

BAB II TINJAUAN UMUM

2.1. Umum

Dalam industri perkapalan las memegang peranan yang amat penting karena hampir sebagian besar kapal disambung dengan proses pengelasan. Pengertian tentang las (*welding*) adalah suatu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui proses pemanasan (*Ref : 3, 1996, Hal : 1*).

Untuk berhasilnya penyambungan diperlukan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu :

- Benda padat tersebut dapat cair atau lebur oleh panas.
- Antara benda-benda padat yang disambung tersebut terdapat kesesuaian sifat lasnya sehingga tidak melemahkan atau menggagalkan sambungan tersebut.
- Cara-cara penyambungan sesuai dengan sifat benda padat dan tujuan penyambungannya.

2.2. Tahap-tahap Pengelasan

Pada tahap ini dikerjakan pekerjaan-pekerjaan sebelum dilaksanakan pengelasan, antara lain : (*Ref : 3, 1996, Hal : 23*)

- Persiapan bahan-bahan yang akan dilas.
- Persiapan peralatan las dengan alat bantu.
- Pembersihan alur.
- Menyiapkan gambar dan prosedur pengelasan yang akan dipakai.
- Persiapan bentuk kampuh.

2.3. Perencanaan Konstruksi Dengan Sambungan Las

Pada konstruksi sambungan las, dapat penulis katakan bahwa kekuatan konstruksi terletak pada sambungan lasnya. Sambungan las yang baik dengan sendirinya kualitas konstruksi menjadi baik, maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut : (*Ref : 1, 1981, Hal : 202*)

1. Pemilihan bahan
2. Biaya
3. Prosedur dan urutan pengelasan

2.3.1. Pemilihan Bahan

a. Bahan Induk

Bahan induk harus mempunyai sifat mampu las yang tinggi dan perlu merencanakan dan memperhatikan 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.

2.3.2. Biaya

Merencanakan suatu konstruksi selain memperhatikan kekuatan dan kualitas, harus memikirkan juga dari segi ekonomis konstruksi tersebut. Pada kenyataannya sulit difaksanakan karena keduanya saling bertentangan.

Bagaimana pun perlu diusahakan dalam penurunan biaya dari segi :

- a. Konstruksinya harus mudah dirakit.
- b. Menyederhanakan konstruksi.
- c. Menggunakan cara pengelasan dengan bahan las sedikit mungkin.
- d. Pengelasannya diusahakan menggunakan las datar.
- e. Pemakaian bahan yang standar perlu diusahakan.

2.4. Prosedur dan Teknik Pengelasan

2.4.1. Pengertian Prosedur Pengelasan

Adapun pengertian dari prosedur pengelasan menurut AWS :
Prosedur pengelasan adalah detail metode dan praktek yang meliputi seluruh prosedur penyambungan las dalam proses penyatuan.

Pada umumnya prosedur pengelasan (*Ref : 8, 1984, Form A*) terdiri atas :

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

2.4.2. Tujuan Prosedur Pengelasan

Tujuan yang dicapai didalam prosedur pengelasan untuk menghasilkan :

- Pengelasan yang baik
- Menghindari perubahan bentuk dan ukuran
- Menjaga langkah-langkah proses pengelasan yang lebih konsisten.

2.4.3. Persiapan Pengelasan

Persiapan pengelasan juga menentukan kualitas dari pengelasan selain dari cara pengerjaan lasnya. Adapun persiapan bagian yang akan dilas meliputi antara lain :

a. Persiapan Sisi Las

Geometri sambungan atau bentuk kampuh harus ditentukan dengan memperhatikan masalah kemampuan pengerjaan dan penghematan biaya, yaitu :

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

Kampuh	Tebal Pelat	Sudut Kampuh
I	5	-
V	5 – 12	$50^0 - 60^0$
X	12	$50^0 - 60^0$
U	25	60^0

b. Posisi Pengelasan dan Alat Bantunya.

Kualitas sambungan dan efisiensinya sangat bergantung dari posisi pengelasannya oleh sebab itu pengelasan diusahakan dalam posisi datar atau horizontal.

Macam-macam posisi pengelasan yaitu :

- Posisi datar (F)
- Posisi *vertical* (V)
- Posisi *over head* (OH)
- Posisi *horizontal* (H)

Penggunaan alat bantu atau alat perakit (alat pemutar, penyetel, penjepit dan lain-lain) bertujuan untuk :

- Memungkinkan tidak digunakan las ikat pada bagian yang akan dilas.
- Memperoleh atau diusahakan posisi pengelasan datar.
- Memudahkan pelaksanaan pengelasan sehingga efisiensi pengelasan tercapai.

