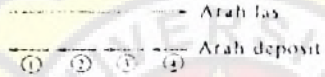

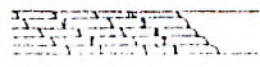
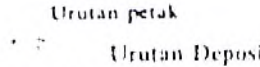
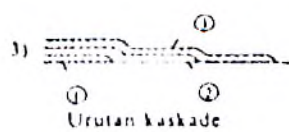
6. Urutan kaskado

Adalah urutan balik yang dilaksanakan pada pengelasan lapis banyak. Efisiensinya rendah dan cacat yang terjadi sedikit.

7. Urutan petak

Urutan ini dilaksanakan dengan mengelas suatu satuan panjang sambungan tertentu sampai lapisan las tertentu. Pelaksanaan urutan ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya retak pada lapisan las akar.

Untuk jelasnya dari macam-macam urutan diatas bisa dilihat pada gambar 2.6 (pada halaman berikut).

Klasifikasi	Pengelasan	Nama urutan
(a) Klasifikasi berdasarkan arah lasan	(1) Dari satu ujung ke ujung yang lain 	lurus
	(2) Dari tengah ke kedua ujung 	simetri
	(3) Meloncut 	Loncat
(b) Klasifikasi berdasarkan arah las dan arah deposit	Arah las sama dengan arah deposit (1) 	Maju
	Arah las berlawanan dengan arah deposit (2) 	Balik
(c) Klasifikasi berdasarkan cara pengisian.	(1) Urutan pengisian pada penampang tegak lurus garis las. 	Urutan pengisian ¹⁾ Mantik tah Mantik anyam
	(2) Urutan pengisian pada penampang sejajar garis las. (1) Tiap lapisan menutup seluruh panjang. 	Pelapisan ²⁾ seluruh panjang
	(2) Urutan pengisian pada penampang sejajar garis las. (2) Pengisian hanya pada tiap-tiap petak  (3) Pengisian mulai dari tengah menuju ke kedua sisi 	Petak ³⁾ Kaskade ⁴⁾

Gambar 2.6

Urutan Deposit

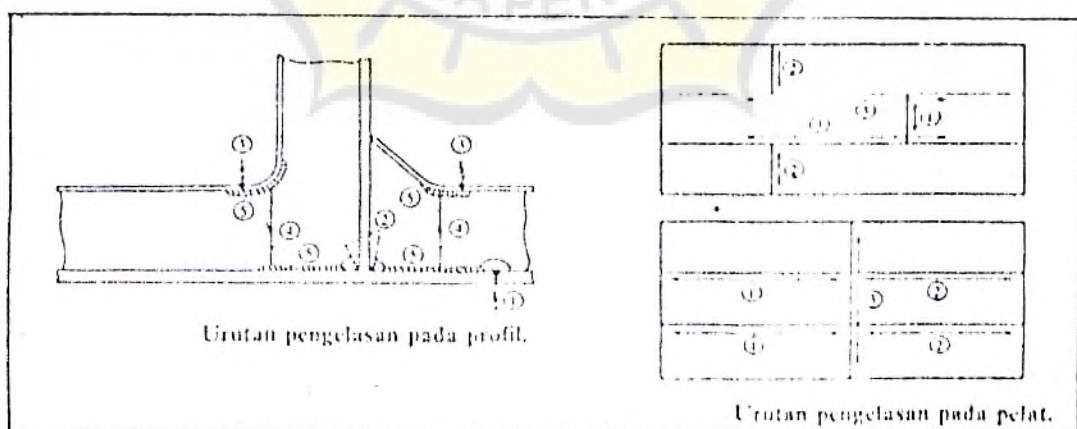
b. Urutan pengelasan

Urutan pengelasan merupakan hal yang penting dalam mengurangi atau menekan terjadinya deformasi dan residual stress. Dasar-dasar pelaksanaan urutan pengelasan adalah sebagai berikut :

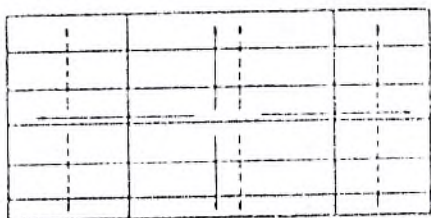
- a. Bila dalam suatu bidang terdapat banyak sambungan, hendaknya diusahakan penyusutan dalam bidang tersebut tidak terhalang.
- b. Sambungan dengan penyusutan terbesar sebaiknya dilas dahulu, kemudian dilanjutkan pada sambungan dengan penyusutan lebih kecil.
- c. Pengelasan hendaknya dilaksanakan sedemikian rupa sehingga mempunyai urutan yang simetris terhadap sumbu netral dari konstruksi agar gaya-gaya konstruksi dalam keadaan berimbang.

