

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Klasifikasi Logam**

Berdasarkan unsur-unsur penyusunnya, logam dan paduannya dibagi menjadi 2 golongan utama, yaitu :

##### **1. Logam Non Ferro**

Logam non ferro merupakan logam yang tidak mengandung besi (Fe) dan karbon (C) dalam susunan unsur-unsur dasarnya, jenis-jenis logam non ferro yang umum adalah aluminium (AL), magnesium (Mg), tembaga (Cu), seng (Zn), nikel (Ni), timah hitam (Pb), timah putih (Sn) dan logam-logam mulia.

##### **2. Logam Ferro**

Logam ferro merupakan logam yang mengandung besi (fe) dan karbon (C) sebagai unsur dasarnya. Selain itu terdapat unsur-unsur lain seperti mangan (Mn), phosphor (P), sulfur (S) dan silisium (Si). Yang termasuk dalam logam ferro adalah baja karbon.

#### **2.2 Klasifikasi Baja Karbon**

Baja karbon adalah logam yang tersusun atas besi (fe), Karbon (C) dan beberapa unsur lainnya. Yang paling berpengaruh terhadap sifat mekanik baja karbon adalah unsur karbon. Sedangkan unsur-unsur paduan lain kecil pengaruhnya. Semakin kecil persentase karbon yang dimiliki baja, maka baja tersebut akan semakin lunak dan ulet. Sebaliknya, semakin besar persentase karbon yang dimiliki oleh baja, maka baja tersebut akan semakin keras dan kuat tetapi ketangguhannya menurun. Selain oleh sifat karbon, baja ditentukan pula oleh adanya unsur-unsur lain seperti mangan, silisium, phosphor, dan belerang, yang umumnya berasal dari bahan-bahan seperti  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ , yang terjadi pada waktu proses pembuatan baja.

Kadar karbon yang dimiliki oleh baja berkisar antara 0,008 % sampai 1,7 %. Baja karbon dibedakan atas 3 kelompok, yaitu :

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel / Mild Steel*)

Baja karbon rendah memiliki kadar karbon maksimum sebesar 0,30%. Strukturnya terdiri dari ferrit dan sedikit perlit, sehingga baja ini kekuatannya relatif rendah, lunak tetapi keuletannya tinggi.

2. Baja Karbon menengah (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon medium memiliki persentase karbon berkisar antara 0,30 % - 0,50 %. Masih terdiri dari ferrit dan perlit juga, dengan perlit yang cukup banyak, sehingga baja ini lebih keras dan kuat, serta dapat dikeraskan tetapi getas

3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi memiliki kadar karbon berkisar antara 0,50 % - 1,7 %. Baja karbon tinggi ini memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi dibandingkan dengan baja-baja karbon lainnya. Tetapi keuletan dan ketangguhannya rendah. (Riyadi, 2011)

### 2.3 Pengelasan

Pengelasan adalah penyambungan dua buah logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Akibat proses ini, maka logam disekitar daerah Lasan mengalami siklus termal yang cepat yang menyebabkan perubahan sifat-sifat mekanis dan struktur mikro.