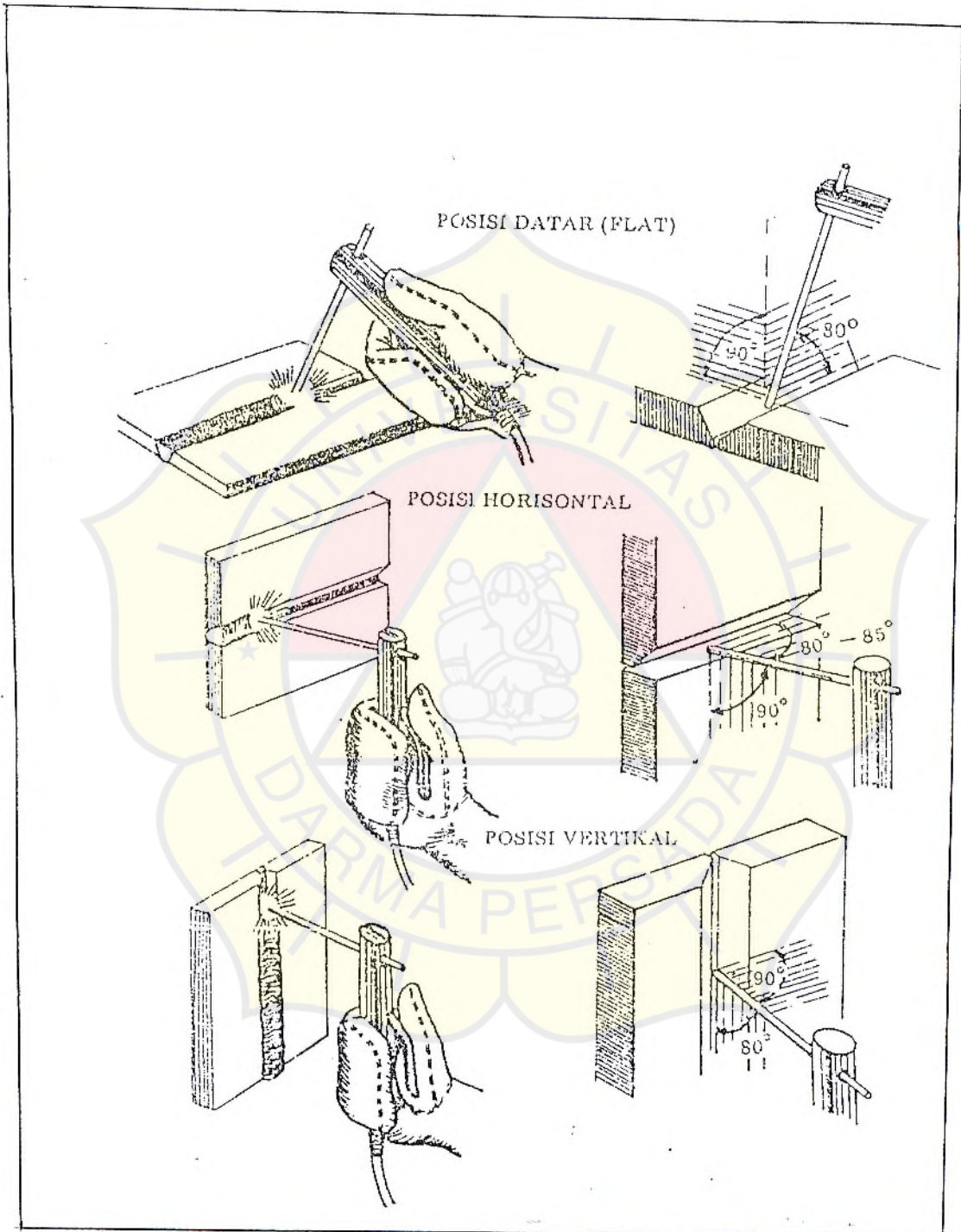
c. Pembersihan Alur

Kotoran-kotoran seperti karat, kerak, minyak, gemuk, debu, air dan lain-lain bila bercampur dengan logam lasan dapat menimbulkan cacat sehingga membahayakan konstruksi lasan. Karena itu kotoran-kotoran tersebut perlu dibersihkan sebelum pelaksanaan pengelasan.

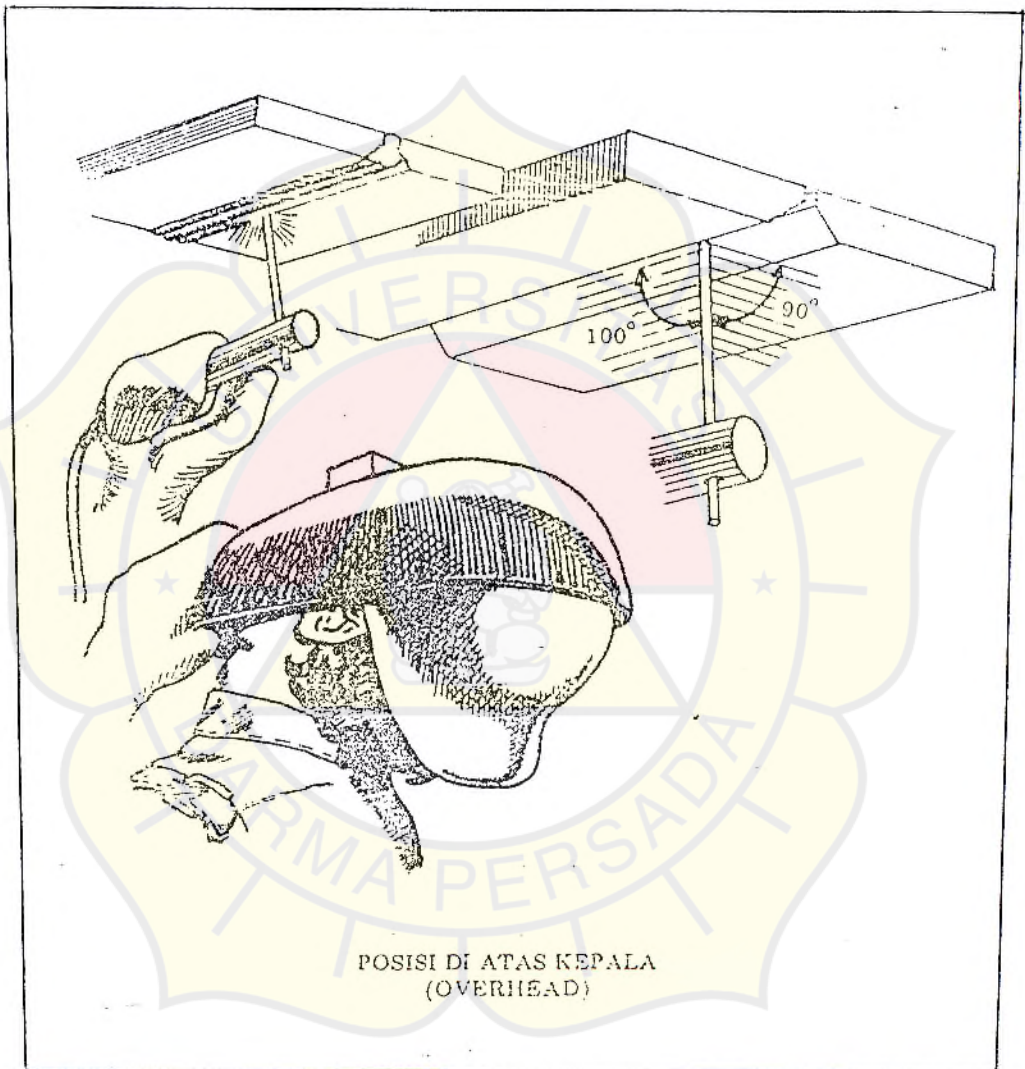
Untuk membersihkan kotoran tersebut kita mengenal tiga cara yaitu :