Dalam pelaksanaannya kadang-kadang ketiga pokok dasar urutan diatas sukar diikuti karena tertumbuk pada usaha pelaksanaan pengelasan yang mudah.

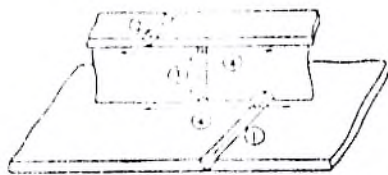
Beberapa contoh urutan pengelasan dapat dilihat pada gambar 2.7.



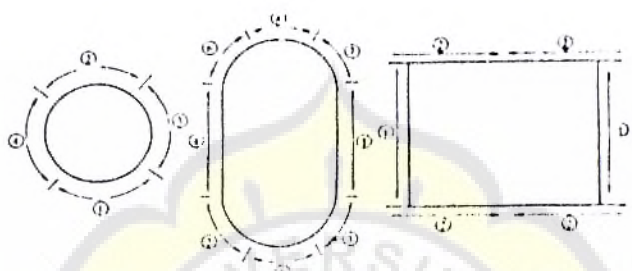
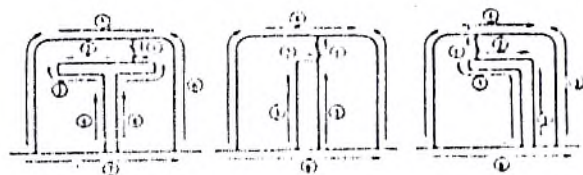
Gambar. 2. 7.



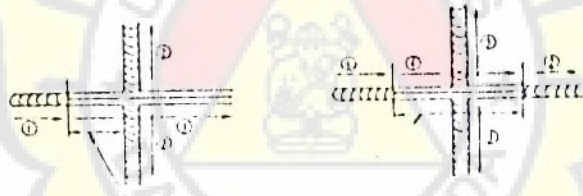
Urutan pengelasan pelat pada rangka.



Urutan pengelasan sudut.



Urutan pengelasan pada lus Isl.



Diselesaikan terakhir

(a) Sambungan tumpul

Pengelasan sudut pada pelat L



Diselesaikan terakhir

(b) Sambungan campuran antara las tumpul dan las sudut.

Urutan sambungan dengan penyusutan besar dan penyusutan kecil.

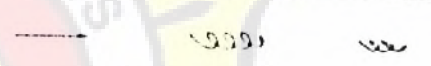







Gambar. 2. 8.

Urutan pengelasan dengan penyusutan besar dan penyusutan kecil

2.4.6. Pergerakan elektrode

Untuk mendapatkan deposit logam las dengan permukaan rata dan halus serta untuk menghindari terjadinya tarikan dan percampuran kerak, sangat diperlukan pergerakan elektrode. Pergerakan elektrode yang baik akan didapatkan permukaan las yang baik. Untuk itu dalam menggerakkan elektrode, agar dijaga sudut elektrode dan kecepatan gerakan elektrode konstan. (Ref : 7, 1987, Hal : 93)

Beberapa dasar gerakan elektrode dapat dilihat pada gambar 2. 9.

