

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Pengelasan

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua buah logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Pengelasan merupakan bagian tak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan industri karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan produksi logam. Pada proses penyambungan logam, sering kali dilakukan dengan posisi tertentu untuk mengikuti perencanaan serta perencanaan konstruksi yang akan dilas. Pengaplikasiannya dalam kehidupan sehari-hari sering kita menemukan pengelasan yang dilakukan pada lantai, dinding maupun langit-langit konstruksi.

Dari beberapa keadaan tersebut, maka dalam pengelasan ada penggolongan posisi pengelasan yaitu 1F,1G,2F,2G,3F,3G,4F,4G, pipa 1G, pipa 2G, pipa 5G, pipa 6G. dari penggolongan tersebut pada dasarnya posisi pengelasan secara garis besar di golongkan pada posisi *down hand*, *horizontal*, *vertical*, dan *over head*. Terlebih lagi pada proses pengelasan berkelanjutan yaitu suatu konstruksi perlu pengelasan yang berurutan yang cepat dengan posisi yang berbeda-beda. Dengan adanya keharusan posisi tersebut, maka akan memberikan hasil yang berbeda terhadap kekuatan dan kekerasan tarik hasil lasan (Cary, 1980).

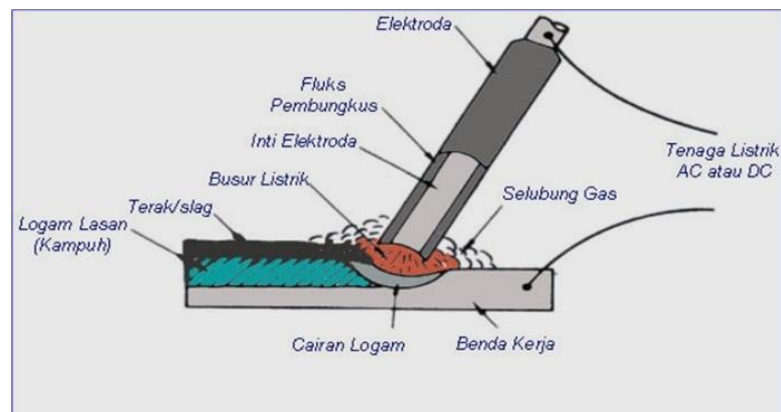
2.1.2 Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW)

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa *fluks*. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kumpuh las.

Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi

dengan butiran yang halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan *fluks* yang digunakan. Bahan *fluks* yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.

Las busur listrik elektroda terlindung atau lebih dikenal dengan SMAW (Shield Metal Arc Welding) merupakan pengelasan menggunakan busur nyala listrik sebagai panas pencair logam. Busur listrik terbentuk diantara elektroda terlindung dan logam induk seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 karena panas dari busur listrik maka logam induk dan ujung elektroda mencair dan membeku bersama (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2.1 Las busur elektroda terlindung

2.1.3 Pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW/MIG)

Jenis pengelasan berikutnya adalah Gas Metal Arc Welding (GMAW). Ada dua macam pengelasan jenis ini yaitu MIG (Metal Inert Gas) dan MAG (Metal Active Gas). Perbedaan keduanya adalah pada gas yang digunakan dalam proses pengelasan. Proses MIG memakai gas mulia saja seperti Argon, Helium, sedangkan MAG menggunakan gas CO₂ atau campuran dengan Argon.

2.1.4 Pengelasan Submerged Arc Welding (SAW)

Pengelasan *Submerged Arc Welding* (SAW). Busur listrik dan logam cair dilindungi oleh fluks cair dan lapisan partikel fluks yg berbentuk *granular*. Proses

pengoperasiannya dilakukan secara mekanik bila posisi pengelasan *flat* dan semi otomatis bila pekerjaan memerlukan kualitas las yang konsisten.

2.1.5 Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW/TIG)

Pengelasan selanjutnya yang cukup populer adalah Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) atau sering disebut Tungsten Inert Gas (TIG). Dalam proses pengelasan ini, elektroda yang digunakan (tungsten) tidak ikut melebur, yang melebur hanya bahan pengisi (filler) yang biasa disebut welding rod. Proses pengelasan GTAW pada umumnya menggunakan pengaturan arus secara DCSP (DCEN/ direct current electrode negative) untuk material CS, SS, Ti. Sedangkan untuk pengelasan pengelasan Aluminium, magnesium menggunakan DCEP (direct current electrode positive). Gas yang digunakan adalah gas mulia; argon, helium atau campuran argon dan helium.

2.1.6 Pengelasan Flux Core Arc Welding (FCAW)

Pengelasan FCAW hampir sama dengan proses pengelasan GMAW. Proses pengelasan FCAW menggunakan elektroda berinti sebagai pengganti *solid electrode* dan digunakan untuk menyambung logam *ferrous*. Inti logam dapat mengandung mineral, serbuk paduan besi dan material yang dapat berfungsi.

