

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan teknologi dibidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pembangunan konstruksi pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasan nya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik.

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut.

Mutu dari hasil pengelasan disamping tergantung dari pengerjaan lasnya sendiri dan juga sangat tergantung dari persiapan sebelum pelaksanaan pengelasan, karena pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas.

Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current* (DC), mesin las arus bolak balik (AC), dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan

arus bolak balik (AC).

Pilihan ketika menggunakan DC polaritas negatif atau positif adalah terutama ditentukan elektroda yang digunakan. Beberapa elektroda SMAW didesain untuk digunakan hanya DC- atau DC+. Elektroda lain dapat menggunakan keduanya DC- dan DC+. Pengelasan ini menggunakan elektroda E7018 dengan diameter 3,2 mm, maka arus yang digunakan berkisar antara 60-100 Ampere. Dengan interval arus tersebut, pengelasan yang dihasilkan akan berbeda-beda.

Tidak semua logam memiliki mampu las yang baik. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang diantaranya adalah baja paduan rendah. Baja ini dapat dilas dengan elektroda terbungkus, las busur rendah dan las MIG (las logam gas mulia).

Kekuatan hasil las dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik. Penentuan besar arus dalam pengelasan ini mengambil 60 Ampere 80 Ampere, dan 100 Ampere. Pengambilan 60 Ampere dimaksudkan sebagai pembanding dengan interval arus diatas.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh arus pengelasan terhadap kekuatan tarik daerah las baja paduan sedang menghasilkan pengelasan SMAW dengan elektroda E7018.

2. Untuk mengetahui pengaruh arus pengelasan terhadap ketangguhan baja paduan sedang hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E7018.
3. Untuk mengetahui perbandingan variasi arus pada elektroda dengan ampere 60,80 dan 100.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Sebagai literatur pada suatu penelitian yang sejenisnya dalam rangka pengembangan teknologi khususnya dibidang pengelasan.
2. Sebagai informasi bagi juru las untuk meningkatkan kualitas dan hasil pengelasan.
3. Sebagai informasi penting guna meningkatkan suatu pengetahuan bagi peneliti dalam bidang pengujian bahan, pengelasan dan bahan teknik.
4. Dapat digunakan untuk meningkatkan pengetahuan dalam ilmu pengelasan.

1.4 Batasan Masalah.

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Penelitian ini menggunakan baja paduan sedang, yang diberi perlakuan pengelasan dengan menggunakan variasi arus 60,80 dan 100 Ampere dengan menggunakan las SMAW dengan elektroda E7018 diameter 3,2 mm.
2. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut 70°.
3. Spesimen di uji tarik, dan uji ketangguhan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinu. Lingkup teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran dan sebagainya. Disamping proses las dapat juga untuk reparasi misalnya mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan las pada perkakas, mempertebal bagian yang sudah aus, dan lainnya. Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi sarana untuk mencapai pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan dan cara pengelasan harus memperhatikan dan memperlihatkan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta kegunaannya.

Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi di dalamnya banyak masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Karena itu pengetahuan harus turut serta mendampingi praktiknya secara lebih terperinci dikatakan bahwa perancangan konstruksi bangunan dan mesin harus direncanakan pula tentang cara-cara pengelasan, misalnya pemeriksaan, bahan las, dan jenis las yang akan digunakan, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang dirancang.

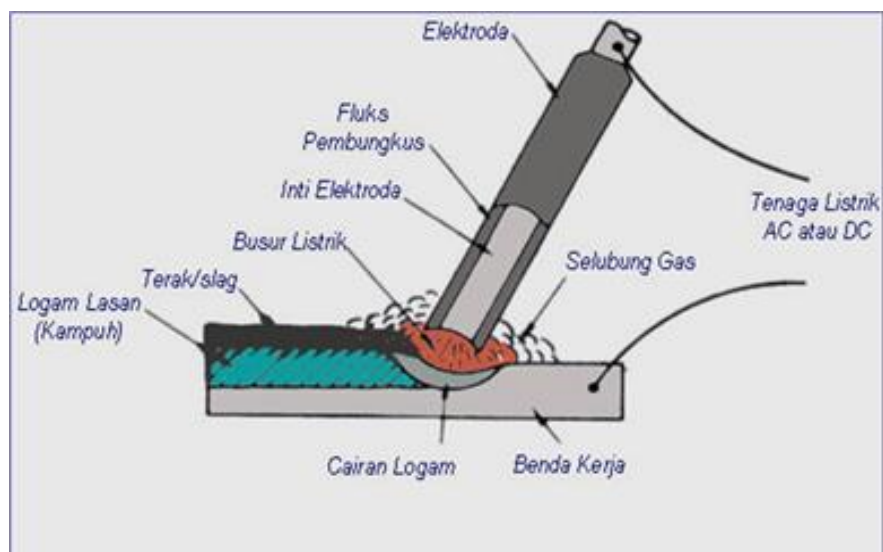
Berdasarkan definisi dari DIN (*Deutch Industrie Normen*) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan

lumer atau cair. Definisi tersebut dapat dijabarkan bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Saat ini telah dipergunakan lebih dari 40 jenis pengelasan dan klasifikasinya. Pada waktu ini pengelasan dan pemotongan merupakan pengerjaan yang amat penting dalam teknologi produksi dengan bahan baku logam. Dari pertama perkembangannya sangat pesat telah banyak teknologi baru yang ditemukan. Sehingga boleh dikatakan hampir tidak ada logam yang dapat dipotong dan di las.

2.2 SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Las listrik ini menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambah. Busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar. Selaput elektroda yang turut terbakar akan mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawah las, busur listrik dan daerah las di sekitar busur listrik terhadap pengaruh udara luar. Cairan selaput elektroda yang membeku akan menutupi permukaan las yang juga berfungsi sebagai pelindung terhadap pengaruh luar. 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. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar. 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.

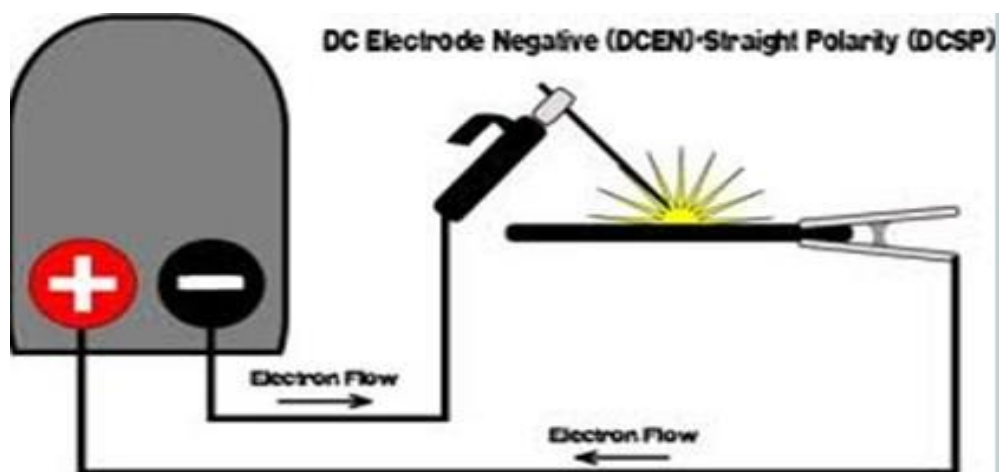


Gambar 2.1 Las SMAW

2.3 Arus Pengelasan

Besarnya arus untuk pengelasan yang tepat dapat ditentukan berdasarkan ketebalan logam induk, macam dan diameter kawat las, macam sambungan, dan

juga posisi saat pengelasan. Nilai standar dari parameter tersebut sudah disediakan untuk elektroda las dan dalam buku-buku petunjuk untuk teknik dan mesin las. Biasanya, pengelasan yang posisi datar dapat menggunakan arus yang relatif tinggi. Arus yang menggunakan pengelasan posisi vertikal lebih rendah 20% sampai 30%, dan arus untuk pengelasan posisi di atas kepala (*overhead*) lebih rendah 10% sampai 20% dari arus untuk pengelasan posisi datar. Efisiensi dalam pengelasan dapat ditambah dengan menambahkan arus las tapi harus diperhatikan karena arus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kawat inti elektrode las mengalami kelebihan panas selama proses pemanasan, dan bahan fluks akan dapat memburuk, menyebabkan takikan dan tampilan rigi las yang buruk. Dan sebaliknya, arus las yang terlalu rendah dapat menyebabkan penumpukan, terjadinya cacat-cacat las, misalnya seperti kurang penembusan dan pemasukan terak.