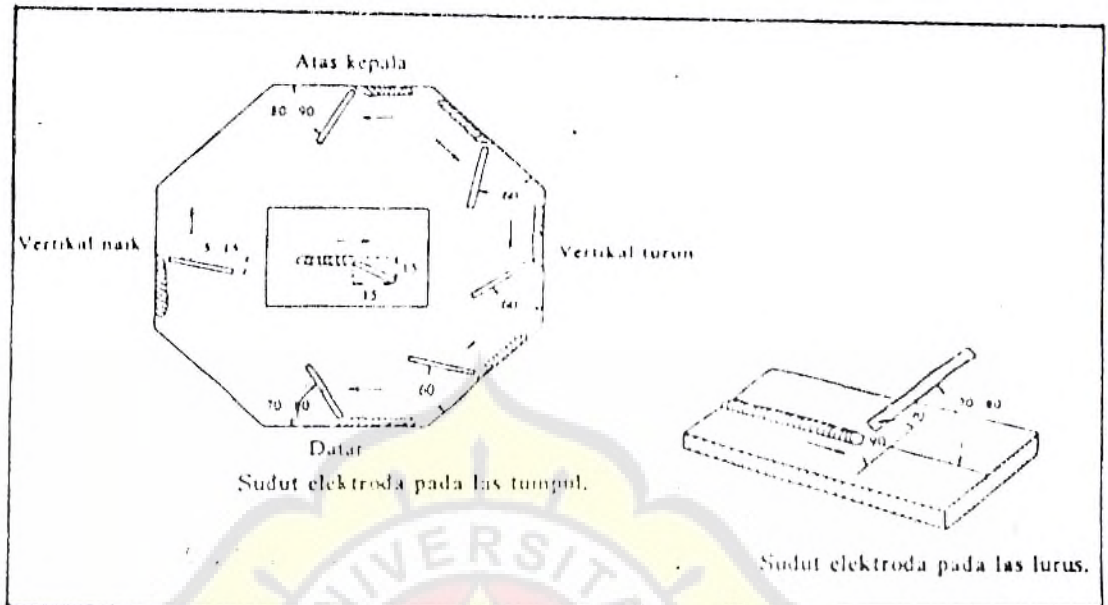
Posisi	Jenis lasan	Gerakan elektrode
Datar	Las sudut horizontal	
	Las tumpul, lapisan per-tama	Dengan kaki akar  Tanpa kaki akar 
	Las tumpul, lapisan akhir	Lapisan akhir yang umum  Dengan gerakan balik 
Vertikal	Las sudut dan las tumpul	
Atas kepala	Las sudut	
	Las tumpul	

Gambar. 2. 9.

Dasar-dasar Gerakan Elektrode.

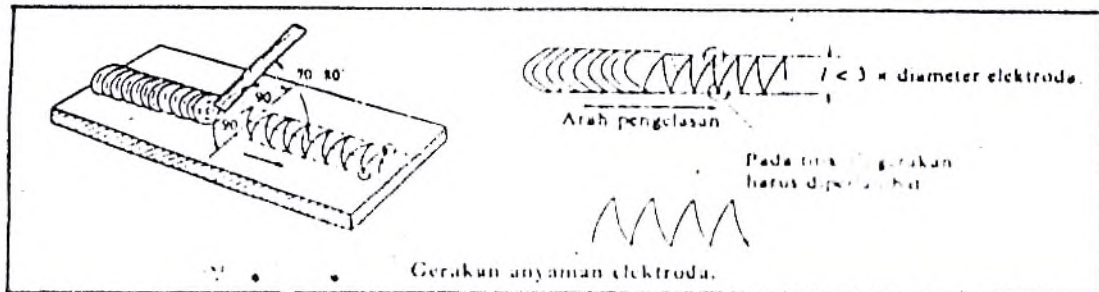
Besar sudut antara elektrode dan posisi pengelasan,

- Untuk las tumpul (lihat gambar 2.10)



Gambar. 2. 10.

- Sudut antara elektrode dengan pelat induk pada arah melintang terhadap garis lurus harus 90° . (lihat gambar 2. 10).
- Untuk las sudut
Sudut kearah garis las sama dengan las tumpul, tetapi sudut terhadap pelat induk pada arah melintang garis las berbeda. Untuk posisi pengelasan datar dan tegak besar sudut 45° . Untuk posisi over head besar sudut 30° . Ujung elektrode harus digerakkan semacam menganyam atau lipatan manik las. Dalam hal ini lebar gerakan sebaiknya tidak melebihi tiga kali diameter elektrode. Jarak lipatan anyaman diusahakan konstan. (lihat gambar 2. 11).



Gambar. 2. 11.

2. 4.7. Pemilihan Parameter Las

Parameter las merupakan hal yang sangat penting dalam pengelasan sehingga pemilihan parameter akan menentukan kualitas sambungan konstruksi las.

Adapun parameter-parameter tersebut adalah :

1. Tegangan busur las.
2. Diameter elektrode.
3. Besar arus las.
4. Kecepatan pengelasan.
5. Polaritas listrik.
6. Besarnya penetrasi.
7. Bentuk kampuh.