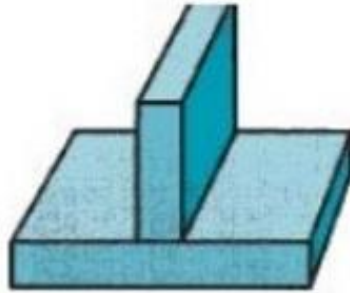
2.2 Jenis Sambungan Las

Pengelasan saat ini sudah banyak digunakan pada berbagai jenis industri dan proses manufaktur. Dalam proses pengelasan perlunya pemahaman dalam proses pengelasan khususnya memahami jenis-jenis sambungan pada proses pengelasan. Jenis sambungan pada pengelasan disesuaikan dengan jenis pekerjaan dan aplikasi dari sambungan las itu sendiri. Berikut ini merupakan jenis-jenis sambungan las :

2.2.1 Sambungan T (Tee Joint)

Sambungan *T* adalah sambungan las yang dibuat dengan memotong dua bagian pada sudut 90° dan satu bagian yang terletak di tengah-tengah bagian

lainnya secara tegak lurus. Adapun gambar dari jenis sambungan T (Tee Joint) dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Jenis sambungan T(Tee joint)

2.2.2 Sambungan Tumpul (Butt Joint)

Butt Joint adalah sambungan yang dibentuk dengan menempatkan ujung pada kedua bagian. Dalam sambungan las butt joint, kedua bagian terletak pada bidang yang sama atau saling berdampingan. Sambungan las jenis ini adalah sambungan paling sederhana yang digunakan untuk menyatukan bagian logam. Adapun gambar dari jenis sambungan Tumpul (Butt Joint) dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.

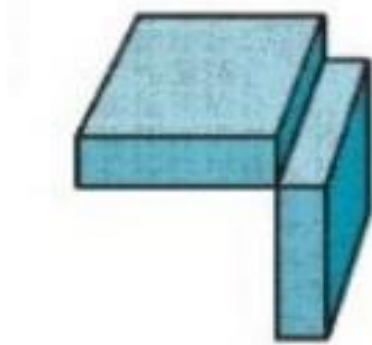


Gambar 2.3 Jenis Sambungan Tumpul (Butt Joint)

2.2.3 Sambungan Sudut (Corner Joint)

Corner Joint adalah sambungan yang dibentuk dengan menempatkan sudut pada dua bagian yang akan dilas dengan sambungan sudut yang membentuk

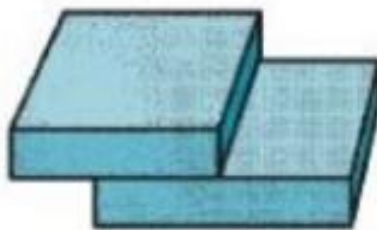
huruf L. Adapun gambar dari jenis sambungan Sudut (Corner Joint) dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Jenis Sambungan Sudut (corner joint)

2.2.4 Sambungan Tumpang (Lap Joint)

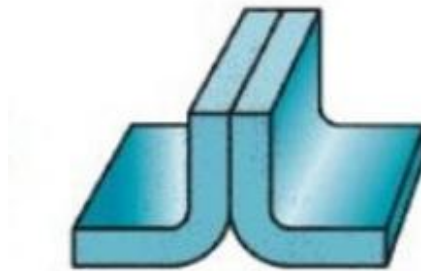
Lap Joint adalah sambungan las yang terbentuk pada bagian yang ditempatkan satu di atas bagian yang lain (tumpang tindih). Sambungan las lap joint dapat dilas pada salah satu sisi saja atau pada kedua sisi untuk kekuatan yang lebih baik. Jenis sambungan las ini sebagian besar digunakan untuk menggabungkan dua bagian dengan ketebalan yang berbeda. Adapun gambar dari jenis sambungan Tumpang (Lap Joint) dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Jenis Sambungan Tumpang (Lap joint)

2.2.5 Sambungan Sisi (Edge Joint)

Edge Joint adalah jenis Sambungan las yang digunakan untuk menggabungkan bersama dua atau lebih bagian yang ditempatkan secara paralel. Bagian-bagian tersebut juga dapat sejajar atau dapat memiliki *flensing edge*. Proses pengelasan *Edge Joint* ini mengelas tepi yang sama dari dua bagian. pada sambungan las *edge joint* sambungan tidak cukup kuat karena lasan tidak sepenuhnya menembus ketebalan pada sambungan. Jadi sebagian besar jenis sambungan ini digunakan untuk menggabungkan tepi lembaran logam atau muffler, atau pada aplikasi tekanan rendah lainnya. Untuk memperkuat pelat hasil pengelasan, pada proses pengelasan dapat menambahkan logam pengisi. Adapun gambar dari jenis sambungan Sisi (Edge Joint) dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Jenis Sambungan Sisi (edge joint)

2.3 Pemilihan Elektroda

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las atau elektroda yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan dari campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (fluks) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari fluks adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara atau menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur dan sebagai sumber paduan. Sifat mampu las fluks ini sangat baik maka biasa digunakan untuk konstruksi yang memerlukan tingkat pengaman tinggi. (Arifin, 1997).