Gambar 2.2 Arus Pengelasan

2.4 Standar dalam Proses Pengelasan

1. SNI (Standar Nasional Indonesia)

Standar nasional yang berlaku di Indonesia adalah SNI. Standar ini ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) yang sebelumnya dirumuskan oleh Panitia Teknis.

2. ANSI (*American National Standards Institute*)

ANSI merupakan organisasi non-profit Amerika yang membuat standar untuk produk, pelayanan, proses, sistem, dan personal di Amerika Serikat. Organisasi ini juga menjembatani antara standar yang digunakan di dalam negeri dengan standar internasional.

3. ASME (*American Society of Mechanical Engineers*)

Asosiasi amerika ini dibentuk sebagai lembaga teknik, organisasi standar, organisasi penelitian dan pengembangan, lembaga pelatihan dan pendidikan.

4. ASTM (*American Society for Testing and Materials*)

ASTM adalah organisasi standar internasional yang membuat dan menerbitkan standar teknis untuk material, produk, sistem, dan pelayanan.

5. AWS (*American Welding Society*).

AWS dibentuk sebagai lembaga pendidikan dan penelitian, standarisasi, dan sertifikasi yang difokuskan pada bidang pengelasan

6. BS (*British Standards*).

British Standards merupakan standar untuk produk dan layanan yang dibuat oleh *British Standards Institution* Group (BSI Group) di Inggris.

7. DIN (*Deutsches Institut für Normung*)

Deutsches Institut für Normung (*German Institute for Standardization*) Organisasi pembuat standar nasional German bernama DIN. DIN membuat standar baik untuk keperluan domestik, standar Eropa, maupun standar internasional yang berkorelasi dengan standar ISO.

8. JIS (*Japan Industrial Standard*)

Jepang membentuk standar JIS untuk standar aktivitas industrial di dalam negeri. Proses pembuatan standarisasi ini dikordinasikan oleh Japanese Industrial Standards Committee, dan diterbitkan melalui Japanese Standards Association.

2.5 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang mana aliran listrik keluar masuk larutan atau sarana lainnya pada instrumen listrik misalnya baterai, tabung elektron atau selis elektrolit. Pada sebagian instrumen elektroda pula dinamakan pelat atau kutub. Larutan yang memiliki kandungan ion (sebuah atom atau kumpulan atom yang memiliki muatan listrik) yang memisahkan elektroda baterai. Satu diantara elektroda tersebut yaitu elektroda negatif melakukan reaksi dengan mendonorkan sisa elektron. Sementara elektroda positif reaksi kimia yang dialaminya yaitu melepas elektron. tatkala kedua elektroda tersebut dikoneksikan oleh sebuah medan listrik eksternal, sisa elektron akan merambat dari elektroda negatif menuju elektroda positif.

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, menghasilkan

gas pelindung, menstabilkan busur. Bahan fluks untuk jenis E7018 adalah serbuk besi dan hydrogen rendah. Jenis ini kadang disebut jenis kapur. Jenis ini menghasilkan kadar hidrogen rendah sehingga kepekaan sambungan terhadap retak sangat rendah, ketangguhannya sangat memuaskan. Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas. E7018 menurut Soedjono, (1994) adalah:

E : Elektroda las listrik (E7018 diameter 3,2 mm)

70: Tegangan tarik maksimum dari hasil pengelasan (70.000 Psi) atausama dengan 492 MPa.

1 : Posisi pengelasan (angka 1 dapat dipakai dalam semua posisi pengelasan).

8 : Menunjukkan jenis selaput serbuk besi hydrogen rendah dan interval arus las yang cocok untuk pengelasan.

2.6 Standar Kawat / Elektroda Las Listrik

Ada standar tertentu yang dipergunakan oleh para pelaku industri pengelasan untuk bisa menentukan elektroda yang akan dipakai dan besaran arus listrik yang diperlukan. 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 :

1. E merujuk pada keterangan kawat las listrik alias elektroda.
2. 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/in².
3. 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.
4. X (angka keempat) merujuk pada jenis pelapis dan arus yang dipergunakan pada elektroda tersebut.

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.

2.7 Elektroda Las untuk Mild Steel (Baja Lunak/ Baja Umum)

Kawat las SMAW jenis ini ditunjukkan dengan kode Exxxx (4 angka). Sebagai contoh kawat las dengan kode elektroda E6013, cara membacanya adalah sebagai berikut :

E = elektroda untuk jenis las SMAW

E60xx = dua digit pertama (angka 60) menunjukan kekuatannya dalam ksi (*kilopound-square-inch*). Angka 60 berarti kekuatannya 60 ksi, jika

angkanya 70 berarti 70 ksi. Dalam ukuran “psi” (*pound square inch*) sama dengan 70000 psi, dimana 1 Ksi = 1000psi.