1. Cara Kimia.

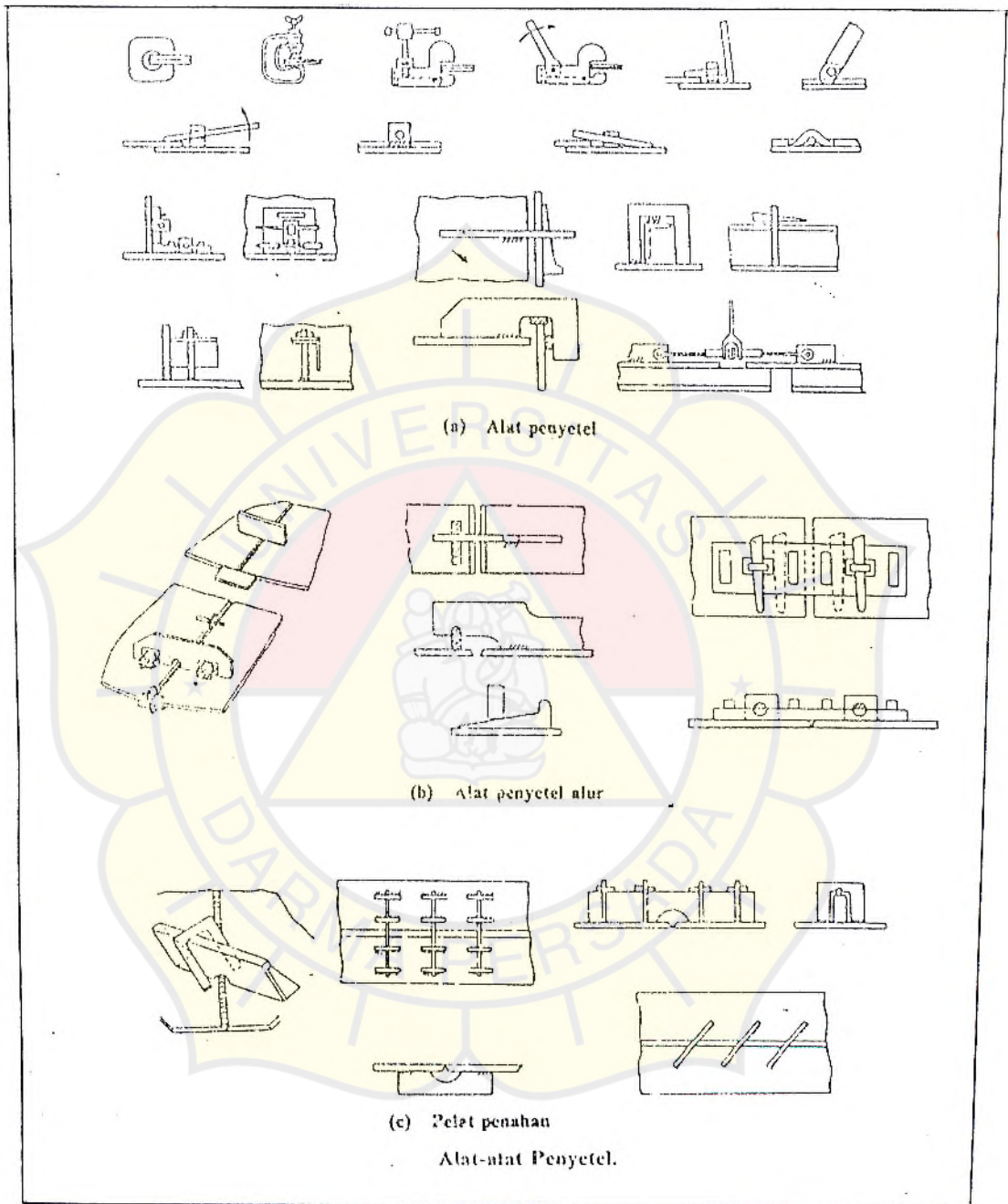
Pembersihannya menggunakan bahan kimia sesuai dengan namanya. Bahan kimia yang tersedia pada galangan kapal seperti :