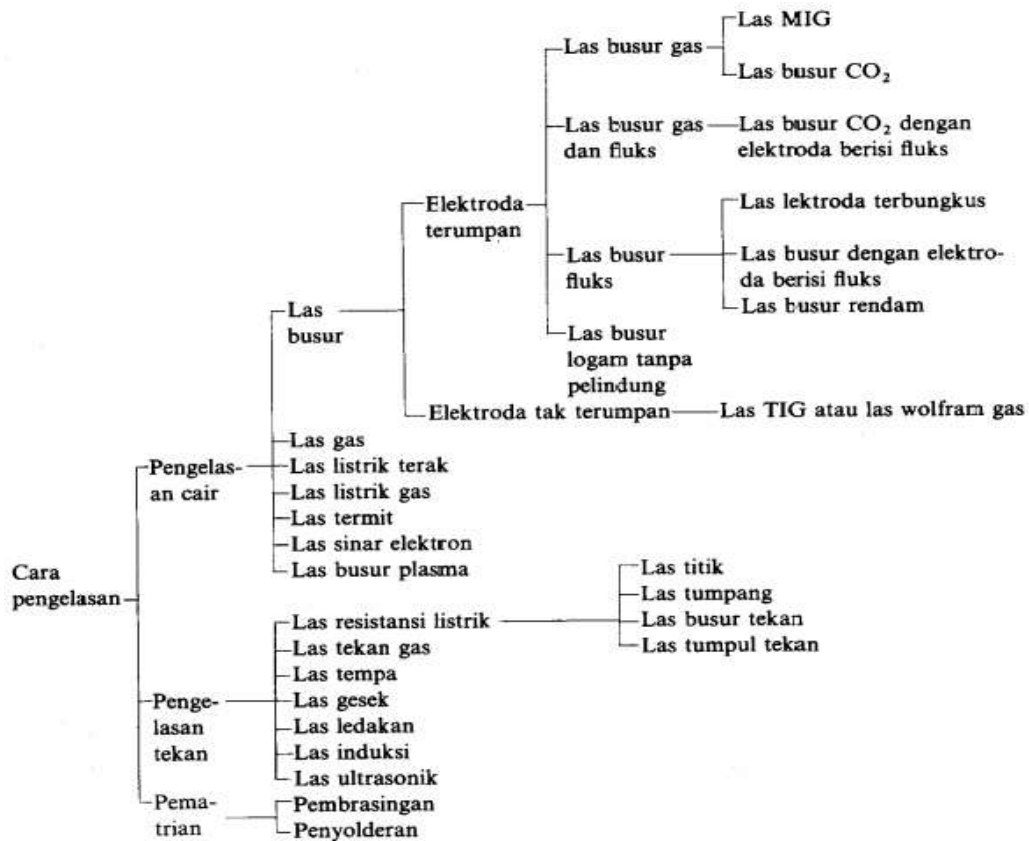
Berdasarkan klasifikasi-klasifikasi yang digunakan dalam bidang pengelasan. Pengelasan dibagi kedalam 3 kelas, yaitu :

1. Pengelasan cair adalah pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.

3. Pematrian adalah pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunkan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah, dalam hal ini logam induk tidak ikut mencair.

Perincian lebih lanjut dari klasifikasi pengelasan dapat dilihat pada tabel 2.1 yang terdiri dari beberapa cara pengelasan dan pembagiannya.

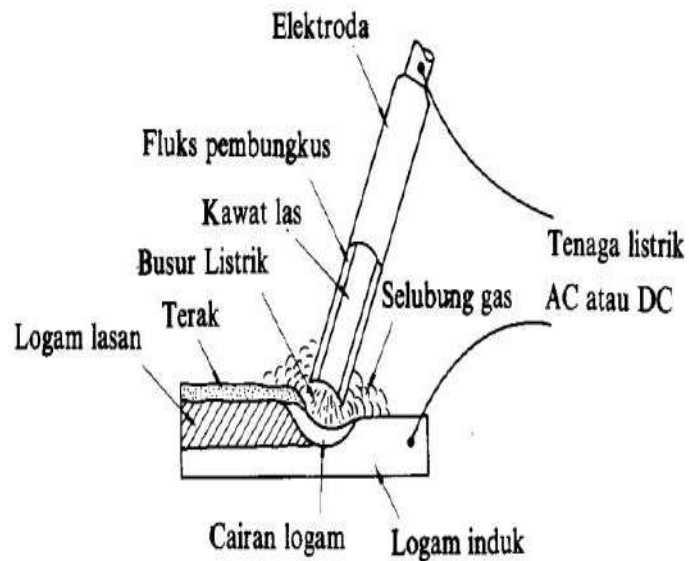
Tabel 2.1 Klasifikasi Cara Pengelasan (Wiryosumarto, 2000 )