Penggunaan elektroda pada metode SMAW mempunyai perbedaan yang banyak dari mulai jenis fluks dan kawat las. Dan juga diameter yang dimiliki oleh elektroda jenisnya bervariasi dimulai dengan diameter 1,6 mm sampai 8 mm, selain itu panjangnya juga bervariasi dimulai 230 mm sampai 455 mm. Elektroda las tidak hanya merupakan kawat logam tetapi juga dilindungi atau diselimuti oleh fluks. Pada saat pengelasan fluks dari logam induk dan kawat las.

Fluks yang dibuat menyelimuti kawat las memiliki beberapa fungsi, diantaranya :

1. Penghasil gas (CO_2) yang berasal dari pembakaran *fluks*, yang berfungsi melindungi busur listrik dan kubangan logam las dari lingkungan atmosfer.
2. *Deoxidizer* (mengikat gas O_2 yang ikut terlarut dalam cairan logam)
3. Pembentuk terak (slag), yang melindungi logam las beku dari oksidasi dan membantu membentuk manik las.

Unsur-unsur paduan, yang memberikan perbaikan sifat tertentu pada logam las.

1. Unsur-unsur pembentuk ion-ion, yang membuat busur listrik lebih stabil dan mampu beroperasi dengan penggunaan arus AC.
2. Meningkatkan produktivitas pengelasan (misalnya pada fluks yang mengandung serbuk besi).

Elektroda ini sangat cocok dipakai untuk mengelas baja-baja yang diselang kekuatannya cukup lebar (bisa dikatakan aplikasinya lebih luas dari seri (E60XX). Tipe-tipe seperti E6011, E6012, E7014 dan E7018 merupakan jenis elektroda pelindung berhidrogen rendah dan mungkin untuk digunakan dalam situasi dimana retak akibat hidrogen mungkin terjadi.

Sifat-sifat umum Kawat las jenis E60XX masih terdapat perbedaan dalam segi kegunaan dan sifat kerjanya. Kawat las ini bisa digunakan pada semua posisi dengan arus las AC atau DC. Karena rigi-rigi lasan yang dialami sangat bagus memiliki bentuk yang mulus dan datar (flat), teraknya mudah dibuang, dan busurnya bias diatur dengan mudah, terlebih pada kawat las yang diameternya kecil misalnya 1,5mm, 2mm, dan 2,5mm. Kecilnya diameter kawat las ini memungkinkan pemakaian dengan tegangan busur yang lebih rendah.

Penggunaan kawat las E60XX lebih dianjurkan untuk pengelasan pelat-pelat pada ketebalan maksimum 10mm, menggunakan busur rendah bersifat mekanik lebih baik.

2.3.1 Jenis-Jenis Elektroda

Berdasarkan standar yang sudah dibuat terdapat empat jenis elektroda Shield Metal Arc Welding:

1. Elektroda *Selulosa*

Elektroda *selulosa* memiliki lapisan yang mengandung material organik dengan jumlah yang besar. Material organik yang biasa digunakan adalah selulosa (penggunaannya lebih dari 30% berat lapisan). Selain selulosa ada material organik lain yang bisa digunakan. Material organik tersebut seperti tepung kayu, arang kayu, katun, kanji, dan getah. Menurut American Welding Society (AWS), elektroda selulosa diklasifikasikan dengan kode E6010. Komposisinya yakni selulosa 40%, TiO_2 25%, MgSiO_3 20%, Fe-Mn yang diikat dengan sodium atau potassium silicate 15%. Aplikasi elektroda jenis ini antara lain untuk pengelasan baja karbon secara umum dan pengelasan pipa.

2. Elektroda *Rutile*

Elektroda *rutile* memiliki lapisan dengan kandungan utama titanium oxide (TiO_2). Kandungan tersebut baik untuk pembentukan *slag* dan menstabilkan busur las. Menurut AWS, elektroda *rutile* diklasifikasikan dengan kode E6012 dan E6013. Komposisi elektroda jenis ini yaitu selulosa 4%, TiO_2 50%, CaCO_3 10%, SiO_2 6%, Mica 20%, Fe-Mn yang diikat dengan sodium atau potassium silicate 10%. Aplikasi elektroda *rutile* antara lain untuk pengelasan baja karbon secara umum.