Exx1x = digit ketiga (angka 1) adalah posisi pengelasan.

Kode angka 1 – untuk semua posisi

Kode angka 2 – untuk posisi flat dan horizontal

Kode angka 3 – hanya untuk posisi flat.

Exxx3 = digit keempat (angka 3) menunjukkan:

1. jenis salutan.
2. penetrasi busur.
3. arus las.
4. serbuk besi (%).

Contoh lain misalnya jenis kawat las E7018, artinya:

E : Elektroda,

70 : kekuatan tarik 70000psi,

1 : dapat 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 70000psi (70 kgf/mm²), elektroda (kawat las) jenis E70xx banyak diaplikasikan untuk pengelasan pipa bertekanan (*pressure pipe*), furnace (tungku), konstruksi dan lain-lain. Sedangkan jenis E60xx karena kuat tariknya hanya 60.000psi (60 kgf/mm²) biasanya hanya untuk *tagweld* dan pengelasan non tekanan / *pressure*, misalnya untuk pagar tralis dan lain-lain.

2.8 Elektroda Low Alloy Steel

Spesifikasi pembungkus kawat las untuk *Low Alloy Steel* diatur pada AWS A5.5. Dengan kode yang sama seperti elektroda *mild steel* diikuti dengan garis (*dash*) dan huruf serta angka sebagai unsur paduan, yaitu:

A= ditambahkan unsur *carbon molybdenum*

B = ditambahkan unsur *chromium molybdenum*

C = ditambahkan unsur *nickel steel*

D = ditambahkan unsur *manganese molybdenum molybdenum*

G = ditambahkan unsur lainnya

R = mengindikasikan ketahanan terhadap serapan uap (*moisture pickup*) (80% *humidity*, 80°F, 9 jam).

Misal elektroda atau kawat las dengan kode AWS E7018-H8R artinya kekuatan tariknya 70 ksi, mengandung mengandung “*iron powder-iron oxide-iron powder-iron oxide*”, mengandung sedikit hidrogen (*low hydrogen*), ketahanan terhadap uap air dan untuk dipakai pada pengelasan *mild steel*.

Kawat Las : E8018-B2H4R artinya kekuatannya 80 ksi , mengandung, *iron powder iron oxide*, dipadu dengan *chrome moly* serta *low hydrogen*, ketahanan terhadap uap air serta digunakan untuk mengelas paduan baja *chrome moly*. *LINCOLN EASYARC ID6013* adalah kategori kawat las AWS SFA 5.1: E 6013 untuk *mild steel* aplikasi umum, sangat cocok untuk pengelasan pada konstruksi, bengkel las, repair & maintenance, khususnya untuk pengelasan dengan posisi *vertical down* dan semua posisi lainnya.

Diameter: 2,0mm, 2,6mm, 3,2mm, 4,0mm, dan 5,0mm.

Kemasan: 5kg/box, 20kg/carton.

Standart international:

AWS SFA 5.1 : E 6013

DIN 1913 : E 43 22 R (C) 3

EN 499 : E 38 0 RC 11

Yield strength : > 380 N/ mm²

Tensile strength : 470 – 600 N/ mm²

Elongation : > 20 %

Impact Charpy + 20oC : 80 J

Chemical analysis (%) : C: 0, 08 Mn: 0, 5 Si: 0,

LINCOLN EASYARC ID7016 adalah kategori kawatlas standar AWS SFA 5.1: E 7016 kawat las multi fungsi untuk industri kontruksi, repair & maintenance. Alur lasnya halus dan bersih, penetrasinya dalam tanpa undercut. Baik untuk pengelasan pada celah. Kawat las memiliki kestabilan nyala api yang sangat baik, terfokus, dan stabil, sehingga cocok untuk pengelasan root pass dan pengelasan pada segala posisi. Alur lasnya memiliki performa X-Ray yang sangat baik.

Diameter: 2, 6mm / 3, 2mm / 4, 0mm / 5, 0mm.

Kemasan: 5kg/box, 20kg/carton.