### 2.3.1 Las Busur Listrik Dengan Elektroda Terbungkus

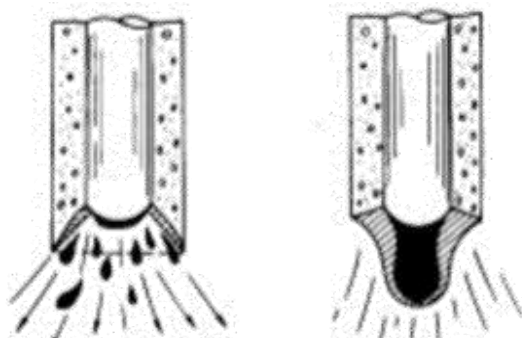
Pengelasan busur dengan elektroda terbungkus atau Shield Metal Arc Welding (SMAW) adalah cara pengelasan yang prosesnya menggunakan busur listrik sebagai sumber panas dan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks sebagai filler. Dimana filler akan ikut mencair bersamaan dengan gas pelindung elektroda. Gas tersebut akan terbakar, kemudian membentuk terak di daerah lasan yang membeku. Fungsi terak tersebut akan melindungi logam yang

cair dari kontaminasi udara, yang kemudian kontaminasi udara tersebut akan membentuk porositas atau cacat pada daerah las. Pengelasan SMAW adalah cara pengelasan yang banyak digunakan pada saat ini.



Gambar 2.1 Las Busur Dengan Elektroda Terbungkus (Wirjosumarto, 2000)

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus, sebaliknya jika arus listrik kecil maka butiran menjadi besar seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.2 Pemindahan Logam Cair Pada Elektroda Las (Wirjosumarto, 2000)

Pola pemindahan logam cair seperti yang diterangkan diatas sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Hal ini juga dipengaruhi oleh komposisi dari bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda. Elektroda SMAW terdiri dari 2 bagian yaitu bagian inti yang terbuat dari baja yang berperan sebagai bahan pengisi (*filler*) dan bahan pembungkus disebut *fluks*. *Fluks* juga berfungsi sebagai penghalang oksidasi dengan cara membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang terkumpul ditempat sambungan las sewaktu logam cair mengalami pembekuan.

Pada las busur listrik dengan elektroda terbungkus fluks mempunyai peranan penting yang bertindak sebagai :

1. Melancarkan perpindahan butir-butir cairan logam
2. Sebagai sumber terak atau gas yang melindungi logam cair terhadap udara sekitar
3. Menstabilkan busur pada pengelasan
4. Sebagai sumber unsur paduan

Fluks biasanya terdiri dari bahan-bahan tertentu dengan perbandingan yang tertentu pula. Bahan-bahan tersebut antara lain oksida-oksida logam, karbonat, silica, fluorida, zat organik, baja paduan dan serbuk besi. Kawat las juga biasanya dibungkus dengan campuran bahan fluks tertentu tergantung dari penggunaannya. (Wiryosumarto, 2000)

### 2.3.2 Arus Pengelasan

Kualitas dari hasil pengelasan sangat bergantung dengan pemilihan arus yang tepat pada saat proses pengelasan. Jumlah panas yang dihasilkan maupun kecepatan pendinginan logam las akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mekanis dan struktur mikro dari suatu logam las.

Tabel 2.2 Besar Arus Lasan Dengan Jenis Elektrodanya (Santoso, 2006)

Diameter Elektroda Dalam Mm	Tipe Elektroda dan Besarnya Arus dalam Ampere					
	E 6010	E 6014	E 7018	E 7024	E 7027	E 7028
2,5		80-125	70-100	100-145		
3,2	80-120	110-160	115-165	140-190	125-185	140-190

4	120-160	150-210	160-220	180-260	180-240	180-250
5	160-200	200-275	200-275	230-305	210-300	230-305
5,5		260-340	260-340	275-285	250-350	275-365
6,3		330-415	315-400	335-430	300-420	335-430
8		390-500	375-470			

Arus pengelasan adalah aliran listrik yang keluar dari mesin. Arus pengelasan harus sesuai dengan jenis elektroda dan diameter dari elektroda yang akan digunakan dalam proses pengelasan. Arus pengelasan yang terlalu kecil mengakibatkan penetrasi las yang rendah. Sedangkan arus yang terlalu besar akan mengakibatkan terbentuknya manic las yang terlalu lebar dan deformasi dalam proses pengelasan.

### 2.3.3 Pengelasan Pada Baja Karbon Rendah

#### 1. Mampu las dari baja karbon rendah

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi mampu las dari baja karbon rendah adalah kekuatan takik dan kepekaan terhadap rekat las. Kekuatan takik pada baja karbon rendah dapat dipertinggi dengan menurunkan kadar karbon (C) dan menaikkan kadar mangan (Mn).