3. Elektroda *Iron Oxide*

Elektroda *iron-oxide* memiliki lapisan dengan kandungan iron-oxide dan silikat (silikat terkadang ditambah dengan manganese oxide). Pengelasan yang dihasilkan tergolong lunak dan berkekuatan rendah. Menurut AWS, elektroda ironoxide diklasifikasikan dengan kode E6020. Komposisinya yakni ironoxide,

iron carbonate, dan manganese dengan mineral silikat beserta ferro-manganese. Manik-manik yang dihasilkan dengan menggunakan iron-oxide terlihat lebih baik. Akan tetapi aplikasi elektroda dengan pelindung iron-oxide sangat terbatas.

4. Elektroda Basic (basa)

Elektroda basa memiliki lapisan dengan kandungan calcium carbonate dan calcium fluoride sebagai pengikat dan deoxidant. Pengelasan menggunakan elektroda ini menghasilkan slag basa yang agak cair. Slag yang telah beku menjadi keras dan nampak seperti kaca berwarna coklat. Pembentukan gas pelindung pada elektroda jenis ini tergolong lambat. Oleh karena itu anda harus menjaga jarak busur agar selalu pendek. Menurut AWS, elektroda basa diklasifikasikan dengan kode E7015 dan E7016. Komposisi elektroda basa yaitu CaCO_3 60%; CaF_2 30%; Fe-Mn 2,5%; Fe-Si 4%; Fe-Ti yang diikat dengan sodium atau potassium silicate sebesar 2,5%. Aplikasinya antara lain untuk mengelas baja berkekuatan tinggi, mengelas struktur kapal yang kritis, dan mengelas baja yang digunakan pada suhu di bawah nol.

2.3.2 Elektroda Yang Digunakan

Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas (Alip, 1989). Standar yang umum dipakai adalah standar yang ditentukan oleh AWS (American Welding Society), yang merupakan badan pengelasan resmi di Amerika Serikat.

Standar yang ditetapkan oleh badan ini telah diakui secara luas dan dipergunakan sebagai standar pengelasan di berbagai negara.

Badan ini mengeluarkan standar yang dinyatakan dengan tanda E XXXX yang berarti :

E : merujuk pada keterangan kawat las listrik alias elektroda, XX (dua angka pertama) merujuk pada kekuatan tarik dari kawat las yang dinyatakan dalam satuan kilo pound per square inch atau Ksi. Satuan ini juga sering dinyatakan dalam lb/in^2

X (angka ketiga) merujuk pada posisi pengelasan yang bisa dilakukan dengan elektroda tersebut. Angka 1 menunjukkan penggunaan pada semua posisi,

angka 2 menunjukkan bahwa kawat las tersebut dapat dipakai pada posisi datar dan horizontal dan angka 3 menunjukkan bahwa kawat las tersebut hanya dapat dipakai pada posisi flat saja, X (angka keempat) merujuk pada jenis pelapis dan arus yang dipergunakan pada elektroda tersebut, Jenis kawat las E7018, artinya:

- E : Elektroda,
- 70 : kekuatan tarik 70000 Psi,
- 1 : digunakan semua posisi (datar, horisontal, vertikal dan overhead)
- 8 : penetrasi las sedang, daya AC/DC, kandungan selaputnya serbuk besi 25%-40%, hidrogen rendah.

Dengan kekuatan tarik yang cukup kuat sebesar 70000 Psi (70 kgf/mm²), elektroda (kawat las) jenis E70xx banyak diaplikasikan untuk pengelasan pipa bertekanan (pressure pipe), *furnace* (tungku), konstruksi dan lain-lain.

Spesifikasi tersebut berlaku untuk penggunaan pengelasan pada *Mild Steel* sementara untuk spesifikasi atau standar untuk proses pengelasan yang lain seperti untuk *Low Alloy Steel* dan juga untuk *Stainless Steel* memiliki berbagai kode tambahan lagi di belakang kode standar yang telah disebutkan diatas. Adapun tabel spesifikasi arus menurut tipe elektroda dan diameter dari elektroda dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

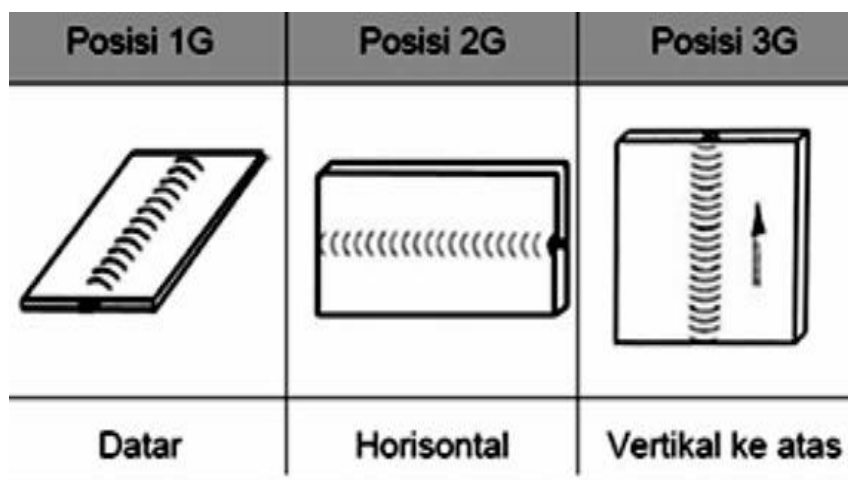
Tabel 2.1 Spesifikasi arus menurut tipe elektroda dan diameter dari Elektroda

