

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Baja

Baja merupakan paduan besi dan berbagai macam elemen dengan komposisi karbon yang mempunyai pengaruh sangat kuat terhadap sifat sifatnya. Ada beberapa jenis baja, diantaranya. (Muhib Zainuri, 2008):

1. Baja karbon (*carbon steel*), disebut juga dengan sebutan baja mesin, mengandung sebagian kecil elemen seperti mangan, fosfor, silikon, dan sebagainya. Kekuatan dan kekerasan baja karbon meningkat dengan peningkatan unsur karbon tetapi menjadi lebih getas dan keuletan berkurang.
2. Baja paduan (*alloy steel*), disamping karbon, baja paduan mengandung aluminium, kromium, tembaga, mangan, molybdenum, nikel, fosfor, silikon, titanium dan vanadium. Baja paduan digunakan untuk meningkatkan kekerasan, ketangguhan, keuletan, dan kekuatan tarik baja.
3. Baja tahan karat (*stainless steel*), sesuai dengan namanya merupakan paduan kromium dan besi yang mempunyai ketahanan korosi sangat baik. Ketahanan korosi akibat terbentuknya lapisan oksida kromium. Kandungan kromium minimum 12%, dengan 18% untuk membentuk lapisan dan 18% untuk ketahanan korosi udara. Elemen lain misal nikel, aluminium, silikon dan molybdenum. Baja tahan karat digunakan dalam kimia proses, peralatan proses minyak, perpipaan dan sebagainya.

4. Baja struktur (*structural steel*), bentuk baja struktural mengandung pengertian baja pengerolan panas dengan berbagai bentuk dan bermacam elemen paduan yang digunakan untuk ketahanan beban dan gaya yang bekerja. Struktural bisa jadi merupakan bangunan, jembatan, tiang transmisi,. Bentuk baja yang umum digunakan adalah bentuk W (*wide flange*), bentuk C (*channels*), bentuk L (*angle bar*), batang (*bars*) dan pipa baja.

Dalam hal pemahaman jenis dan karakteristik logam dasar pengelasan Prinsip utama adalah bahwa setiap bahan berkaitan erat sekali dengan struktur intern dari bahan itu sendiri, dimana struktur intern bahan tersebut mencakup atom-atom dan susunannya didalam suatu kristal, molekul atau struktur mikro. Struktur dalam bahan bisa berubah bila terjadi deformasi, dan dapat terjadi perubahan sifat-sifat (misalnya kekuatan, kekerasan dan kekenyalannya). (Sukaini, 2013).

Oleh karena itu sifat dan perilaku bahan merupakan cerminan dari struktur didalamnya. Bila perlu sifat khusus dari bahan harus selalu diperhatikan, karena bila struktur intern bahan berubah selama pengolahannya atau pemakaiannya, maka dari itu akan terjadi pula perubahan sifat bahan tersebut. Untuk dapat menggunakan bahan teknik dengan tepat, maka bahan tersebut harus dapat dikenali dengan baik sifat-sifatnya dan sifat-sifat bahan tersebut tentunya sangat banyak macamnya, untuk itu secara umum sifat-sifat bahan tersebut dapat diklasifikasikan sebagai berikut:. (Sukaini, 2013).

1. Sifat Kimia

Dengan sifat kimia diartikan sebagai sifat bahan yang mencakup antara lain kelarutan bahan tersebut terhadap larutan kimia, basa atau garam dan pengoksidasiannya terhadap bahan tersebut. Salah satu contoh dari sifat kimia yang terpenting adalah Korosi.

2. Sifat Teknologi

Sifat teknologi adalah sifat suatu bahan yang timbul dalam proses pengolahannya. Sifat ini harus diketahui terlebih dahulu sebelum mengolah atau mengerjakan bahan tersebut.

Sifat – sifat teknologi ini antara lain :

Sifat mampu las (*Weldability*), sifat mampu dikerjakan dengan mesin (*Machineability*), sifat mampu cor (*Castability*), dan sifat mampu dikeraskan (*Hardenability*).

3. Sifat Fisika

Sifat fisika adalah perlakuan bahan karena mengalami peristiwa Fisika, seperti adanya pengaruh panas, listrik dan beban. Yang termasuk golongan sifat fisika ini adalah : Sifat Panas, Sifat Listrik, Sifat Mekanis.

4. Sifat Panas

Sifat-sifat bahan yang timbul karena pengaruh panas yaitu : sifat-sifat karena proses pemanasan dan karena perubahan bentuk / ukuran oleh panas (pemuaian/penyusutan). Pengaruh panas dapat juga merubah struktur bila kombinasi pemanasan dan pendinginan dilakukan pada kecepatan waktu tertentu. Hal ini banyak mempengaruhi atau dapat merubah sifat mekanis dari bahan tersebut. Proses ini dikenal dengan nama perlakuan panas atau "*Heat-Treatment*".