1. Tegangan busur las.

Tingginya tegangan busur tergantung pada panjang busur yang dikehendaki dan jenis elektrode yang digunakan. Pada elektrode yang sejenis tingginya tegangan busur yang diperlukan berbanding lurus dengan panjang busur. Pada dasarnya busur listrik yang terlalu panjang tidak dikehendaki karena stabilitasnya mudah terganggu sehingga hasil pengelasan tidak rata. Disamping itu tingginya tegangan tidak banyak mempengaruhi kecepatan pencairan, sehingga tegangan yang terlalu tinggi hanya akan membuang energi saja. Panjang bus yang dianggap baik kurang lebih sama dengan diameter elektrode. Tegangan yang diperlukan untuk mengelas dengan diameter elektrode 3-6 mm \pm 20 sampai 30 volt untuk posisi datar. Sedang untuk posisi tegak atau atas kepala dikurangi 2 sampai 5 volt. Kestabilan busur dapat juga didengar dari kestabilan suaranya selama pengelasan. Beberapa standar volt dalam pengelasan lihat tabel (2. 5).

2. Diameter elektrode

Diameter elektrode tergantung dari tabel logam yang dilas. Sebagai contoh dapat dilihat pada tabel (2. 2).

Tabel	0,5 - 1,5	1,5 - 3	3 - 5	6 - 8	9 - 12	13 - 20
\varnothing elektrode	1,5 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	4 - 6	5 - 6

Tiap-tiap elektrode mempunyai kekuatan arus dengan maksimum, hingga kalau logam yang dilas terlalu tipis sedang \varnothing elektrode besar, maka akan terjadi lubang pada logam yang dilas.

3. Besar arus listrik.

Arus listrik yang dibutuhkan dalam pengelasan sangat bergantung pada diameter elektrode, tetapi biasanya tiap merk elektrode sudah dicantumkan beberapa besar arus yang diperlukan untuk diameter elektrode tersebut. Jika tidak ada dipakai rumus pendekatan sebagai berikut :

- Untuk posisi Horizontal

$$I = (20 + 6d) d \quad d = \text{Ø elektrode mm.}$$

- Untuk posisi Vertikal dan Overhead

$$I = I - (10 - 20) \% I \quad d \text{ elektrode} \leq 5 \text{ mm.}$$

Dalam hal daerah las mempunyai kapasitas panas yang tinggi maka dengan sendirinya diperlukan arus las yang besar dan mungkin juga diperlukan pemanasan tambahan. Dalam pengelasan logam paduan, untuk menghindari terbakarnya unsur paduan sebaiknya digunakan arus pengelasan kecil. Bila ada kemungkinan terjadinya retak panas seperti pengelasan baja tahan karat austenit maka dengan sendirinya harus diusahakan menggunakan arus yang kecil saja. Dalam hal mengelas baja paduan dimana daerah Haz dapat mengeras dengan mudah, maka harus diusahakan pendinginan yang pelan dan untuk ini diperlukan arus yang besar dan mungkin masih memerlukan pemanasan kemudian.

4. Kecepatan pengelasan.

Kecepatan pengelasan tergantung pada :

- Jenis elektrode.
- Diameter inti elektrode.

- Bahan yang dilas.
- Geometri sambungan dan lain-lain.

Selain hal di atas kecepatan pengelasan tidak tergantung pada tegangan las, melainkan tergantung pada arus las. Semakin cepat kecepatan pengelasan diperlukan arus las yang semakin besar. Bila tegangan arus las dibuat konstan sedang kecepatan pengelasan dinaikan maka jumlah deposit persatuan panjang las jadi turun. Tetapi disamping itu sampai pada suatu kecepatan tertentu, kenaikan kecepatan pengelasan akan memperbesar penembusan. Bila kecepatan pengelasan dinaikan terus-menerus maka masukan panas persatuan panjang juga menjadi kecil, sehingga pendinginan akan berjalan cepat yang memungkinkan dapat memperkeras daerah HAZ. Menurut pengalaman makin tinggi kecepatan makin kecil deformasi yang terjadi.