Diameter	Tipe Elektroda dan Amper Yang Digunakan			
	E 309-16	E 309L-16	E 309LMo-16	E 309Nb-16
2,0	50 – 70	35 – 80	35 – 80	35 – 80
2.6	70 – 110	65 – 100	65 – 100	65 – 100
3.2	110 – 130	80 – 125	80 – 125	80 – 125
4,0	120 – 150	120 – 170	120 – 170	120 – 170
5,0	160 – 210	160 – 210	160 – 210	160 – 210

Elektroda yang di pakai juga dalam pengelasan baja karbon rendah. Standart Internasional untuk elektroda ini sudah di atur dalam Standar yang umum dipakai adalah standar yang ditentukan oleh AWS (American Welding Society), yang merupakan badan pengelasan resmi di Amerika Serikat.

2.4 Posisi Pengelasan

Pada proses penyambungan logam, sering sekali dilakukan dengan posisi tertentu untuk mengikuti perencanaan serta perancangan kontruksi yang akan dilas. Pada pengaplikasiannya dalam kehidupan sehari-hari sering kita menemukan pengelasan yang dilakukan pada lantai, dinding maupun langit-langit kontruksi. Dari beberapa keadaan tersebut, maka dalam pengelasan ada penggolongan posisi dalam pengelasan. Posisi pengelasan tersebut adalah 1F,1G, 2F, 2G, 3F, 3G, 4F, 4G, pipa 1G, pipa 2G, pipa 5G, pipa 6G. Dari penggolongan tersebut pada dasarnya posisi pengelasan secara garis besar digolongkan pada posisi *down hand*, *horizontal*, *vertical*, dan *overhead*. Terlebih lagi pada proses pengelasan berkelanjutan yaitu suatu kontruksi memerlukan pengelasan yang berurutan yang cepat dengan posisi yang berbeda-beda. Dengan adanya keharusan posisi tersebut, maka akan memberikan hasil yang berbeda terhadap kekuatan dan kekerasan hasil lasan (Cary ,1980). Posisi pengelasan dapat diartikan sebagai posisi seorang juru las terhadap benda yang dilas (Sunaryo, 2008). Adapun gambar posisi pengelasan 1g, 2g, 3g dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 Posisi pengelasan 1G, 2G, dan 3G

2.4.1 Posisi pengelasan 1G

Posisi pengelasan 1G merupakan posisi yang paling mudah dalam melakukan pengelasan, dimana posisi benda kerja berada di bawah juru las. Dari kemudahan itu, juru las berusaha agar sebisa mungkin semua pengelasan dilakukan dengan posisi ini. Dengan kemudahan ini, hasil pengelasan pada posisi 1G cenderung lebih baik daripada posisi pengelasan lainnya dari segi visual, tetapi belum tentu lebih baik dari segi sifat mekanik. Cacat las yang tampak secara visual (mata telanjang) hampir tidak ada. Nyaris tidak ditemukan adanya takikan pada celah *bead*, tumpukan alur akibat penggantian elektroda yang salah, maupun percikan elektroda pada samping lasan akibat arus terlalu besar. Penembusan juga relatif baik dengan meratanya logam las yang menembus celah alur

2.4.2 Posisi pengelasan 2G

Posisi pengelasan 2G adalah posisi dimana posisi benda kerja yang horizontal terhadap juru las. Untuk melakukan pengelasan, elektroda digerakkan secara *horizontal*. Posisi ini sangat dipengaruhi oleh gaya gravitasi yang menyebabkan melubernya logam cair ke bawah, sehingga teknik pengelasannya berbeda dengan yang lain. Untuk mengatasi melubernya logam cair itu, pengelasannya dilakukan secara bertumpuk, begitu juga pada pengelasan pada penelitian ini. Pada hasil lasan yang telah dilakukan, terdapat 3 tingkat logam lasan yang saling menumpuk. Tumpukan logam itu bertujuan agar saling tindih dan mengurangi pelubangan logam cair akibat gaya gravitasi. Karena *layer* pada akhir lasan posisi 2G harus dilas beberapa kali, maka panas yang masuk relatif lebih besar dibanding posisi yang lain. Besar panas yang masuk akan mempengaruhi sifat mekanis dan struktur mikro lasan.