5. Sifat Listrik

Sifat listrik dari bahan adalah penting, karena sifat dari bahan inilah sekarang banyak digunakan untuk Televisi, Radio, dan Telepon. Sifat – sifat listrik dari bahan yang terpenting adalah: ketahanan dari suatu bahan terhadap aliran listrik dan daya hantarnya, dan tidak semua bahan mempunyai daya hantar listrik yang sama. Bahan bukan logam, seperti misalnya keramik, plastik adalah penghantar listrik yang tidak baik, oleh karena itulah bahan ini dipergunakan sebagai “Isolator”. Semua bahan logam dapat mengalirkan arus listrik, akan tetapi logam yang paling baik untuk penghantar listrik adalah aluminium dan tembaga. Oleh karena itulah dalam teknik listrik bahan tersebut banyak dipergunakan sebagai Konduktor, Kabel, Panel Penghubung dan alat alat listrik lainnya.

6. Sifat Mekanik

Sifat mekanik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan beban-beban yang dikenakan kepadanya. Dimana beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, tekan, bengkok, geser, puntir, atau beban kombinasi.

Sifat – sifat mekanik bahan yang terpenting antara lain :

Kekuatan (*strenght*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, dan ini tergantung pada beban yang bekerja antara lain dapat dilihat dari kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan puntir, dan kekuatan bengkok.

Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk tahan terhadap goresan, pengikisan (*abras*), penetrasi. Sifat ini

berkaitan erat dengan sifat keausan (*wear resistance*). Dimana kekerasan ini juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.

Kekenyalan (*elasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Bila suatu bahan mengalami tegangan maka akan terjadi perubahan bentuk. Bila tegangan yang bekerja besarnya tidak melewati suatu batas tertentu maka perubahan bentuk yang terjadi bersifat sementara, perubahan bentuk ini akan hilang bersama dengan hilangnya tegangan, akan tetapi bila tegangan yang bekerja telah melampaui batas tersebut, maka sebagian bentuk itu tetap ada walaupun tegangan telah dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk elastis yang dapat terjadi sebelum perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi, dengan kata lain kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.

Kekakuan (*stiffness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan / beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Dimana dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting dari pada kekuatan.

Plastisitas (*plasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis (yang permanen) tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi bahan yang akan diproses dengan berbagai proses pembentukan seperti, *forging*, *rolling*, *extruding* dan sebagainya. Sifat ini sering juga disebut sebagai keuletan / kekenyalan (*ductility*). Bahan yang mampu mengalami deformasi plastis yang cukup tinggi dikatakan sebagai bahan yang mempunyai keuletan / kekenyalan tinggi, dimana bahan tersebut dikatakan ulet / kenyal (*ductile*). Sedang bahan

yang tidak menunjukkan terjadinya deformasi plastis dikatakan sebagai bahan yang mempunyai keuletan yang rendah atau dikatakan getas /rapuh (*brittle*).

Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor , sehingga sifat ini sulit untuk diukur.

Kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah bila menerima tegangan berulang-ulang (*cyclic stress*) yang besarnya masih jauh di bawah batas kekuatan elastisitasnya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan. Karenanya kelelahan merupakan sifat yang sangat penting tetapi sifat ini juga sulit diukur karena sangat banyak faktor yang mempengaruhinya.

Merangkak/keretakan (*creep / crack*) merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik yang besarnya merupakan fungsi waktu, dimana pada saat bahan tersebut menerima beban yang besarnya relatif tetap.

Berbagai sifat mekanik diatas juga dapat dibedakan menurut cara pembebanannya, yaitu sifat mekanik statik, sifat terhadap beban statik, yang besarnya tetap atau berubah dengan lambat, dan sifat mekanik dinamik, sifat mekanik terhadap beban, yang berubah rubah atau mengejut. Ini perlu dibedakan karena tingkah laku bahan mungkin berbeda terhadap cara pembebanan yang berbeda. (Sukaini, 2013).

2.1.1 Plat Baja KS37 Grade A

Plat kapal grade A setara dengan AISI E 2512. Pelat baja kapal merupakan komponen terbesar investasi kapal niaga yaitu sebesar 40%. (Saut Guning, 2005).

Ada beberapa grade yaitu, grade A, grade B, grade C, grade D, dan grade E. Untuk grade A yang mempunyai kualitas bagus untuk sebuah bangunan kapal, sedangkan grade B adalah jenis baja ringan yang mempunyai kualitas yang lebih bagus dari baja grade A. Kemudian grade C, D, dan E memiliki tingkat kelenturan yang baik. (*Lloyd's Register*, 1959).

Tabel 2.1 Spesifikasi Baja Kapal Grade A

Tegangan Lumer Minimal	Kekuatan Tarik	Kandungan karbon	Kandungan fosfor dan sulfur
32kg/mm ²	48 kg/mm ² - 63 kg/mm ²	0,15% - 0,23%	0,05%

konstruksi kapal ataupun konstruksi lain yang menggunakan material ini harus kuat agar mampu menahan beban dari muatan dan juga tekanan dari luar. Baja kapal yang digunakan untuk konstruksi kapal ataupun konstruksi yang lain harus mempunyai kekuatan tinggi dan sesuai dengan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia. (BKI, 2006).