Baja karbon rendah mempunyai kepekaan retak las yang rendah bila dibandingkan dengan baja karbon lainnya. Tetapi retak las pada baja karbon rendah dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan pelat tebal atau bila didalam baja tersebut terdapat belerang yang cukup tinggi.

Retak las yang mungkin terjadi pada pengelasan pelat tebal dapat dihindari dengan pemanasan mula atau dengan menggunakan elektroda hydrogen.

#### 2. Cara pengelasan baja karbon rendah

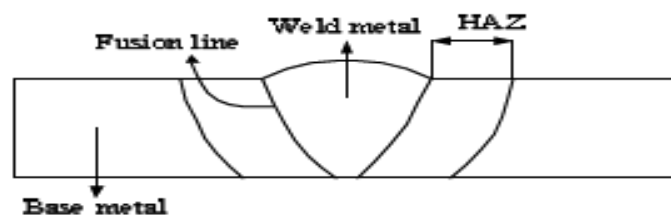
Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua cara pengelasan yang ada didalam praktek dan hasilnya akan baik bila persiapannya sempurna dan persyaratannya dipenuhi. Pada kenyataannya baja karbon rendah adalah baja yang mudah dilas.(Rachmadi, 2002)

## 2.4 Metalurgi Daerah Pengelasan

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua buah logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Karena proses ini maka logam disekitar lasan mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi, deformasi dan tegangan-tegangan termal kesemuanya berhubungan dengan ketangguhan, cacat las, retak dan sebagainya yang pada umumnya mempunyai pengaruh terhadap keamanan dari suatu konstruksi yang dilas.

Daerah lasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas atau Heat Affected Zone (HAZ) dan logam induk (Base Metal) yang tidak dipengaruhi oleh lasan. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing bagian dari daerah lasan ini :

1. Logam lasan (*Weld Metal*) adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mengalami pencairan dan kemudian membeku secara bersamaan dan membentuk ikatan metallurgi.
2. Daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan secara cepat.
3. Logam induk (*Base Metal*) yang tidak dipengaruhi adalah bagian dari logam dasar dimana suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. (Wiryo Sumarto, 2000)



Gambar 2.3 Metalurgi Daerah Pengelasan

### 2.4.1 Proses Pembekuan Logam Las

Pada pengelasan terdapat bermacam-macam cacat yang terbentuk dalam logam las misalnya pemisahan, lubang halus dan retak. Banyak dan macam cacat

yang terjadi tergantung pada kecepatan pembekuan. Pembekuan logam dimulai dengan pembentukan butir-butir Kristal pada dinding logam induk yang kemudian tumbuh menjadi garis lebur dengan arah yang sama dengan gerakan sumber panas. Selama proses pembekuan tersebut selesai, maka akan terjadi beberapa reaksi metallurgi pada logam las, yaitu :

#### 1. Pemisahan

Pada saat pembekuan logam las, terjadi tiga jenis pemisahan, yaitu :

1. Pemisahan makro, yaitu perubahan komponen secara perlahan-lahan mulai dari garis lebur sampai ke garis sumbu las
2. Pemisahan gelombang, yaitu perubahan komponen karena pembekuan yang terputus, yang terjadi pada saat terbentuknya manik las
3. Pemisahan mikro, yaitu terjadinya perubahan komponen secara mikro

#### 2. Lubang-lubang halus

Lubang-lubang halus terjadi karena adanya gas yang tidak larut dalam logam padat, lubang-lubang tersebut disebabkan karena tiga macam cara pembentukan gas sebagai berikut :

1. Pelepasan gas karena perbedaan batas kelarutan antara logam cair dan logam padat pada suhu pembekuan
2. Terbentuknya gas karena adanya reaksi kimia didalam logam las
3. Penyusupan gas kedalam atmosfer busur.