Standard international :

AWS SFA 5.1 : E 7016

DIN 1913 : E 51 43 B (R) 10

EN 499 : E 38 2 B 12 H10

Yield strength : > 380 N/ mm²

Tensile Strength : 470 – 600 N/ mm²

Elongation : 20%

Impact charpy + 20oC : 150 J , -20oC : 80 J

chemical analysis (%) : C: 0, 06 Mn: 0, 9 Si: 0, 7

LINCOLN EASYARC ID7016 adalah kategori kawat las standard AWS SFA 5.1:

E 7018 dengan coating type basic yang memiliki alur las yang ulet, dan bebas terjadi keretakan bahkan pada baja yang memiliki kadar karbon hingga 0,4%.

Efisiensi pengelasan 120%. Karakter pengelasannya sangat baik pada segala posisi. Alur las memiliki keuletan yang sangat baik pada temperature hingga 60oC.

kawat las dapat digunakan sebagai *buffer layer* pada baja karbon tinggi.

Diameter: 2, 6mm / 3, 2mm / 4, 0mm / 5, 0mm.

Standard international :

AWS SFA 5.1 : E 7018

DIN 1913 : E 51 55 B 10

EN 499 : E 42 6B 42 H10

Yield strength :> 420 N/ mm²

Tensile Strength : 500 – 640 N/ mm²

Elongation : 20%

Impact charpy + 20oC : 200 J -20oC : 70 J

Chemical analysis (%) : C: 0, 08 Mn: 1, 1 Si: 0, 5

Selain merk Lincoln (lisensi Amerika) di atas, kami juga memasarkan produk kawat las merk Bohler (*lisensi Sweden*). Demikian penjelasan tentang

proses pengelasan baja lunak (*mild steel*) dan pipa konstruksi dengan digunakan elektroda / kawat las (*welding electrodes*) merk lincoln dan bohler AWS E6013, E7016 dan E7018.

Bedanya ketiga spesifikasi kawat las tersebut, pada saat kapan dan untuk aplikasi baja apa, kita menggunakan kode kawat las AWS E6013, E7016 dan E7018, telah dijelaskan di atas.

Dimana 4 digit kode dibelakang standard AWS menunjukkan kekuatan tarik kawat las tersebut, posisi pengelasan dan jenis salutan, penetrasi busur, arus las dan prosentase (%) serbuk besi.

2.9 Heat Input

Dalam pengelasan, untuk mencairkan logam induk dan logam pengisi diperlukan energi yang cukup. Energi yang dihasilkan dalam operasi pengelasan berasal dari bermacam-macam sumber yang tergantung pada proses pengelasannya. Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil kolaborasi dari parameter arus las, tegangan las, dan kecepatan pengelasan. Parameter ketiga yaitu kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi pengelasan karena proses pemanasannya tidak diam ditempat akan tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu.

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi juga oleh arus las, tegangan dan kecepatan pengelasan. Hubungan

antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelesan yang dikenal dengan heat input.

2.10 Desain Sambungan Las

Untuk menghasilkan kualitas sambungan las yang baik, salah satu faktor yang harus diperhatikan yaitu kampuh las. Kampuh las ini berguna untuk menampung bahan pengisi agar lebih banyak yang merekat pada benda kerja, dengan demikian kekuatan las akan terjamin. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan jenis kampuh adalah ketebalan benda kerja, jenis benda kerja, kekuatan yang diinginkan, dan posisi pengelasan. Sebelum memulai proses pengelasan terlebih dahulu ditentukan jenis sambungan las yang akan dipilih. Hal-hal yang harus diperhatikan bahwa sambungan yang dibuat akan mampu menerima beban (beban statis, beban dinamis, atau keduanya). Dengan adanya beberapa kemungkinan pemberian beban sambungan las, maka terdapat beberapa jenis sambungan las, yaitu sebagai berikut :

a) Kampuh V Tunggal

Sambungan V tunggal juga dapat dibuat tertutup dan terbuka. Sambungan ini juga lebih kuat dari pada sambungan persegi, dan dapat dipakai untuk menerima gaya tekan yang besar, serta lebih tahan terhadap kondisi beban statis dan dinamis. Pada pelat dengan tebal 5 mm–20 mm penetrasi dapat dicapai 100%.

b) Kampuh Persegi

Sambungan ini dapat dibuat menjadi 2 kemungkinan, yaitu sambungan tertutup dan sambungan terbuka. Sambungan ini kuat untuk beban statis tapi tidak kuat untuk beban tekuk.