2.2 Pengertian Pengelasan

Pengelasan adalah proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang akan disambung hingga temperatur las yang dilakukan dengan atau tanpa menggunakan tekanan (*pressure*), hanya dengan tekanan (*pressure*), atau dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi (*filler*). (*American Welding Society*, 1989).

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua atau lebih material dalam keadaan plastis atau cair dengan menggunakan panas (*heat*) atau dengan tekanan (*pressure*) atau keduanya, logam pengisi (*filler metal*) dengan temperatur lebur yang sama dengan titik lebur dari logam induk dapat atau tanpa digunakan dalam proses penyambungan tersebut. (*British Standards Institution, 1983*).

Lingkup penggunaan pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran, proses las dapat juga digunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang lubang pada coran, membuat lapisan las pada perkakas, mempertebal bagian bagian yang sudah aus, dan macam macam reparasi lainnya. Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi tetapi hanya sarana mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik, karena itu luas dan cara pengelasan harus betul – betul memperhatikan kesesuaian sifat sifat las dengan kegunaan konstruksi disekitarnya. (Siswanto dan Sofan, 2011).

Berdasarkan definisi dari *DIN* las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut, las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam menggunakan energi panas. Telah dipergunakan lebih dari 40 jenis pengelasan termasuk pengelasan yang dilakukan dengan cara menekan dua logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antar atom atom dari logam yang disambungkan.

Sampai pada waktu ini banyak sekali cara-cara pengklasifikasian yang digunakan dalam bidang las, ini disebabkan belum adanya kesepakatan

dalam hal tersebut. Secara konvensional cara-cara pengklasifikasian tersebut dalam waktu ini dapat dibagi dalam dua golongan. Klasifikasi yang pertama membagi las dari cara kerjanya yaitu las cair, las tekan, las patri dan lain – lainnya, sedangkan klasifikasi yang kedua sumber energinya yaitu las listrik, las kimia, las mekanik. (Siswanto dan Sofan, 2011).

Berdasarkan prosesnya pengelasan dibagi menjadi 2, Yaitu:

- a. *Liquid State* ialah logam yang dilas maupun elektroda ikut mencair. Contoh SMAW, GTAW.
- b. *Solid State* ialah logam yang dilas tidak ikut mencair. Contoh FRW, Cold welding.

Berdasarkan klasifikasi ini pengelasan dapat dibagi kedalam tiga kelas utama yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan, dan pematrian.

1. Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.

Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau sumber api gas yang terbakar.

Tabel 2.2 Macam Macam Las Cair

No.	Pengelasan Cair
1	Las gas
2	Las titik terak
3	Las listrik gas
4	Las listrik termis
5	Las listrik elektron
6	Las busur plasma

Sumber: (Siswanto dan Sofan, 2011)

Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.

Tabel 2.3 Macam Macam Las Tekan

No.	Pengelasan Tekan
1	Las titik
2	Las penampang
3	Las busur tekan
4	Las tekan
5	Las tumpul tekan
6	Las tekan gas
7	Las tempa
8	Las gesek
9	Las ledakan
10	Las induksi
11	Las ultrasonic

Sumber: (Siswanto dan Sofan, 2011)

Las busur gas dan fluks terdiri dari:

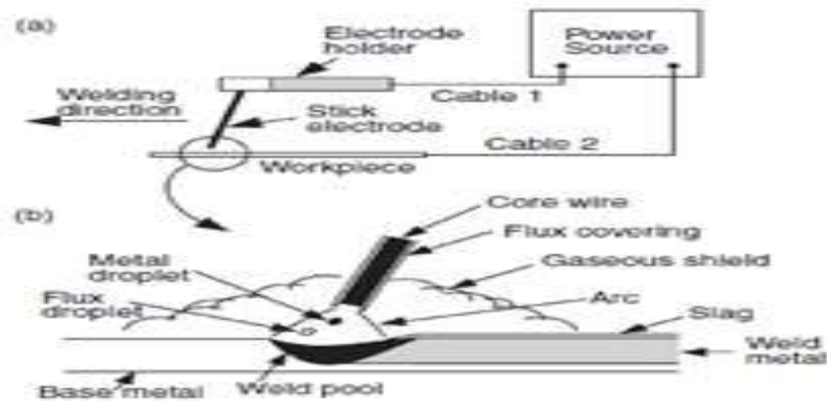
Tabel 2.4 Las Busur

No.	Las Busur Gas Dan Fluks
1	Las busur CO ₂ dengan elektroda berisi fluks
2	Las busur fluks
3	Las elektroda berisi fluks
4	las elektroda tertutup
5	las busur dengan elektroda berisi fluks
6	las busur terendam
7	las busur tanpa pelindung
8	elektroda tanpa terumpan
9	las TIG atau las wolfram gas

Sumber: (Siswanto dan Sofan, 2011)

Pematrian adalah cara pengelasan diman sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah, dalam hal ini logam induk tidak turut mencair. Pemotongan dengan cara memotong logam yang didasarkan atas mencairkan logam yang dipotong, cara yang banyak digunakan dalam pengelasan adalah pemotongan dengan gas oksigen dan pemotongan dengan busur listrik. (Siswanto dan sofan, 2011).