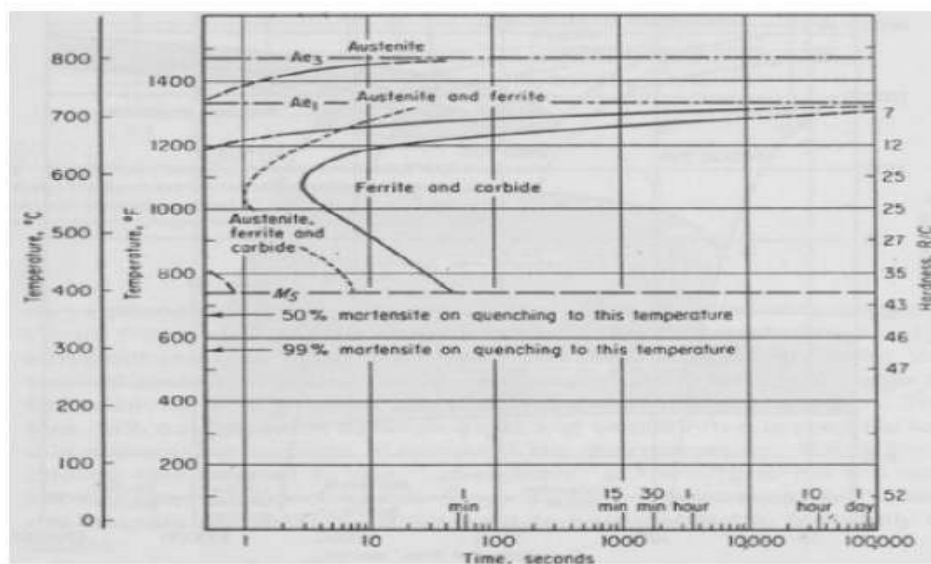
#### 3. Proses deoksidasi

Sebenarnya hanya sebagian kecil oksigen yang larut dalam baja, tetapi karena tekanan disosiasi dari kebanyakan oksida sangat rendah, maka pada umumnya akan terbentuk oksida-oksida yang stabil. Karena pengukuran yang tepat untuk mengetahui jumlah oksigen yang larut di dalam baja sangat sukar, maka untuk melepaskan oksigen dari larutan, biasanya dilakukan usaha-usaha seperti menghilangkan oksida ini disebut proses deoksidasi. Ketangguhan logam las turun dengan naiknya kadar oksigen, karena itu harus selalu diusahakan agar logam mempunyai kadar oksigen serendah-rendahnya. Usaha penurunan oksigen ini dapat dilakukan dengan menambah unsur-unsur yang bersifat deoksidasi seperti Si, Mn, Al dan Ti. (Riyadi, 2011)



## 2.4.2 Struktur Mikro Logam Las

Pada umumnya struktur mikro logam las tergantung dari kecepatan pendinginannya dari suhu daerah austenite sampai suhu kamar. Karena perubahan struktur ini maka dengan sendirinya sifat-sifat yang dimiliki juga berubah. Hubungan antara kecepatan pendinginan dan struktur mikro secara teoritis dapat ditentukan dengan menggunakan diagram yang menghubungkan waktu, suhu dan transformasi (diagram CCT)



Gambar 2.4 Diagram Pendinginan Kontinyu (Diagram CCT) (Rananggono, 2010)

Dari grafik diatas dapat diramalkan struktur seperti berikut:

1. Pada suhu diatas  $800^{\circ}\text{C}$  logam akan memasuki fase austenite secara keseluruhan.
2. Pada suhu  $550^{\circ}\text{C}$  -  $700^{\circ}\text{C}$  akan terbentuk ferrit dan karbit.
3. Pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  -  $550^{\circ}\text{C}$  akan terbentuk austenite, ferrit dan karbida.

## 2.4.3 Daerah Terpengaruh Panas

Pada daerah terpengaruh panas logam induk akan mengalami perubahan struktur mikro dan sifat mekanik. Perubahan ini terjadi akibat pengaruh temperature yang sangat tinggi pada logam las, saat proses pengelasan

berlangsung. Daerah terpengaruh panas atau (HAZ) dapat dibagi menjadi dua daerah berdasarkan jumlah panas yang diterima yaitu :

1. Daerah pertumbuhan butir

Daerah ini adalah daerah yang paling dekat dengan logam las, dan mengalami pemanasan yang sangat tinggi, mencapai temperature diatas garis  $A_3$  dan mendekati titik lebur logam. Pada daerah ini mengalami pemanasan yang berlebihan, pada saat pendinginan akan mengalami peristiwa pembesaran ukuran butir atau mengalami pertumbuhan butir.