2.5 Kuat Arus Pengelasan

Besarnya aliran listrik yang keluar dari mesin las disebut dengan arus pengelasan. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang di gunakan dalam pengelasan, Arus listrik yang mempunyai arus besar ini adalah menimbulkan bunga api pada elektroda las yang

berhubungan dengan bagian yang akan disambung (dilas) sehingga terjadilah panas yang tinggi untuk melelehkan logam (Daryanto, 1982: 54). Sumber arus pada mesin las listrik adalah arus bolak-balik (AC), arus searah (DC) atau juga bisa AC-DC. Mesin las AC mesin yang dibutuhkan adalah arus listrik dari PLN. Kelebihan menggunakan mesin las AC adalah perlengkapan yang relatif lebih murah, nyala busur kecil sehingga mengurangi timbulnya keropos pada rigi-rigi las.

Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk, makin tinggi arus las maka makin besar penembusan dan kecepatannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil pengelasan, bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil, Arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda yang digunakan, tebal benda kerja, jenis elektroda yang digunakan, geometri sambungan dan posisi pengelasan. Adapun tabel hubungan diameter dan arus pengelasan dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Hubungan Diameter dan Arus Pengelasan

Diameter Kawat Las (mm)	Arus Las Parameter (Amper)
1.6	24-45
2.0	50-75
2.6	75-100
3.25	95-130
4.0	135-180
5.0	155-240

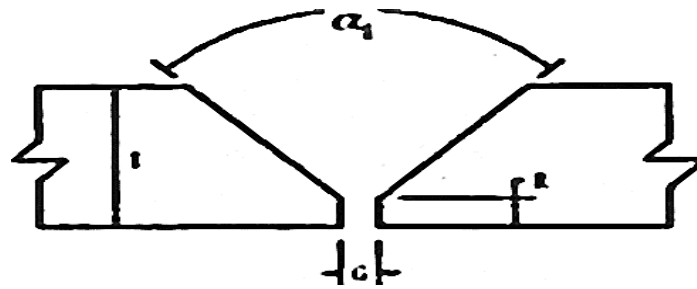
Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan pada logam induk kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta matrik las tinggi (Arifin, 1997). Untuk pengelasan pada daerah las yang mempunyai daya serap

kapasitas panas yang tinggi diperlukan arus listrik yang besar dan mungkin juga diperlukan tambahan panas. Sedangkan untuk pengelasan baja paduan, yang daerah HAZ nya dapat mengeras dengan mudah akibat pendinginan yang terlalu cepat, maka untuk menahan pendinginan ini diberikan masukan panas yang tinggi yaitu dengan arus pengelasan yang besar. Pengaturan besar kecilnya arus dilakukan dengan cara memutar tombol pengatur arus. Besar arus yang digunakan dapat dilihat pada skala yang ditunjukkan oleh amper meter pada mesin las. Pada masing-masing mesin las, arus minimum dan arus maksimum yang dapat dicapai berbeda-beda, umumnya berkisar antara 100 amper sampai 600 amper.

2.6 Kampuh Pengelasan

Kekuatan sambungan yang tinggi membutuhkan penembusan atau penetrasi yang cukup yang dihasilkan dari masukan panas las. Pada dasarnya besar kuat arus yang tinggi akan menyebabkan terjadinya penembusan las yang semakin besar, karena dengan adanya penembusan yang besar mengakibatkan las bagian dalam semakin besar. Apabila las bagian dalam besar maka las bagian luar akan lebih semakin besar, sehingga berpengaruh besar pula terhadap kekuatan hasil pengelasan. Agar sambungan antara dua bagian logam memiliki mutu yang baik diperlukan suatu pengelasan yang tepat dan sambungan serta bentuk kampuh las yang sesuai dengan kegunaan dari hasil lasan tersebut.

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien (Wiryosumarto, 2000). Bentuk alur sambungan tumpul sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan sambungan dan jaminan sambungan. Pemilihan besar sudut pada alur sangat penting, pada dasarnya pemilihan sudut alur pada bentuk sambungan kampuh V ini harus menuju kepada penurunan masukan panas dan penurunan logam las sampai kepada harga terendah yang tidak menurunkan mutu sambungan. Besar sudut sambungan akan mempengaruhi masukan panas yang selanjutnya berpengaruh pada siklus termal. Adapun gambar dari bentuk dan ukuran sambungan las tumpul dengan alur kampuh V dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Bentuk dan ukuran sambungan las tumpul dengan alur kampuh V

Keterangan :

R = kaki akar = 2mm

G = celah akar = 6mm

αt = sudut alur = 60°

t = tebal = 6mm

Kampuh las dapat dipersiapkan dengan proses pemesinan atau pemotongan panas lainnya. Metode pemotongan panas yang dapat dipakai meliputi: pemotongan gas, pemotongan busur plasma, pemotongan busur udara, pemotongan laser, dan sebagainya. Pada penelitian ini penulis akan menggunakan jenis sambungan alur berbentuk V tunggal karena pemilihan bentuk alur kampuh tersebut berdasarkan ketentuan dari ketebalan bahan, elektroda dan sebagainya.