2.2.1 Pengertian Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)



Gambar 2.1. SMAW
 Sumber: (Suratman, 2001)

Pengelasan SMAW ialah proses pengelasan dengan mencairkan material dasar dengan menggunakan panas dari listrik antara penutup metal (elektroda). *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) merupakan suatu teknik pengelasan dengan menggunakan arus listrik yang Membentuk busur arus dan elektroda berselaput. Di dalam pengelasan SMAW ini terjadi gas pelindung ketika elektroda terselaput itu mencair, sehingga dalam proses ini tidak diperlukan tekanan/*pressure* gas *inert* untuk menghilangkan pengaruh oksigen atau udara yang dapat menyebabkan korosi atau gelembung-gelembung di dalam hasil pengelasan. Proses pengelasan terjadi karena adanya hambatan arus listrik yang mengalir diantara elektroda dan bahan las yang menimbulkan panas mencapai 3000°C , sehingga membuat elektroda dan bahan yang akan dilas mencair. (Sukaini, 2013).

Pada pembentukan busur elektroda keluar dari kutub negatif (katoda) dan mengalir dengan kecepatan tinggi ke kutub positif, dari kutub positif mengalir partikel positif (ion positif) ke kutub negatif. Melalui proses ini ruang udara dari katoda dan anoda (benda kerja dan elektroda) dibuat untuk menghantar

arus listrik (diionisasikan) dan dimungkinkan pembentuknya busur listrik, sebagai arah arus berlaku arah gerakan ion ion positif. Jika elektroda misalnya dihubungkan dengan kutub negatif sumber arus searah, maka arah arusnya dari benda ke elektroda. Setelah arus elektroda didekatkan pada lokasi, jalur sambungan disentuhkan dan diangkat kembali pada jarak yang pendek (garis tengah elektroda). (Siswanto dan Sofan, 2011).

Dengan penyentuhan singkat elektroda logam pada bagian benda kerja yang akan dilas, berlangsung hubungan singkat didalam rangkaian arus pengelasan dengan arus listrik berkekuatan tinggi mengalir yang setelah pengangkatan elektroda dari benda kerja menembus celah udara serta membentuk busur cahaya diantara elektroda dengan benda kerja dan terus mengalir. Suhu cahaya yang demikian tinggi akan segera melelehkan ujung elektroda dan lokasi pengelasan, didalam rentetan yang cepat partikel elektroda menetes yang akan mengisi penuh celah sambungan las dan akan membentuk kepompong las. Proses pengelasan itu sendiri erdiri atas hubungan singkat yang terjadi sangat cepat akibat pelelehan elektroda yang terus menerus. (Siswanto dan Sofan, 2011).

2.2.2 Mesin las listrik

Mesin las merupakan sumber tenaga yang memberi jenis tenaga listrik yang diperlukan serta tegangan yang cukup untuk terus melangsungkan suatu lengkung listrik las. (Siswanto dan sofan, 2011).

Antara jaringan dengan mesin las pada bengkel terdapa saklar pemutus, mesin las yang digunakan dengan motor cocok dipakai untuk pengerjaan lapangan atau pada bengkel yang tidak mempunyai jaringan listrik. Busur nyala terjadi apabila dbuat jarak antara elektroda dengan

benda kerja dan kabel massa dijepitkan ke benda kerja, begitu juga dengan mesin las listrik arus bolak balik. (Siswanto dan Sofan, 2011).

Mesin las listrik transformator arus bolak balik (AC) memerlukan sumber arus bolak balik dengan tegangan yang lebih rendah pada lengkung listrik. Keuntungan mesin las AC antara lain:

- a) Busur nyala kecil sehingga memperkecil kemungkinan timbulnya keropos pada ring ring las.
- b) Perlengkapan dan perawatan lebih murah.

Mesin las listrik arus searah (DC), mesin las ini mengubah arus listrik bolak balik (AC) yang masuk menjadi arus searah (DC) keluar. Pada mesin AC kabel massa dan kabel elektroda dapat ditukar tanpa mempengaruhi perubahan panas yang timbul pada busur nyala. Berikut keuntungan mesin las DC antara lain:

- a) Busur nyala stabil
- b) Dapat menggunakan elektroda berselaput dan tidak berselaput
- c) Dapat mengelas las tipis pada hubungan DCRP
- d) Dapat dipakai untuk mengelas pada tempat yang lembab dan sempit.