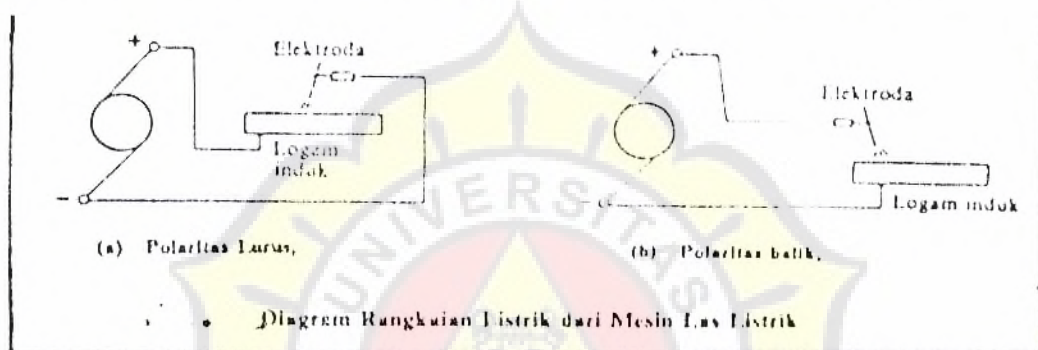
5. Polaritas listrik

Pada pengelasan dengan busur listrik dengan elektrode terbungkus kita dapat menggunakan polaritas lurus dan polaritas balik. Pemilihan polaritas ini tergantung pada :

- Bahan pembungkus elektrode.
- Kondisi termal dari bahan induk.
- Kapasitas panas dari sambungan.

Bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas panasnya besar sebaiknya digunakan polaritas lurus dimana elektrode dihubungkan dengan kutub negatif sebaliknya bila kapasitas panasnya kecil seperti pada pelat tipis maka dianjurkan

untuk menggunakan polaritas balik, dimana elektrode dihubungkan dengan kutup positif. Untuk menurunkan penetrasi, misal dalam pengelasan baja tahan karat austenit atau pada pengelasan pelapisan keras, sebaiknya menggunakan polaritas balik. Sifat busur pada umumnya lebih stabil pada arus searah daripada arus bolak-balik, terutama pada pengelasan dengan arus yang rendah. Tetapi untuk pengelasan sambungan pendek lebih baik menggunakan arus bolak balik (AC) karena pada arus searah (DC) sering terjadi ledakan pada akhir pengelasan.



Gambar. 2. 12.

Spesifikasi Elektrode Terbungkus dari Baja Lunak. (AWS A5.1 - 64T)

Klasifikasi AWS - ASTM	Jenis Elektrode	Positif ¹⁾ jeniselasan	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilakukan adalah 60 000 psi atau 42,2 kg/mm ²						
E 6010	Natrium selulosa tinggi	E, V, OH, H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E 6011	Kalium selulosa tinggi	E, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E 6012	Natrium titania tinggi	E, V, OH, H	AC atau DC polaritas lurus	47,1	38,7	17
E 6013	Kalium titania tinggi	E, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda	47,1	38,7	17
E 6020	Oksida besi tinggi	H-S F	AC atau DC polaritas lurus AC atau DC polaritas ganda	43,5	35,2	25
E 6027	Serbuk besi, oksida besi	H-S F	AC atau DC polaritas lurus AC atau DC polaritas ganda	43,5	35,2	25
Kekuatan tarik terendah kelompok E 70 setelah dilakukan adalah 70 000 psi atau 49,2 kg/mm ²						
E 7014	Serbuk besi, titania	E, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda			17
E 7015	Natrium hidrogen rendah	E, V, OH, H	DC polaritas balik			22
E 7016	Kalium hidrogen rendah	E, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik			22
E 7018	Serbuk besi, hidrogen rendah	E, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	50,8	42,2	22
E 7024	Serbuk besi, titania	H-S, F	AC atau DC polaritas ganda			17
E 7025	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC atau DC polaritas balik			22

Tabel. 2. 3.

Spesifikasi Elektrode terbungkus dari baja Lunak. (AWS A5.1 - 64T)

6. Besarnya penetrasi

Untuk memperoleh sambungan yang tinggi diperlukan penetrasi yang cukup. Besarnya penetrasi tergantung pada :

- Sifat fluks.
- Polaritas.
- Besarnya arus.
- Kecepatan las.
- Tegangan las.

Pada dasarnya makin besar arus, penetrasi semakin besar. Sedangkan tegangan memberikan pengaruh yang sebaliknya, makin besar tegangan makin panjang busur las dan panas makin tidak terpusat, sehingga panasnya melebar dan menghasilkan penetrasi yang lebar dan dangkal.