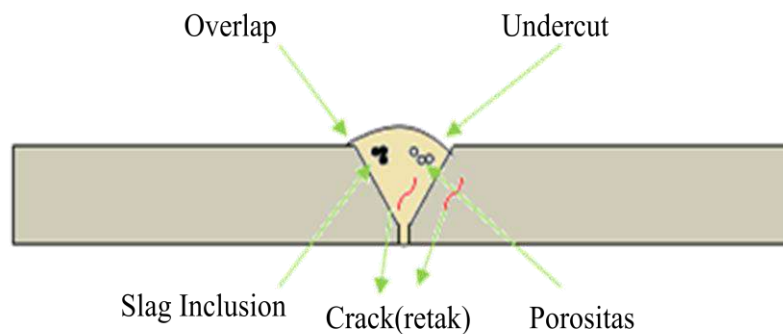
Besarnya panas yang diterima akan berpengaruh pada besar ukuran butir pada akhir proses pendinginan. Untuk temperatur tetap, semakin lama waktu pemanasan semakin besar pula ukuran butir yang dihasilkan. Dan untuk pemanasan tetap, semakin tinggi temperature maka semakin besar pula ukuran butir yang terjadi.

2. Daerah peralihan

Daerah peralihan adalah daerah logam induk yang mengalami pemanasan pada temperature  $A_1$  dan  $A_2$ . Karena itu daerah ini akan mengalami rekristalisasi sebagian.

#### 2.4.4 Cacat Yang Terjadi Pada Proses Pengelasan

Cacat yang terjadi pada proses pengelasan sangat berpengaruh pada ketangguhan dan kekuatan logam las. Berikut ini adalah gambar cacat yang terjadi pada proses pengelasan yaitu :



Gambar 2.5 Cacat yang Terjadi pada Proses Pengelasan

1. Terak yang Tertimbun (*Slag Inclusion*)

*Slag inclusion* dapat terjadi akibat pembersihan pada pengelasan yang berlapis kurang bersih. Hal ini juga dapat diakibatkan penggunaan fluks pada pengelasan yang berlapis

2. Porositas

Cacat ini merupakan cacat yang dikarenakan adanya gas yang terperangkap didaerah lasan dalam jumlah yang melebihi syarat batas.

3. *Undercut*

Cacat ini dapat diakibatkan oleh beberapa hal yaitu akibat dari elektroda dan arus yang terlalu tinggi dan juga bisa diakibatkan oleh salahnya teknik dalam pengelasan

4. Retak (*Crack*)

Retak las adalah pecah-pecah yang terjadi didaerah logam las dan daerah pengaruh panas. Retak las disebabkan karena struktur daerah pengaruh panas, difusi hydrogen didaerah las dan tegangan yang berlebihan.

5. *Overlap*

*Overlap* adalah ketidak sempurnaan pada sudut atau *root* dari pengelasan yang disebabkan oleh logam yang mengalir kepermukaan tanpa menyatu dengan base material. Cacat ini terjadi akibat arus pengelasan yang terlalu rendah yang menyebabkan logam las menjadi meluber, dan cacat ini juga dapat terjadi karena kecepatan pengelasan yang terlalu lambat.