2.2.3 Besarnya kuat arus listrik

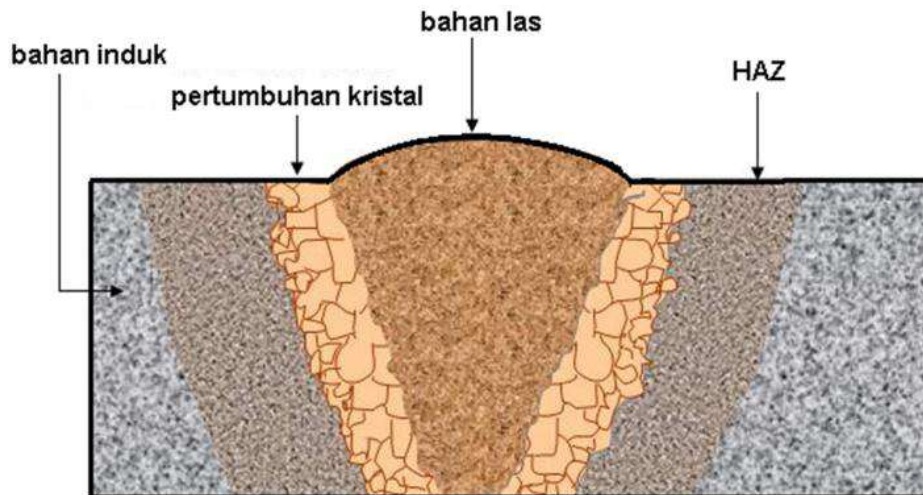
Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las, bila arus terlalu rendah akan mempersulit penyalaan busur las dan busur las yang keluar tidak stabil. Panas yang terjadi tidak sanggup melelehkan elektroda dan bahan dasar, sehingga hasilnya hanya merupakan rigi – rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan yang tidak dalam. (Siswanto dan Sofan, 2011).

Sebaliknya bila arus besar, elektroda akan mencair terlalu cepat dan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam. Besar arus pengelasan tergantung jenis kawat las yang dipakai, besarnya arus listrik untuk pengelasan tergantung pada ukuran diameter dan macam elektroda las. Pada prakteknya dipilih ampere pertengahan, Sebagai contoh untuk elektroda E 6010 ampere minimum dan maximum adalah 80 sampai dengan 120 ampere, ampere pertengahan 100 ampere. (Siswanto dan Sofan, 2011).

Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. (Siswanto dan Sofan, 2011). Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran kecil, penetrasi dalam, serta penguatan matrik las tinggi. (Suratman, 2001).

2.2.4 Daerah HAZ

Ketika proses pengelasan berlangsung, logam di dalam dan di sekeliling weld joint dipanaskan dengan suhu yang beragam, tergantung dari berapa jauh jaraknya dari weld joint.



Gambar 2.2. Daerah HAZ

Sumber : (Sukaini, 2013)

Karena pemanasan yang tidak merata, sifat-sifat logam seperti *strength*, *ductility*, *grain size* (besar butiran) dan sebagainya, di daerah pengelasan bisa terjadi perbedaan panas dengan daerah yang dipengaruhi oleh panas (HAZ=*heat affected zone*). (Sukaini, 2013).

Sebagaimana salah satu dari enam daerah didalam sambungan las adalah daerah terimbas/pengaruh panas atau *Heat Affected Zone* (HAZ). Walaupun tidak sampai mengalami pencairan, namun daerah ini telah mengalami suhu tertinggi diluar suhu pencairan, sehingga menyebabkan perubahan struktur mikro. Untuk bahan yang mengandung unsur karbon yang cukup tinggi dan pendinginan yang cukup cepat akan menghasilkan martensit pada permukaan baja yang bersifat keras dan getas.

Selama proses pengelasan, panas yang ditimbulkan dapat mengakibatkan sejumlah perubahan metalurgi pada logam sekitar las (daerah yang terkena pengaruh panas). Logam lasan (kampuh las) dan logam dasar disekitarnya akan terkena pengaruh panas serta logam cair

di bagian tengah lasan dan logam dasar yang jaraknya tidak terlalu jauh, sampai pada temperatur kamar. Semua logam akan memuai apabila dipanaskan dan mengkerut jika didinginkan, tetapi ini biasanya tidak memberi pengaruh yang merugikan. Namun demikian dalam kondisi tertentu, ini bisa mengakibatkan keretakan pada hasil lasan atau distorsi yang tidak diinginkan. (Sukaini, 2013).

2.2.5 Sambungan Las

Disaat pembuatan produk-produk pengelasan, penting untuk merencanakan material pengelasan dan sambungan-sambungan las secara hati-hati agar hasilnya sesuai dengan yang diharapkan, menampilkan fungsi-fungsi model perencanaan. Disaat merancang sebuah sambungan las, tentukan rencana rencana tersebut didalam format gambar. (Sukaini, 2013).