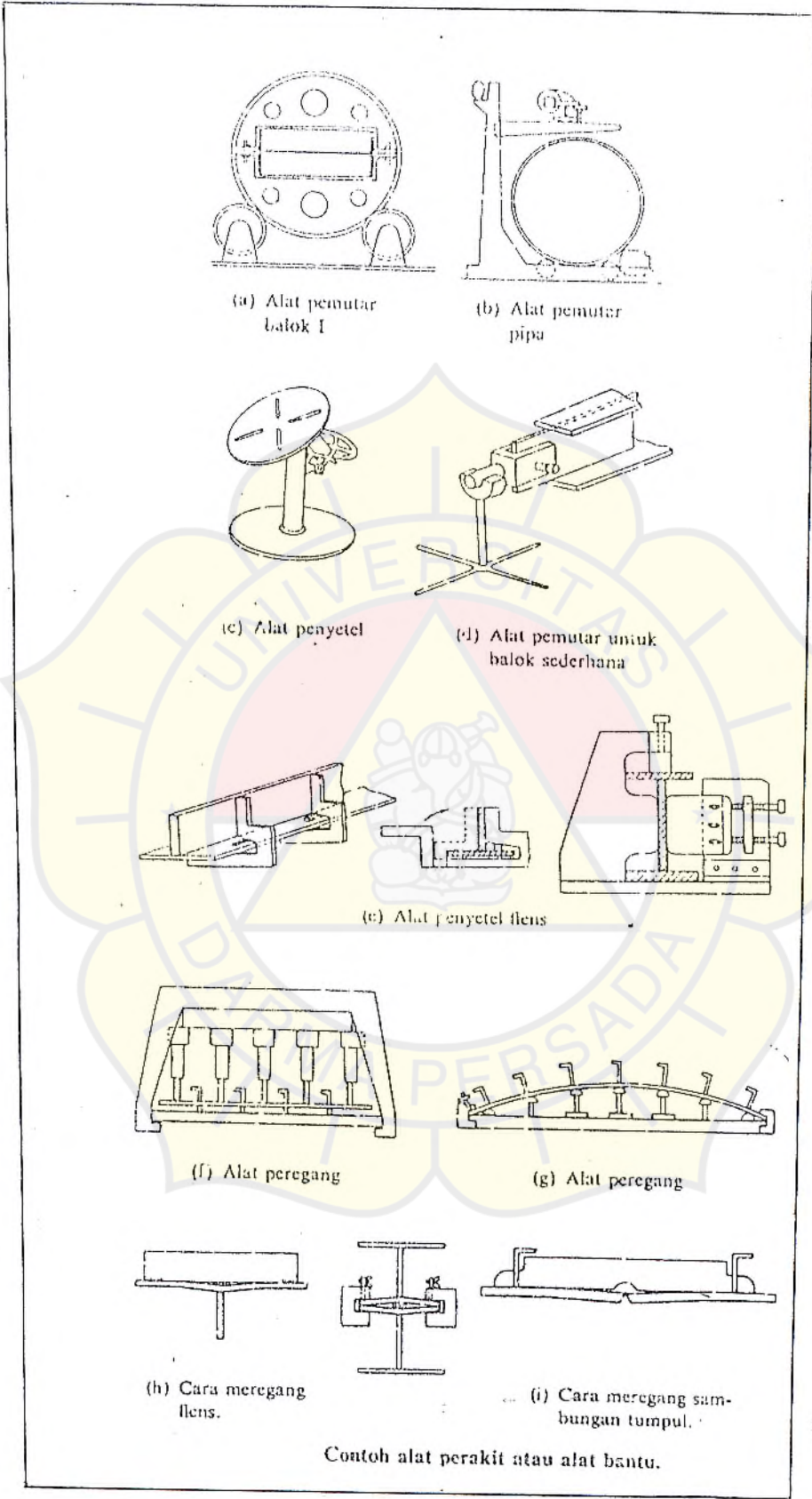
Gambar 2.1 Berbagai Posisi Pengelasan



Gambar 2.2 Posisi Diatas Kepala



Gambar 2.3 Alat-alat Penyeteil



Gambar 2.4 Contoh Alat Perakit atau Alat Bantu

- Soda api.
- Aceton

2. Cara Mekanik

Pembersihan kotoran-kotoran ini dilakukan dengan cara manual dan menggunakan alat-alat seperti yang ada dan umum yaitu :

- Sikat kawat baja
- Hammer
- Penyemprotan

3. Cara Pembakaran

Dipergunakan api pada cara ini dengan menyemprotkan pada daerah yang akan dilas dan sekitarnya dengan tujuan :