2.7 Baja Karbon

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1% berat sesuai tingkatannya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (crystal lattice) atom besi. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (manganese), krom (chromium), vanadium, dan tungsten (Tarkono dkk., 2012). Baja karbon adalah paduan besi karbon di mana unsur karbon sangat menentukan sifatnya, sedangkan unsur-unsur paduan lainnya yang biasa terkandung di dalamnya terjadi

karena proses pembuatannya. Sifat baja karbon biasa ditentukan oleh persentase karbon dan mikrostruktur.

Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya, yaitu baja karbon rendah disebut baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas, bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah kurang dari 0,3%. Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3-0,6% dan memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon tinggi mengandung karbon 0,6-1,5%, dibuat dengan cara digiling panas.

2.7.1 Klasifikasi Baja Karbon

Klasifikasi dari baja karbon menyebutkan bahwa dari beberapa jenis baja karbon yang mempunyai sifat *weld ability* yang sangat baik ialah baja karbon rendah. Dari dua faktor itu terdapat *harden ability* maupun kepekaan pada keretakan. Apabila baja karbon rendah dilas dengan menggunakan elektroda yang berjenis baja karbon juga maka akan menghasilkan nilai kekerasan yang relatif rendah. ASTM handbook vol. 1:148 (1993) mengatakan bahwa perbedaan baja karbon dapat di klasifikasikan berdasarkan jumlah dari presentase komposisi kimia karbon yang terdapat didalam baja yaitu sebagai berikut:

1. Baja Karbon Rendah

Baja Karbon rendah dengan kekuatan tinggi (*high strength low carbon steel*) ditunjukkan dengan tambahan paduan selain C dan Mn, yaitu Si, Cu, V, N, Nb, dan Al. Kekuatan luluh (*yield strength*) untuk baja karbon rendah dengan rentang antara 180 dan 260 MPa, dan untuk baja karbon rendah dengan kekuatan tinggi dengan rentang antara 290 dan 552 MPa, menunjukkan peningkatan nilai kekuatan luluhnya.

2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang (*medium carbon steels*) mempunyai kadar karbon 0,25 sampai 0,6 %. Baja tersebut dapat diperlakukan panas dengan *austenisasi*,

quenching, dan tempering untuk memperbaiki sifat mekanisnya. Baja karbon sedang mempunyai mampu keras yang rendah dan hanya berhasil diperlakukan panas untuk penampang yang sangat tipis dengan laju pendinginan yang sangat cepat. Penambahan Cr, Ni, dan Mo memperbaiki mampu laku panas dan menambah variasi kombinasi kekuatan dan keuletan. Baja sedang lebih kuat dari baja karbon rendah, namun keuletan dan ketangguhannya lebih rendah. Digunakan untuk roda kereta api dan roda penggerak, roda gigi, poros engkol, komponen mesin lainnya, dan komponen struktur kekuatan tinggi dengan suatu kombinasi ketahanan aus dan ketangguhan yang baik. (Hadi Syamsul, 2016).

3. Baja Karbon Tinggi

Baja Karbon Tinggi (high carbon steel) mempunyai kadar karbon 0,6 sampai 1,4%. Merupakan jenis baja terkeras, terkuat, tetapi paling tidak ulet. Hampir selalu digunakan dalam kondisi dikeraskan dan ditemper dan juga digunakan khusus untuk kondisi tahan aus dan mampu mempertahankan sisi potong yang tajam. Baja perkakas dan baja percetakan dibuat dari baja paduan karbon tinggi yang umumnya memiliki paduan Cr, V, W, dan Mo. Unsur paduan tersebut bergabung dengan karbon pembentuk senyawa yang sangat keras dan tahan aus (semisal Cr_23C_6 , V_4C_3 , dan WC). Kermet (Cermet) adalah contoh komposit keramik-logam. Kermet paling umum adalah karbida sementit yang disusun dari partikel yang sangat keras dari suatu karbida kramik tahan panas seperti karbida wolfram (WC) atau karbida titanium (TiC) yang tertanam dalam matriks suatu logam seperti kobalt atau nikel. Komposit tersebut banyak dipakai sebagai alat potong untuk baja yang dikeraskan.