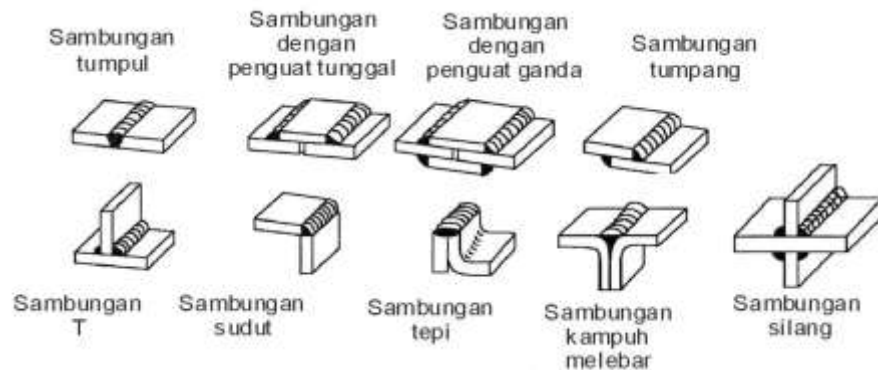
Retak-retak pada struktur las disebabkan karena material, prosedur pengelasan dan rencana yang kurang baik, dsb. Dari penyebab penyebab tersebut, rencana yang kurang baik menyebabkan hampir 50% keretakan. Perencanaan yang kurang baik yang menyebabkan retak, dapat disebabkan perhitungan kekuatan yang salah (perhitungan penentuan muatan dan tegangan), dan rencana struktur yang tidak tepat (jenis sambungan yang tidak tepat, garis bentuk yang terputus, dan material yang tidak tepat), dsb. Berikut ini adalah hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan dan yang harus diperhatikan ketika merancang sambungan. Yang harus diperhatikan ketika merancang/mendisain sambungan las :

1. Agar diantisipasi bahwa tegangan sisa dapat mempercepat retak rapuh, pilihlah material yang memiliki sifat mampu las dan kekuatan takik yang baik, gunakan disain yang mudah untuk dilas dan lakukan pengurangan tegangan.
2. Untuk menghasilkan sambungan dengan deformasi kecil dan tegangan sisa minimum, kurangi jumlah titik las dan jumlah endapan las.
3. Minimalkan bending momen pada tiap-tiap daerah las.
4. Hindari disain sambungan las dimana terjadi konsentrasi garis las, berdekatan satu sama lain atau berpotongan satu sama lain.
5. Untuk mencegah konsentrasi tegangan, hindari struktur yang terpotong/terputus, perubahan tajam pada bentuk-bentuk tertentu, dan takik-takik.
6. Pilihlah metode pemeriksaan dan kriteria cacat las yang dapat diterima, karena cacat las menyebabkan konsentrasi tegangan.

Pembuatan struktur las meliputi proses pemotongan material sesuai ukuran, melengkungkannya, dan menyambungkannya satu sama lain. Tiap-tiap daerah yang disambung disebut sambungan.

Terdapat beberapa variasi sambungan las sebagai pilihan berdasarkan ketebalan dan kualitas material, metode pengelasan, bentuk struktur dsb. Berdasarkan bentuknya, sambungan las diklasifikasikan antara lain sambungan tumpul, sambungan dengan penguat tunggal, sambungan dengan penguat ganda, sambungan tumpang, sambungan T, sambungan sudut, sambungan tepi, sambungan kampuh melebar dan

sambungan bentuk silang. Sambungan-sambungan kampuh las dapat juga diklasifikasikan berdasarkan metode pengelasan, antara lain las tumpul, las sudut, las tepi, las lubang, dan lain-lain.



Gambar 2.3. Macam Macam Sambungan

Sumber: (Sukaini, 2013)

2.2.6 Bentuk dan sudut kampuh

Pembuatan persiapan las dapat dilakukan dengan beberapa teknik, tergantung bentuk sambungan dan kampuh las yang akan dikerjakan. Teknik yang biasa dilakukan dalam membuat persiapan las, khususnya untuk sambungan tumpul dilakukan dengan mesin atau alat pemotong oksigen asetilen (brander potong). Mesin pemotong oksigen asetilen lurus (*Straight Cutting Machine*) dipakai untuk pemotongan pelat, terutama untuk kampuh-kampuh las yang di bevel, seperti kampuh V atau X, sedang untuk membuat persiapan pada pipa dapat dipakai Mesin pemotong oksigen asetilen lingkaran (brander potong). (Sukaini, 2013).