c) Kampuh V Ganda

Sambungan ini lebih kuat dari pada V tunggal, sangat baik untuk kondisi beban statis dan dinamis serta dapat menjaga perubahan bentuk kelengkungan sekecil mungkin dipakai pada ketebalan 18 mm-30 mm.

d) Kampuh Tirus Tunggal

Sambungan ini digunakan untuk beban tekan yang besar. Sambungan ini lebih baik dari sambungan persegi, tetapi tidak lebih baik dari pada sambungan V. Letaknya disarankan terbuka dan dipakai pada ketebalan pelat 6 mm-20 mm.

e) Kampuh U Tunggal

Kampuh U tunggal dapat dibuat tertutup dan terbuka. Sambungan ini lebih kuat menerima beban statis dan diperlukan untuk sambungan berkualitas tinggi. Dipakai pada ketebalan 12 mm-25 mm.

f) Kampuh U Ganda

Sambungan U ganda dapat juga dibuat secara tertutup dan terbuka, sambungan ini lebih kuat menerima beban statis maupun dinamis dengan ketebalan pelat 12 mm-25 mm dapat dicapai penetrasi 100%.

g) Kampuh J Ganda

Sambungan J ganda digunakan untuk keperluan yang sama dengan sambungan V ganda, tetapi tidak lebih baik untuk menerima beban tekan.

Sambungan ini dapat dibuat secara tertutup ataupun terbuka.

Jenis alur	Jenis lasan	Lasan dengan alur		
		Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Persegi (I)				
V tunggal (V)				
Tirus tunggal (V)				
U tunggal (U)			—	
V ganda (X)			—	
Tirus ganda (K)			—	
U ganda (H) (DU)			—	
J tunggal (J)			—	
J ganda (DJ)			—	

Gambar 2.3 Jenis-Jenis Sambungan Las

2.11 Baja

Baja adalah sebuah jenis logam yang dibuat berdasarkan campuran unsur utama yaitu besi dan bersama dengan unsur penguatnya yaitu karbon. Penggunaan dalam pembuatan baja menggunakan unsur besi sekitar 97%, sedangkan karbonnya sekitar 0,2-2,1%. Unsur tambahan lainnya seperti *silicon*, tembaga, *mangan*, *nikel*, *fosfor*, *krom* dan *vanadium*.

Pengaruh pada segi kekuatan, sifat yang dibentuk, dan segi kekerasan berasal dari kandungan utama karbon yang terkandung dalam baja. Pengaruh turunnya keuletan dan menjadikan baja menjadi getas juga karena faktor penambahan karbon.

Dalam bidang industri, baja menjadi bahan dasar yang sangat penting. Pengaplikasian baja juga terdapat pada jembatan, transportasi, kerangka gedung, peralatan dapur hingga generator. Hampir 95% semua produk dan peralatan memanfaatkan bahan baja dalam kehidupan manusia. Oleh karena itu di antara barang logam dan tambang, baja mendominasi menjadi peringkat pertama ekplotasi besi baja.

2.12 Klasifikasi Baja

1. Menurut kekuatannya terdapat beberapa jenis baja AISI , diantaranya: 1020, 1040, 1045, 1050, 1070 dst. Standart ASTM (AMERICA) kekuatan dalam kg/mm^2 *steel* (baja). Baja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja AISI 1050 :
2. Menurut komposisinya:
 - a. Baja karbon rendah (low carbon steel): $C \leq 0,25 \%$

- b. Baja karbon sedang (medium carbon steel): $C=0,25\%-0,55\%$
- c. Baja karbon tinggi (high carbon steel): $C>0,55\%$
- d. Baja paduan rendah (low alloysteell): unsur paduan $< 10 \%$
- e. Baja paduan tinggi (high alloy steel): unsure paduan $>10\%$

Yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja Baja karbon menengah (medium carbon steel): $C=0,25\%-0,55\%$

3. Menurut bentuknya:

- a. Baja pelat
- b. Baja strip
- c. Baja sheet
- d. Baja pipa
- e. Baja batang fropil

Menurut bentuknya, baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja Pelat.

Agar lebih mudah mengetahui tingkat karat pada permukaannya.

2.13 Jenis – jenis Baja

Baja secara umum dapat dikelompokkan atas 2 jenis yaitu Baja karbon (*Carbon steel*) dan baja paduan (*Alloy steel*).