7. Bentuk kampuh

Telah dijelaskan pada persiapan sisi las. Beberapa kondisi standart dalam pengelasan dengan syarat-syarat tertentu seperti tebal pelat, jenis elektrode, diameter inti elektrode dan lain-lain dapat dilihat pada tabel berikut .

Contoh diameter elektroda.

Posisi \ Diameter	4mm	5(5,5)mm	6mm	7mm
Datar Atas kepala	130A-180A 110A-170A	180A-240A 150A-200A	250A-310A	300A-380A

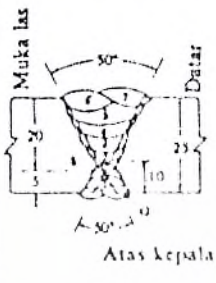

Tabel. 2. 4.

Contoh Diameter Elektrode

Tabel. 2. 5. Parameter Pengelasan pada Sambungan Tumpul.

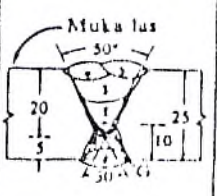
Parameter pengelasan pada sambungan tumpul.

(a) Posisi: Datar dan atas kepala
Elektroda: Jenis inert

Tebal pelat (mm)	Urutan	Diameter kawat (mm)	Lapisan	Parameter pengelasan			
				Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecepatan (cm/men)	
25		5	1	190-250	26-28	220-240	
		6	2	250-370	26-30	250-280	
		•	3				
		•	4				
		•	5				
		•	6				
		•	7	120-150	22-24	190-260	
	4	8					
	•	9					
	•	10					
	•	11		4	1	160-180	24-26
•	2	170-230		25-29	220-350		
5	3						
•	4						
•	5						
•	6						
•	7	160-180		24-26	270-370		
4	8						
•	9						
•	10						
•	11						
•	12	160-180		24-26	250-300		
•	13						
•	14						
•	15						
•	16						
•	17						
•	18						

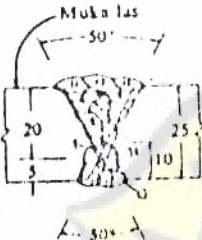
(b) Posisi: Vertikal (naik)

Elektroda: Jenis hidrogen rendah

Tebal pelat (mm)	Urutan	Diameter kawat (mm)	Lapisan No.	Parameter pengelasan		
				Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecepatan (cm/men)
25		4	1	120-160	22-24	110-120
		5	2	150-190	24-26	55-75
		•	3	120-160	22-24	95-110
		4	4			
		•	5	130-160	22-24	90-95
		•	6			
		•	7			
		•	8			

(c) Posisi: Vertikal

Elektroda: Jenis hidrogen rendah

Tabel pelat (mm)	Urutan	Diameter kawat (mm)	Lapisan No.	Parameter pengelasan		
				Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecepatan (cm/men)
25	 <p>Muka las 50° 20 25 10 5 30°</p>	4	1	180-200	24-27	220-280
		5,5	2	280-330	24-29	300-400
		.	3			
		.	4			
		.	5			
		.	6			
		.	7			
		.	8			
		.	9			
		.	10			
		.	11			
		.	12	250-330	24-29	400-600
		.	13			
		.	14			
		.	15			
		.	16			
		.	17			
		.	18			

Tabel. 2. 6.

Parameter Pengelasan pada sambungan sudut.





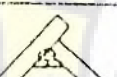
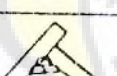
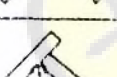
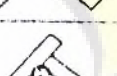
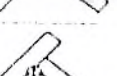
Parameter pengelasan pada sambungan sudut.

(a) Posisi : Vertikal

Elektroda : Jenis hidrogen rendah.