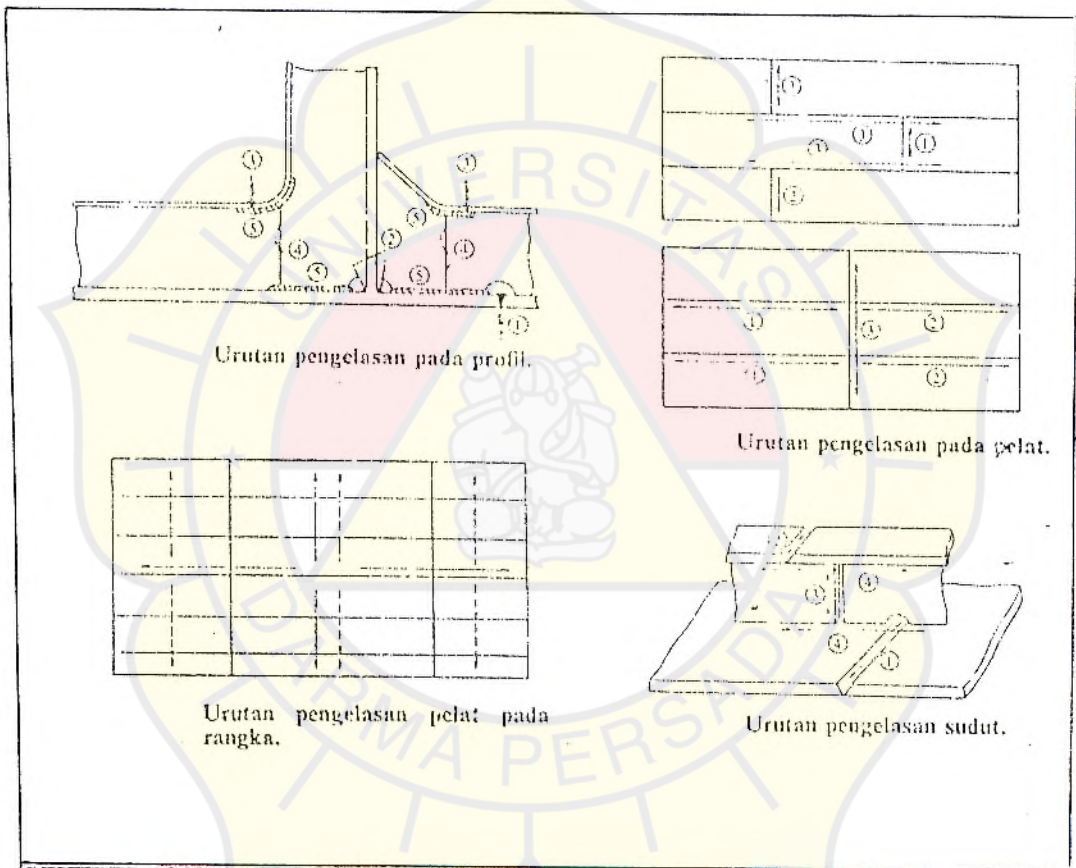
- Membakar minyak dan gemuk
- Sebagai pemanasan awal
- Menguapkan kotoran-kotoran yang ada

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

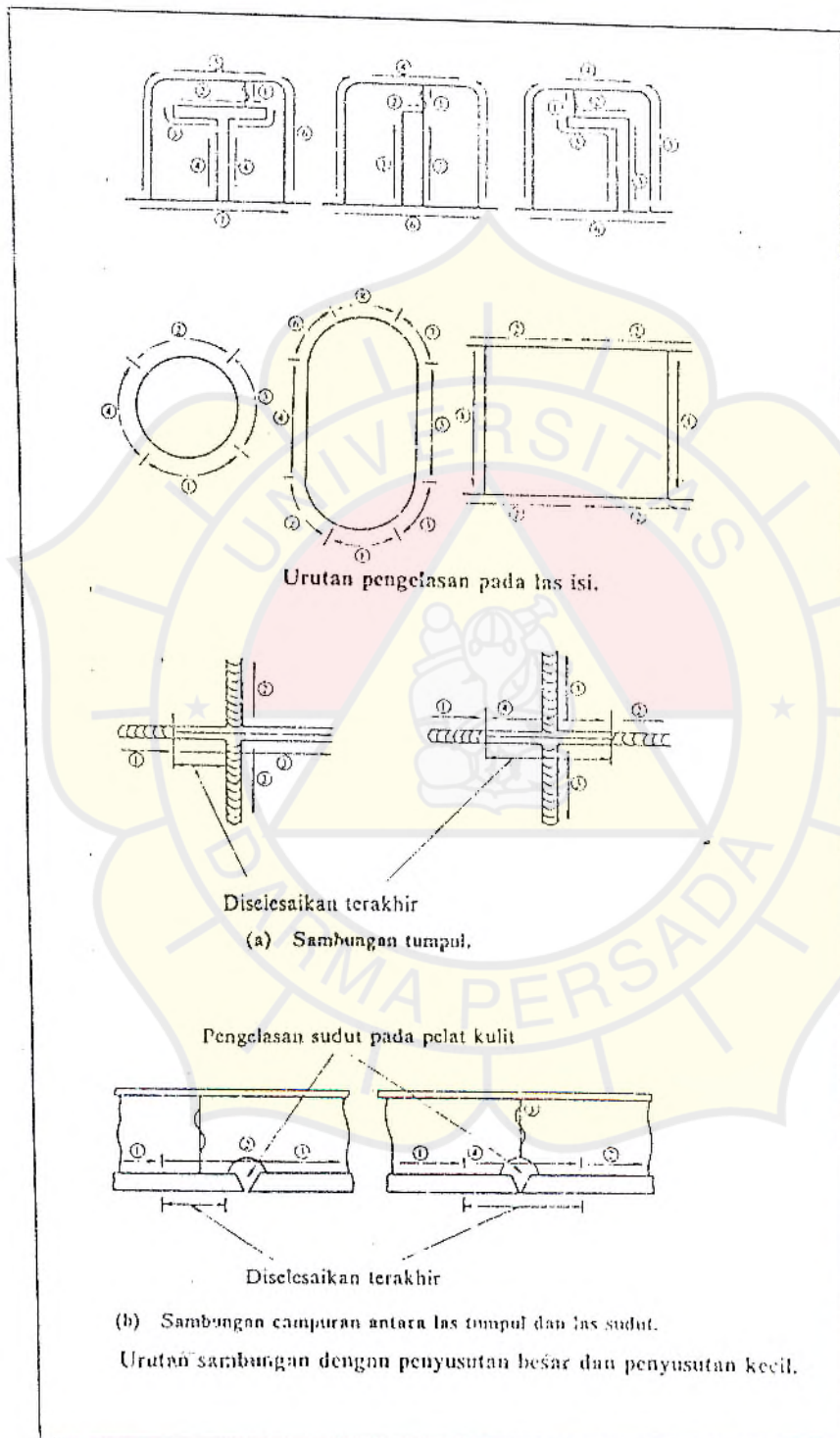
2.4.4. Urutan Pengelasan

Urutan pengelasan mempunyai tujuan yang sangat penting yaitu untuk menghindari terjadinya *deformasi* dan tegangan sisa yang mungkin terjadi selama proses pengelasan berlangsung. Hal yang perlu diperhatikan dalam urutan pengelasan ini adalah :

- a. Pengaturan suatu rencana konstruksi harus sedapat mungkin memberikan ventilasi yang cukup dan keleluasaan untuk



Gambar 2.5 Urutan Pengelasan



Gambar 2.6 Urutan Pengelasan Dengan Penyusutan Besar dan Kecil

melakukan *preheating* apabila diperlukan. Dan pada konstruksi vital harus dilakukan pengelasan secara sempurna.