1. Baja karbon (*carbon steel*)

Baja karbon dapat terdiri atas :

- a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) *Machine, machinery* dan *mild steel* (0,05 % – 0,30% C) sifatnya mudah ditempa dan mudah di mesin.

Penggunaannya:

1. 0,05 % – 0,20 % C: *automobile bodies, buildings, pipes, chains, rivets, screws, nails.*

2. 0,20 % – 0,30 % C: *gears, shafts, bolts, forgings, bridges, buildings*

b. Baja karbon sedang (medium carbon steel)

1. Kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah.

2. Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong.

Penggunaannya:

0,30 % – 0,40 % C : *connecting rods, crank pins, axles*

0,40 % – 0,50 % C: *car axles, crankshafts, rails, boilers, auger bits*

0,50 % – 0,60 % C: *hammers dan sledges*

c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong.

Kandungan 0,60 % – 1,50 % C.

2. Baja Paduan (Alloy steel)

Tujuan dilakukan penambahan unsur yaitu: Untuk menaikkan sifat mekanik baja (kekerasan, keliatan, kekuatan tarik dan sebagainya), untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah, untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia (oksidasi dan reduksi).

Baja paduan yang diklasifikasikan menurut kadar karbonnya dibagi menjadi:

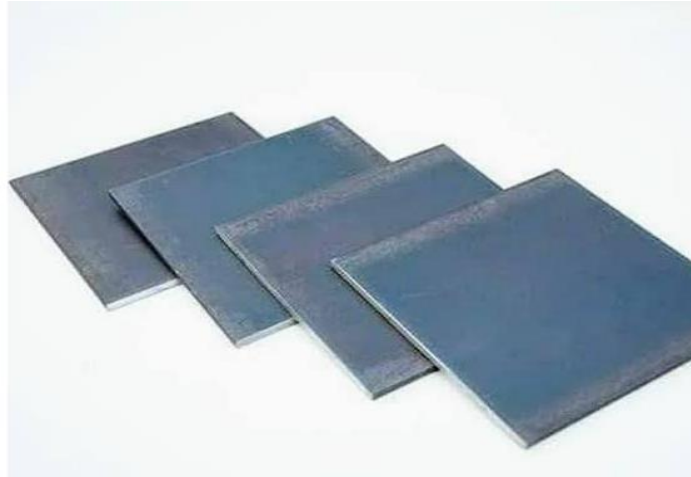
a. *Low alloy steel*, jika elemen paduannya $\leq 2,5$ % .

b. *Medium alloy steel*, jika elemen paduannya 2,5 – 10 %.

c. *High alloy steel*, jika elemen paduannya > 10 %.

d. Baja paduan juga dibagi menjadi dua golongan yaitu baja campuran khusus (*special alloy steel*) & *high speed steel*.

Yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis Baja karbon sedang (medium carbon steel): C=0,25%-0,55% karena sifatnya mudah ditempa dan mudah dimesin.



Gambar 2.4 Baja Karbon Paduan Sedang

2.14 Baja AISI 1050

Baja adalah salah satu material yang sering digunakan dalam bidang keteknikan. Terkhususnya baja AISI 1050 yang dijelaskan secara umum merupakan baja karbon sedang banyak sekali digunakan untuk pembuatan peralatan perkakas, roda gigi, crankshaft, poros propeller, baling-baling kapal dan konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan dapat dikerjakan pada proses pemesinan dengan baik. Pada aplikasinya baja ini harus mempunyai ketahanan aus yang baik karena sesuai dengan fungsinya harus mampu menahan keausan akibat gesekan dengan rantai. Berikut merupakan komposisi kimia dari baja AISI 1050 yang dijabarkan pada Tabel berikut ini :

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja AISI 1050

Unsur	%
C	Max 0,480
Cr	0,050
Mo	0,030
Mn	Max 0,688
P	Max 0,010
S	Max 0,008
Si	Max 0,300
Ni	0,009
Fe	Sisa

Tabel 2.2 Sifat Mekanis Baja AISI 1050

Sifat Mekanik	Besaran
Kekuatan Tarik,Maks	680 N/mm ²
Kekuatan Tarik, Lulur	370 N/mm ²
Elongasi	17.0 %
Reduksi	45.0 %

1. AISI 1050 diberi nama menurut standar American Iron and Steel Institute (AISI) dimana angka 1xxx menyatakan baja karbon, angka 10xx menyatakan karbon steel sedangkan angka 50 menyatakan kadar karbon persentase (0,50 %).