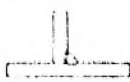
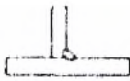

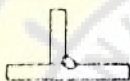
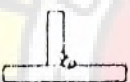
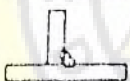
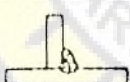


Panjang kaki (mm)	Geometri dan urutan	dia- meter kawat (mm)	Lapis- an	Parameter pengelasan		
				Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecepatan (cm/men)
5		5,5	1	280-330	24-29	340-380
6		5,5	1	280-330	24-29	340-380
7		5,5	1 2	280-330	24-29	400-500
8		5,5	1 2	280-330	24-29	300-400
9		5,5	1 2 3	280-330	24-29	400-450
10		5,5	1 2 3 4	280-330	24-29	350-500
11		5,5	1 2 3 4	280-330	24-29	350-500
12		5,5	1 2 3 4	280-330	24-29	300-450
13		5,5	1 2 3 4 5 6	280-330	24-29	300-600

(b) Posisi : Vertikal (nalk)
Elektroda : Jenis Hument





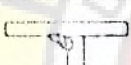
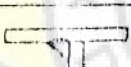

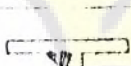

Panjang kaki (mm)	Geometri dan urutan	Diameter kawat (mm)	Lapisan	Parameter pengelasan		
				Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecepatan (cm/men)
5		4	1	130-150	23-25	140-145
6		4	1	130-150	23-25	90-100
7		4	1	130-150	23-25	90-95
8		4	1 2	130-150	23-25	120-140 80-100
9		4	1 2	130-150	23-25	180-185 80-85
10		4	1 2	130-150	23-25	185-190 70-75
11		4	1 2	130-150	23-25	120-125 70-75
12		4	1 2	130-150	23-25	75-80
13		5	1 2	150-180	24-26	60-80

(c) Posisi : Datar

Elektroda : Jenis inert dan serbuk besi-besi oksida

Panjang kaki (mm)	Geometri dan simbol	Diameter kawat (mm)	Lebar an	Parameter pengelasan		
				Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecepatan (cm/men)
5		4	1	140-180	24-26	215-220
6		5,5	1	230-270	27-29	315-320
7		6	1	250-300	28-32	320-325
8		6	1	250-300	28-32	215-220
9		6 4	1 2	250-300 140-180	20-32 24-26	225-230 295-300
10		7 5	1 2	310-340 190-240	28-32 27-29	260-265 335-340
11		7 5 4	1 2 3	310-340 190-240 140-180	28-32 27-29 24-26	355-360 325-330 300-305
12		7 5,5 4	1 2 3	300-340 230-270 150-155	28-32 27-29 24-28	210-215 315-320 350-355
13		7 6 4	1 2 3	310-340 250-300 140-180	28-32 28-30 24-26	220-240 315-320 295-300

(d) Posisi : Atas kepala
Elektroda : Jenis lurus

Panjang kaki (mm)	Geometri dan urutan	Diameter kawat (mm)	Lapisan	Parameter pengelasan		
				Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecelakaan (cm/menit)
5		4	1	130-170	22-24	130-140
6		4	1	130-160	22-24	100-105
7		4	1 2	130-160	22-24	120-130
8		4	1 2	130-160	22-24	130-135
9		4	1 2	130-160	22-24	120-125
10		4	1 2 3	130-160	22-24	120-140
11		4	1 2 3	130-160	22-24	115-135
12		4	1 2 3 4	130-160	22-24	80-90 130-175
13		5	1 2 3 4	150-190	24-28	130-195

2. 4.8. Perubahan bentuk.

Seperti kita ketahui dalam proses pengelasan akan adanya proses pencairan, pembekuan, pengembangan termal, pendekatan dan penyusutan. Adanya hal-hal tersebut pada penyambungan konstruksi las akan terjadi perubahan bentuk dan residual stress. Residual stress akan terjadi terutama pada pengelasan yang menggunakan penahan-penahan yang sangat kuat. Faktor-faktor yang mempengaruhi terbentuknya deformasi las dapat dibagi dalam 2 kelompok yaitu :

1. Yang erat hubungannya dengan masukan panas pengelasan, misalnya, tegangan listrik, arus listrik, kecepatan pengelasan, suhu pemanasan mula tebal pelat, geometri sambungan dan jumlah lapisan dari las-an, Ukuran dan jenis elektrode dan cara pengelasan.
2. Yang erat dengan bentuk dan ukuran serta susunan dari batang-batang penahan dan urutan pengelasan.

Macam-macam perubahan bentuk :

1. Penyusutan melintang.
2. Penyusutan memanjang.
3. Perubahan bentuk puntir.
4. Angular distorsion.
5. Deformasi memanjang.
6. Deformasi berombak.

Macam-macam perubahan bentuk di atas dapat dilihat pada gambar .

Macam-macam Perubahan Bentuk

Gambar. 2. 13.