- b. Pengelasan hendaknya dilaksanakan sebaik mungkin sehingga mempunyai urutan yang simetri terhadap sumbu netral dan konstruksi agar gaya-gaya kontraksi dalam keadaan yang berimbang.
- c. Jika pada suatu bidang terdapat banyak sambungan, diusahakan agar penyusutan dalam bidang tersebut tidak terhalang.

Pada proses pengerjaannya terkadang ketiga pokok dasar urutan diatas sukar untuk diikuti karena tertuju pada pelaksanaan pengelasan yang mudah.

2.4.5 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 busur yang dianggap baik kurang lebih sama dengan diameter elektrode.

2. Diameter elektrode

Diameter elektrode tergantung dari tabel logam yang dilas. Sebagai contoh dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel	0,5 – 1,5	1,5 – 3	3 – 5	6 – 8	9 – 12	13 – 20
Øelektrode	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 Ø 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, tapi 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 pemanas tambahan.

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 lain yang semakin besar. Bila tegangan arus las dibuat konstant sedang kecepatan pengelasan dinaikkan maka jumlah deposit persatuan panjang las jadi turun. Tetapi disamping itu sampai pada suatu kecepatan tertentu, kecepatan pengelasan akan memperbesar penembusan. Bila kecepatan pengelasan dinaikkan 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 kapasitasnya 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 kutub positif.

6. Besarnya penetrasi

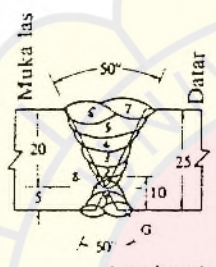
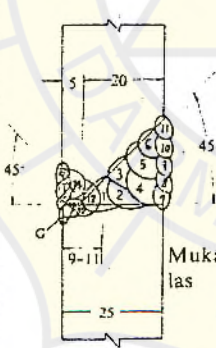
Untuk memperoleh sambungan yang tinggi diperlukan penetrasi yang cukup. Besarnya penetrasi tergantung pada :

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

Pada dasarnya makin besar arus, penetrasi semakin besar. Sedangkan tegangan memberikan pengaruh yang sebaliknya,

Parameter pengelasan pada sambungan tumpul.

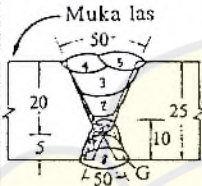
- (a) Posisi: Datar dan atas kepala
Elektroda: Jenis ilmenit

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
		7	3			
		-	4			
		-	5			
		-	6			
		4	8	120-150	22-24	190-260
	-	9	-	-	-	
	-	10				
	-	11				
	25		4	1	160-180	24-26
-			2	-	-	-
5			3			
-			4			
-			5	170-230	25-29	220-350
-			6	160-180	24-26	270-370
4			7			
-			8			
-			9			
-			10			
-			11	-	-	-
-	12					
-	13					
-	14					
-	15					
-	16					
-	17					
-	18	160-180	24-26	250-300		

Tabel 2.3 Parameter Pengelasan pada Sambungan Tumpul

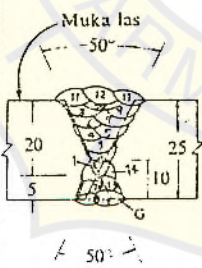
(b) Posisi: Vertikal (naik)

Elektroda: Jenis hidrogen rendah

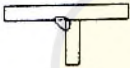

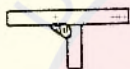
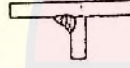





Tebal pelat (mm)	Urutan	Dia-meter kawat (mm)	Lapisan No.	Parameter pengelasan		
				Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecepatan (cm/men)
25		4	1	120-160	22-24	110-120
		5	2	150-190	24-26	55-75
		"	3			
		4	4	120-160	22-24	95-110
		"	5			
		"	6	130-160	22-24	90-95
		"	7			
		"	8			

(c) Posisi: Vertikal

Elektroda: Jenis hidrogen rendah










Tebal pelat (mm)	Urutan	Dia-meter kawat (mm)	Lapisan No.	Parameter pengelasan		
				Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecepatan (cm/men)
25		4	1	180-200	24-27	220-280
		5,5	2	280-330	24-29	300-400
		"	3			
		"	4			
		"	5			
		"	6			
		"	7			
		"	8	280-330	24-29	400-600
		"	9			
		"	10			
		"	11			
		"	12			
		"	13			
		"	14	280-330	24-29	250-300
		"	15			350-600
		"	16			
		"	17			
		"	18			

(d) Posisi : Atas kepala
Elektroda : Jenis ilmenit

Panjang kaki (mm)	Geometri dan urutan	Diameter kawat (mm)	Lapisan	Parameter pengelasan		
				Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecepatan (cm/men)
5		4	1	130-160	22-24	130-140
6		4	1	130-160	22-24	100-105
7		4 "	$\frac{1}{2}$ 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








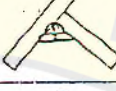

Parameter pengelasan pada sambungan sudut.