2. Menurut penggunaannya termasuk baja kontruksi mesin. 3. Menurut struktur

mikronya termasuk baja hypoeutectoid (kandungan karbon $< 0,8 \% C$). Universitas Sumatera Utara 13 4. Dengan meningkatnya kandungan karbon maka kekuatan tarik dan kekerasan semakin menjadi naik sedangkan kemampuan regang, keuletan, ketangguhan dan kemampuan lasnya menurun. Kekuatannya akan banyak berkurang bila bekerja pada temperatur yang agak tinggi. Pada temperatur yang rendah ketangguhannya menurun secara dratis.

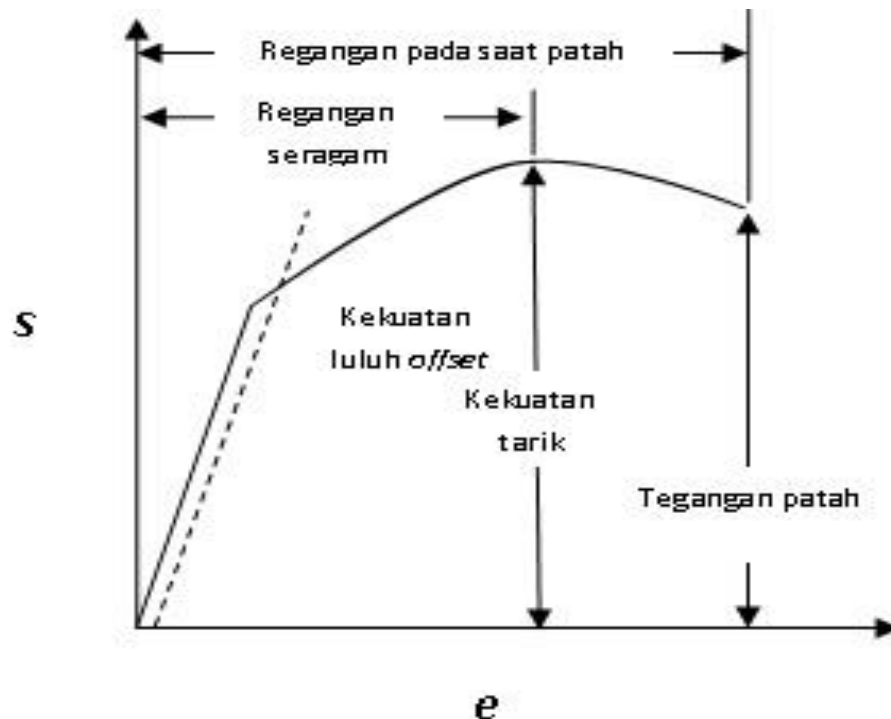
2.15 Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok raw materials. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda satu ujung benda.

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) pada beban uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu secara perlahan dan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan untuk mengetahui penjangnya benda uji dan hasil kurva tegangan regangan.

Dalam sambungan las sifat tarik berhubungan dengan sifat dari logam jenis induk, jenis elektroda yang digunakan, sifat daerah HAZ, sifat logam las dan sifat dinamik dari sambungan berhubungan erat dengan geometri dan distribusi tegangan dalam sambungan.

Pengujian pada baja plat tersebut dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sehingga plat uji patah. Agar dapat mengetahui kekuatan tarik dengan bentuk kurva tegangan-regangan teknik, seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.4 Kurva Tegangan – Regangan

Tegangan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membusur rata-rata dari pengujian tarik. Tarik maksimum dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_t = \frac{P_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots ($$

2.1)

Keterangan :

P_{maks} = Gaya yang bekerja/Beban maksimal (kg)

A_0 = Luas penampang (cm^2)

σ_t = Tegangan tarik (kg/cm^2)

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan teknik adalah regangan linier rata-rata yang diperoleh dengan cara membagi perpanjangan yang dihasilkan setelah pengujian dilakukan dengan panjang awal. Dapat dituliskan sebagai berikut :

$$e = \frac{L_i - L_0}{L_0} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

e = Besar regangan

L_i = Panjang benda uji akhir (mm)

L_0 = Panjang benda uji awal (mm)

Pada tegangan dan regangan yang dihasilkan, dapat diketahui nilai modulus elastisitas. Persamaannya dituliskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$E = \frac{\sigma}{e} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

E = Besar modulus elastisitas (kg/mm^2)

e = Regangan

σ = Tegangan (kg/mm^2)