2.8 Spesifikasi Material Yang Digunakan

Material pengelasan yang di gunakan dalam proposal penelitian ini adalah Baja karbon rendah ST 37. Baja adalah logam campuran yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C). Jadi baja berbeda dengan besi (Fe), alumunium (Al), seng (Zn), tembaga (Cu), dan titanium (Ti) yang merupakan logam murni. Dalam senyawa antara besi dan karbon (unsur nonlogam) tersebut besi menjadi unsur yang lebih dominan

dibanding karbon. Kandungan karbon berkisar antara 0.2 - 2.1% dari berat baja tergantung dari tingkatannya (Didit's, 2015). Secara sederhana fungsi karbon adalah meningkatkan kualitas baja seperti *tensile strength* dan tingkat kekerasannya. Selain karbon, sering juga ditambah unsur *chrom* (Cr), *nikel* (Ni), *vanadium* (V), *molybdaen* (Mo) untuk mendapatkan sifat lain sesuai aplikasi di lapangan seperti anti korosi, tahan panas, dan tahan temperature tinggi.

Yusim & Triwikantoro (2013) menjelaskan baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lainya.

Baja ST 37 adalah baja yang mempunyai kekuatan tarik maksimum 37 Kg/mm². Baja ini dibuat melalui proses Thomas dan Martin, pada proses Thomas lapisan dinding bagian dalam terbuat dari batu tahan api biasa atau *dolomite* (kalsium karbonat dan magnesium), besi yang diolah besi kasar putih yang mengandung P antara 1.7 - 2%, Mn 1 - 2%, dan Si 0.6 - 0.8%. Setelah unsur Mn dan Si terbakar, P membentuk oksida phosphor, untuk mengeluarkan besi cair ditambahkan zat kapur. Pada proses Martin, menggunakan sistem regenerator (3000°C) sebagai fungsi memanaskan gas dan udara atau menambah temperature dapur, sebagai fundamen/landasan dapur, dan untuk menghemat pemakaian tempat. Baja ST37 yang digunakan adalah baja dalam golongan *low carbon steel* dengan komposisi kimia terlihat pada tabel 2.4 (Imbarko, 2010).

Baja ST37 yang digunakan adalah baja dalam golongan *low carbon steel* dengan komposisi kimia terlihat pada tabel 2.4 (Imbarko, 2010). Adapun sifat mekanik baja ST 37 dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Sifat mekanik baja ST 37 (Sumber: Ichsan, 2018)

Teel rade	Tensile Test			Cold bend test atangle Of 180°
	Min.yield point Y.P N/(mm) ²	Tensile strength U.T.S N/(mm) ²	Min. Elongation δ%	Bend mandrel diameter in terms of specimen thickness
St 37	235	360-510	26	1 S*
St 44	275	430-580	22	2.5 S*
St 52	355	510-680	22	2.5 S*

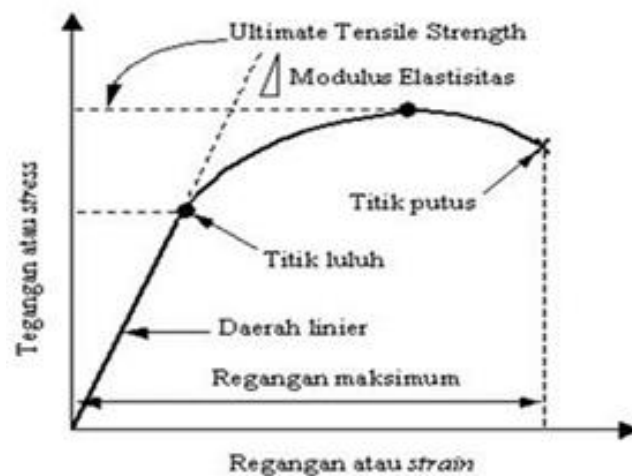
2.8 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu (Askeland, 1985). Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, and Wiskocil, 1955). Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji.

Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia. Dengan menarik suatu bahan akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (grip) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (highly stiff).

Bila terus menarik suatu bahan sampai putus, akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan pada Gambar 2.10. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain

yang memakai bahan tersebut. Adapun kurva pengujian tarik Tegangan-Regangan dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9 Kurva Pengujian Tarik Tegangan-Regangan

Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut *Ultimate Tensile Strength*. Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linear zone*. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan *Hooke*, rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan. *Stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan dan *strain* adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan. Batang uji tarik untuk sambungan las dipilih arah tarikan melintang garis las. Dalam pengujian batang uji tersebut dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sampai batang

uji patah, kemudian dapat dihasilkan kurva tegangan dan regangan. Sifat-sifat tarikannya dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Keterangan :

σ = Tegangan (N/mm²)

F = Beban (N)

A = Luas Penampang Batang Uji (mm²)

Regangan dapat dihitung dengan panjang mula dari batang uji, panjang batang uji yang dibebani dengan rumus:

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \text{ (100\%)}$$

Keterangan :

ε = Regangan

L = Panjang Mula (mm²)

L₀ = Panjang Batang Uji yang dibebani