(a) Posisi : Vertikal
Elektroda : Jenis hidrogen rendah



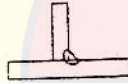
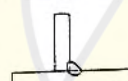




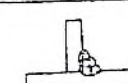
Panjang kaki (mm)	Geometri dan urutan	dia-meter kawat (mm)	Lapis-an	Parameter pengelasan		
				Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecepatan (cm/men)
5		5,5	1	280-330	24-29	340-380
6		5,5	1	280-330	24-29	340-380
7		5,5 "	1 2	280-330	24-29	400-500
8		5,5 "	1 2	280-330	24-29	300-400
9		5,5 " "	1 2 3	280-330	24-29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

Tabel 2.4 Parameter Pengelasan pada Sambungan Sudut

(b) Posisi : Vertikal (naik)
Elektroda : Jenis ilmenit

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 ilmenit dan serbuk besi-besi oksida

Panjang kaki (mm)	Geometri dan urutan	Diameter kawat (mm)	Lapisan	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

*Jenis serbuk besi-besi oksida

makin besar tegangan makin panjang busur las dan panas makin tidak terpusat, sehingga panasnya melebar dan menghasilkan penetrasi yang lebar dan dangkal.

7. Bentuk kumpuh

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 elektrode.

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

2.4.6. Jenis-jenis Retak (crack)

Terdapat beberapa masalah yang sering terjadi pada proses pengelasan selain gejala karat galvanis adalah masalah keretakan (*crack*). Dalam proses pengelasan, *welding engineer* tidak hanya mempertimbangkan jenis-jenis bahan las yang tepat, namun bagaimana mencegah agar keretakan (*crack*) tidak terjadi.

Adapun jenis-jenis *crack* yang ada kaitannya dengan pengelasan adalah sebagai berikut : (*Ref* : 7,2000, *Hal* : 21)

a. Retak solidifikasi (*solidification cracking*)

Retak solidifikasi terjadi pada deposit las pada saat lasan mendingin atau dalam proses pembekuan. Retak ini biasanya terjadi di tengah-tengah (sumbu) jalur las. Retak

jenis ini lazim disebut retak ekor merpati (*dove tail*) karena bentuknya . Retak solidifikasi khususnya dihubungkan dengan retak akhir karena sering terjadi di ujung jalur las. Retak las terjadi pada suhu antara 200 – 300 °C.

b. Retak Lamellar

Retak lamellar terjadi di daerah pengaruh panas (HAZ). Masalah terjadi khususnya disaat pengelasan pada sambungan T atau sambungan sudut (*corner joint*) pelat tebal sehingga batas fusi dari las sejajar dengan permukaan pelat. Singkatnya, lamellar dapat terjadi akibat ketebalan leher las (*through thickness*) yang sangat rendah. Retak ini mengakibatkan retak berumpak yang menjalar pada permukaan pelat tersebut.

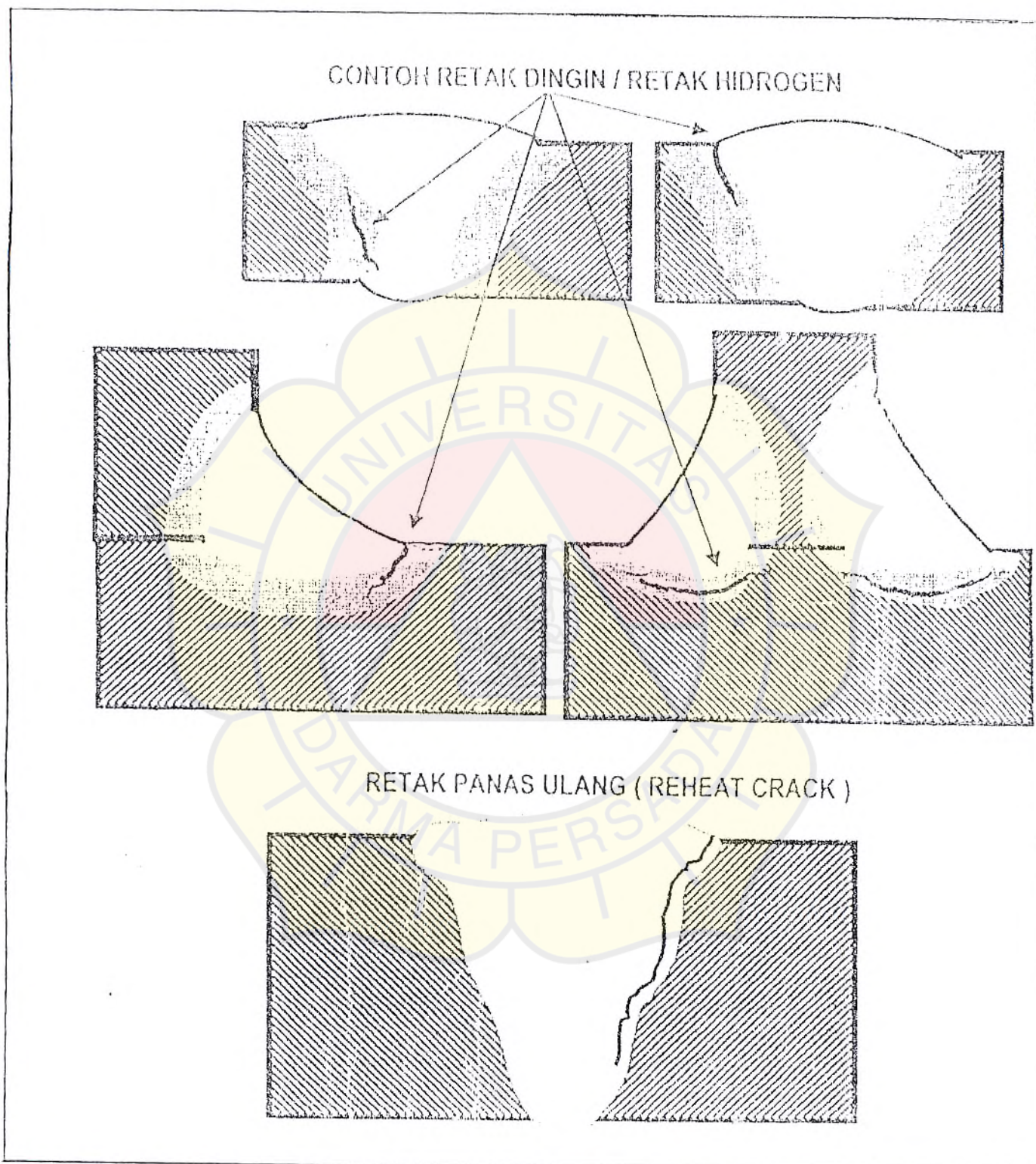
c. Retak Dingin (*Hydrogen Crack*)