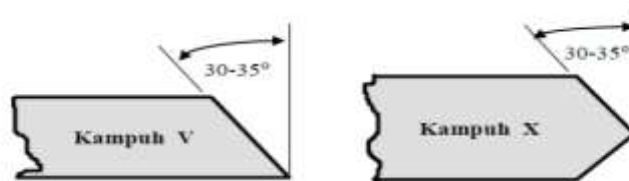
Namun untuk keperluan sambungan sudut yang tidak memerlukan kampuh las dapat digunakan mesin potong pelat (guletin) berkemampuan besar, seperti *Hidrolic Shearing Machine*. Adapun pada sambungan tumpul perlu persiapan yang lebih teliti, karena tiap kampuh las

mempunyai ketentuan-ketentuan tersendiri, kecuali kampuh I yang tidak memerlukan persiapan kampuh las, sehingga cukup dipotong lurus saja.

a. Kampuh - V dan X (Single Vee dan Double Vee)

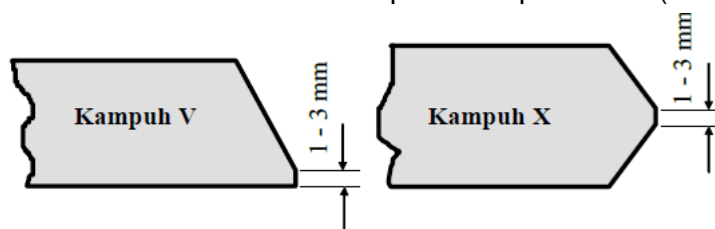
Untuk membuat kampuh - V dilakukan dengan langkah langkah sebagai berikut:

1. Potong sisi pelat dengan sudut (*bevel*) antara 30° - 35° dengan menggunakan pemotong oksi asetilen lurus (*Straight Cutting Machine*).



Gambar 2.4. Kampuh V dan X Tanpa Root

2. Buat "root face" selebar 1 - 2 mm secara merata dengan menggunakan mesin gerinda dan atau kikir rata. Kesamaan tebal / lebar permukaan "root face" akan menentukan hasil penetrasi pada akar (*root*).



Gambar 2.5. Kampuh V dan X Dengan Root

b. Kampuh U dan J

Pembuatan kampuh U dan J dapat dilakukan dengan dua cara:

1. Melanjutkan pembuatan kampuh V (*Single Vee*) dengan mesin gerinda sehingga menjadi kampuh U atau J.

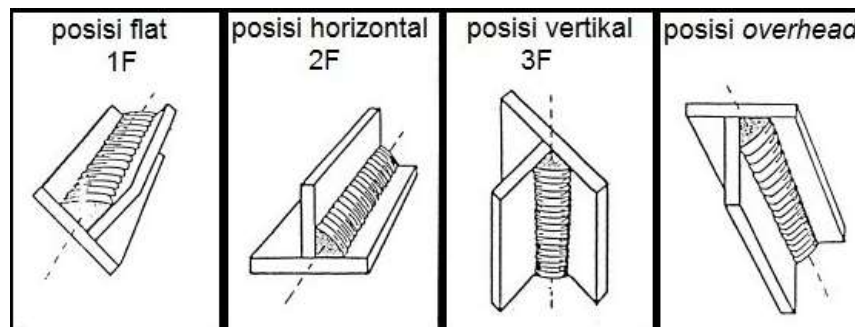
2. Dibuat dengan menggunakan teknik "las potong/gas gouging", kemudian dilanjutkan dengan gerinda dan atau kikir.

2.2.7 Posisi – Posisi Dalam Pengelasan

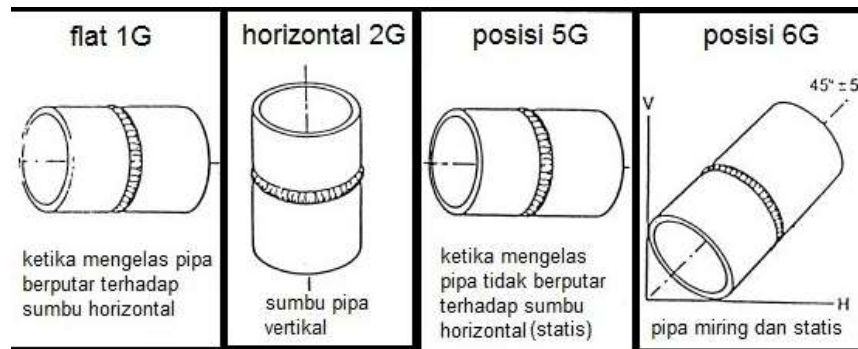
Penempatan benda kerja sesuai dengan permintaan, dalam hal ini adalah menyesuaikan posisi pengelasan. Diantaranya adalah :

- a. 1F, 2F, 3F, 4F.
- b. 1G, 2G, 3G, 4G.
- c. 1G, 2G, 5G, 6G (pada pengelasan pipa).

Posisi pengelasan dengan kode F adalah pengelasan pada sambungan *Fillet* (pada sambungan las yang tidak menggunakan *Groove* / kampu), sedangkan pada kode G adalah pengelasan pada sambungan yang menggunakan kampu / *Groove*.