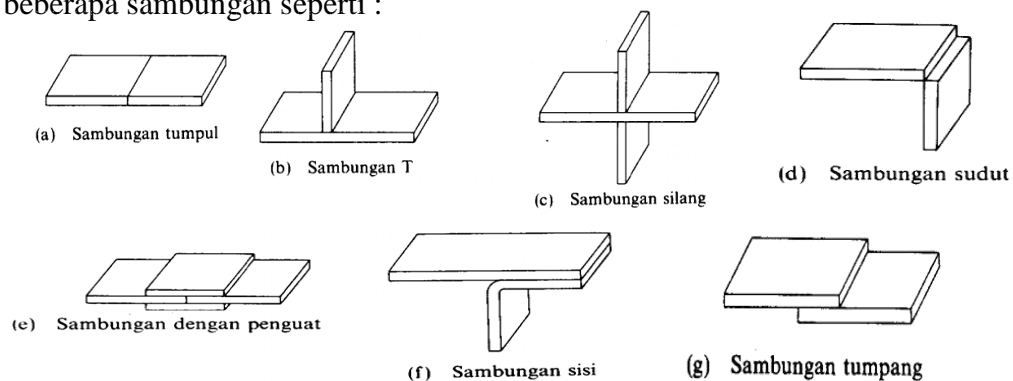
## 2.5 Parameter Tebal Pelat

Hampir semua energi panas selama proses pengelasan diserap oleh pelat yang disambung. Pelat yang lebih tebal meyebar panas dalam arah vertikal dan horizontal . Pelat yang lebih tipis hanya terjadi penyebaran panas secara horizontal. Berdasarkan prinsip penyebaran tersebut, dapat dikatakan semakin tebal pelat, maka semakin cepat panas hilang dari daerah pengelasan sehingga memperendah suhu pada daerah las. Dan semakin tipis pelat maka panas akan semakin lama hilang dari daerah pengelasan. Akibatnya akan terjadi suatu perubahan pada logam dasar yaitu perubahan sifat mekanik dan perubahan

struktur mikro, karena logam dasar memiliki suhu minimum untuk mencair. Kita perlu menentukan kandungan panas yang memadai untuk mencegah pelat menyebarkan panas dengan laju yang lebih cepat dari yang diberikan. Jika suhu yang tepat pada daerah yang dilas tidak dipertahankan, keadaan peleburan logam yang tidak sempurna akan terjadi.

## 2.6 Jenis Sambungan Las

Sambungan pengelasan didalam bidang konstruksi pada dasarnya di bagi atas beberapa sambungan seperti :



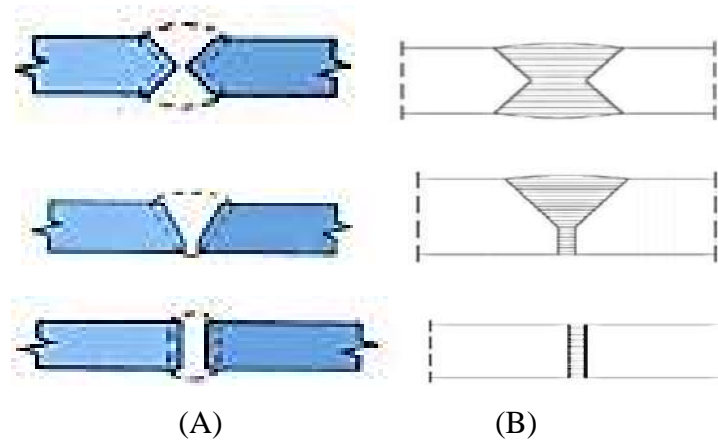
Gambar 2.6 Jenis-jenis Sambungan Dasar (Wiryosumarto, 2000)

Penelitian ini hanya membahas tentang sambungan tumpul dan sambungan tumpang, dimana sambungan tumpul atau *butt joint* adalah jenis sambungan yang paling efisien. Sedangkan sambungan tumpang atau *lap joint* adalah jenis sambungan yang efisiennya rendah, maka jarang sekali digunakan untuk pelaksanaan penyambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las sisi.

## 2.7 Distorsi

Distorsi didefinisikan sebagai setiap perubahan dari bentuk atau kontur yang didinginkan. Distorsiyang terjadi pada hasil lasan biasanya berupa bentuk yang sangat rumit. Pada sambungan *fillet* dan tumpul, secara kasar masih dapat dibedakan menjadi enam macam distorsi las. Namun secara prinsip, sebenarnya terjadi berbagai macam distorsi tersebut dapat dibedakan hanya atas: *transverse*

*shrinkage, longitudinal shrinkage, angular.* Adanya proses penyusutan, pembukuan dan kontraksi termal dari logam las selama proses pengelasan, benda akan mempunyai kecenderungan untuk menyimpang yang menyebabkan distorsi. Gambar 2.7 menggambarkan beberapa jenis distorsi akibat pengelasan. Perubahan bentuk ini disebabkan adanya perbedaan temperatur permukaan yang dilas dan permukaan sebaliknya.



Gambar 2.7 Distorsi sudut pada proses pengelasan (Stefani,2015).