Jenis retak ini merupakan jenis yang paling gawat dan yang paling sulit diduga.

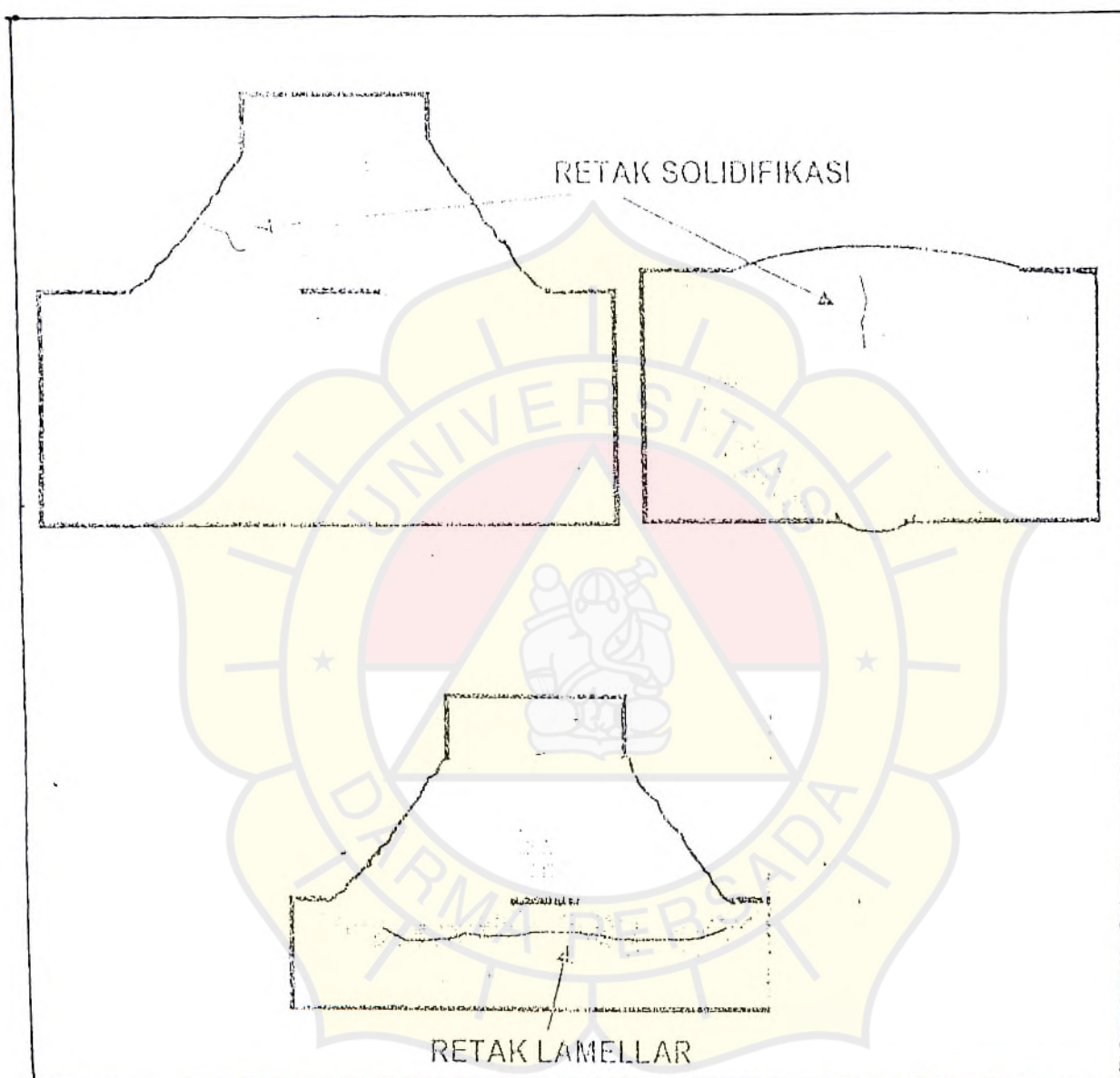
Faktor penyebabnya adalah masuknya hydrogen ke dalam cairan las dari udara (*atmosphere*), dari zat hydrocarbon yang mengotori pelat yang dilas atau elektroda yang lembab.

d. Retak Panas Ulang (*Reheat Crack*)

Retak panas ulang terjadi pada sambungan las dengan jalur berganda (*multilayer / multipass*). Pemanasan ulang dimaksud terjadi pada suhu antara 500 °C hingga 650 °C, yakni ketika dilaksanakan penghilangan tegangan (*stress relieve*).



Gambar 2.7 Jenis-jenis Crack



Gambar 2.8 Retak Solidifikasi, dan Lamellar