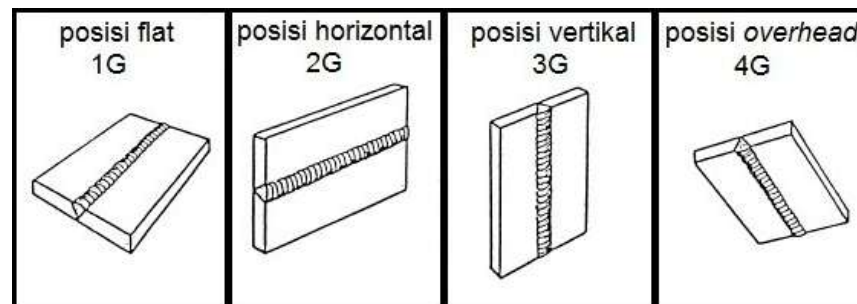


Gambar 2.7. Posisi Pengelasan Fillet



Gambar 2.8. Posisi Pengelasan Untuk Pipa

Sumber: (Sukaini, 2013)



Gambar 2.9. Posisi Pengelasan Groove

Sumber: (Sukaini, 2013)

2.3 Pengertian Uji Kekerasan

Pada pengujian kekerasan Rockwell, angka – angka kekerasan yang diperoleh merupakan fungsi dari kedalaman indentasi pada spesimen akibat pembebanan statis. Pada pengujian dengan metode Rockwell dapat digunakan dua bentuk indenter, yaitu berbentuk bola baja yang dikeraskan dengan berbagai diameter dan berbentuk kerucut intan (*diamond cone*). Beban yang diberikan pada satu indentasi disesuaikan dengan bentuk dan dimensi indenter, pengujian ini banyak dilakukan di industri karena pelaksanaannya lebih cepat, dimana angka kekerasan specimen uji dapat dibaca langsung dari dial mesin. (ITS, 2006).

Prosedur pengujian kekerasan Rockwell dilakukan dengan melakukan indentor dengan beban awal 10 kg, yang menyebabkan kedalaman indentasi H, jarum penunjuk diset pada angka 0 skala hitam, kemudian beban mayor diberikan.

Angka kekerasan Rockwell tidak bersatuan, tetapi didahului dengan satu huruf depan seperti pada tabel 1 yang menyatakan kondisi pengujian. Angka skala pada mesin terdiri dari dua macam skala, yaitu merah dan hitam, berbeda 30 angka kekerasan. Skala Rockwell terbagi 100 divisi, dimana setiap divisi sebanding dengan kedalaman indentasi 0,002 mm. (ITS, 2006).

Tabel 2.5 Skala Uji Kekerasan Rockwell

Skala dan Huruf Depan	Indentor	Beban Mayor	Skala yang dibaca
	Group I		
B	Bola 1/16"	100	Merah
C	Kerucut intan	150	Hitam
	Group II		
A	Kerucut intan	60	Hitam
D	Kerucut intan	60	Hitam
E	Bola 1/8"	100	Merah
F	Bola 1/16"	60	Merah
G	Bola 1/16"	150	Merah
H	Bola 1/8"	60	Merah
K	Bola 1/6"	150	Merah
	Group III		
L	Bola 1/4"	60	Merah
M	Bola 1/4"	100	Merah
P	Bola 1/4"	150	Merah
R	Bola 1/2"	100	Merah
S	Bola 1/2"	100	Merah
V	Bola 1/2"	150	Merah

Dari tabel tersebut diatas terlihat bahwa skala merah untuk indentor bola, sedangkan skala hitam untuk indentor kerucut intan. Disamping itu dari berbagai skala Rockwell skala B dan C yang banyak digunakan untuk logam lunak, seperti kuningan, bronze, dan logam yang kekerasannya sedang seperti

baja karbon rendah, baja karbon sedang yang dianneal. Rockwell skala C digunakan untuk material yang kekerasannya di atas 100 pada skala B. Daerah kerja skala C di atas 20. Baja yang terkeras sekitar $R_C = 70$. (ITS, 2006).

2.4 Pengertian Uji Metalografi

Sifat mekanik tidak hanya tergantung pada komposisi kimia suatu paduan, tapi juga tergantung pada struktur mikronya. Suatu paduan dengan komposisi kimia yang sama dapat memiliki struktur mikro yang berbeda dan sifat mekaniknya pun akan berbeda. (ITS, 2006).

Untuk dapat melihat struktur mikro suatu material maka diperlukan mikroskop dengan perbesaran yang tinggi, yaitu sampai 1000 kali. Struktur mikro adalah gambar atau konfigurasi distribusi fase – fase, yang apabila diamati menggunakan mikroskop akan dapat dipelajari antara lain :

1. Type fase

Mewakili nama khas pada logam tertentu misalnya pada besi dapat berupa ferrit, perlit, eutectoid dan sebagainya.

2. Ukuran butiran

Mewakili dimensi dari fase dibandingkan dengan dimensi lainnya, misalnya ukuran grafit dan ukuran butiran.

3. Distribusi

Mewakili daerah penyebaran masing – masing fase dan diantara luasan yang menjadi pengamatan dalam sample tersebut.

4. Orientasi

Melalui pengujian metalografi maka dapat dilihat dan dianalisa struktur mikronya kemudian dapat dikaitkan dengan sifat material tersebut.

Pembentukan struktur mikro erat kaitannya dengan proses pembuatan material tersebut, meliputi pemberian paduan dan perlakuan lanjut seperti perlakuan panas.