

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan logam yang banyak digunakan dalam industri manufaktur, otomotif, konstruksi, dan perkapalan. Salah satu metode pengelasan yang umum digunakan adalah Shielded Metal Arc Welding (SMAW) atau las busur listrik dengan elektroda terbungkus. Metode ini dipilih karena kepraktisannya, biaya yang relatif rendah, serta kemampuannya dalam menghasilkan sambungan yang kuat.

Penyambungan dengan menggunakan las merupakan proses penyambungan dua bagian logam dan penyambungan las bersifat permanen. Kekuatan suatu sambungan las sangat bergantung pada kualitas pengelasan. Jika sambungan las baik maka sambungan tersebut baik, begitu juga jika sambungan las tidak baik maka sambungan tersebut tidak baik. Keberhasilan suatu sambungan las dapat dikatakan berhasil jika setelah pengelasan tidak menghasilkan retak atau cacat di daerah hasil pengelasan. Untuk mengetahui kekuatan sambungan las yang dibuat dapat dilakukan dengan kekuatan uji bending.

Pengujian yang sudah dilakukan sejak lama, termasuklah pengujian bending. Pengujian bending yakni pengujian yang sederhana dimana pengujian bending dapat dilakukan terhadap bahan liat maupun bahan yang bersifat getas. Pengujian bending dilakukan agar tidak adanya cacat atau pun retak terhadap benda yang akan di uji, untuk menentukan kegetasan dan kekuatan merupakan cara terbaik dengan menggunakan pengujian bending (Widiartha dkk, 2012: 95).

Sambungan las yang dibuat harus mengetahui seberapa besar dapat ditahan sambungan tersebut jika dikenakan gaya tertentu. Penyambungan las yang paling sederhana dan paling sering digunakan dapat menggunakan las listrik atau las SMAW.

Las SMAW memiliki beberapa keunggulan seperti peralatan dan perlengkapan yang mudah di bawa, las SMAW bisa dilakukan dengan berbagai posisi sesuai yang kita butuhkan dan las SMAW dapat digunakan seperti pada baja karbon dan baja paduan rendah, *stainless steel*, paduan-paduan nikel, besi cor dan beberapa paduan tembaga. Proses pengelasan SMAW menggunakan mesin las busur listrik arus bolak balik.

Las listrik atau las SMAW dalam pengaturan arus listrik sering mengalami masalah untuk menentukan *ampere* mana yang benar dan sesuai pada saat proses pengelasan. Jika arus listrik yang digunakan tidak benar atau tidak sesuai sering kali elektroda lengket pada logam dan arus listrik yang tidak sesuai dapat membakar logam yang akan dilas. Ketika sering kali lengket gerakan tangan menjadi tidak teratur dan elektroda yang mencair tidak menjadi rata pada celah sambungan las. Bertambahnya arus yang digunakan pada proses pengelasan menyebabkan adanya pengaruh hasil dari proses pengelasan. Bila arus listrik dikurangi menyebabkan sulitnya pada saat penyalaan busur listrik dan busur listrik menjadi tidak stabil. Ketika terjadinya kenaikan arus listrik yang digunakan menyebabkan panas yang terlalu sehingga elektroda mencair terlalu dalam dan lebar, hal ini menyebabkan kan material yang digunakan menjadi berlubang. (Daryanto, 2012: 60). Besar kuat arus listrik yang tepat, juga harus memperhatikan kampuh yang sesuai pada sambungan las.

Kampuh merupakan suatu tempat pengisian bahan lasan atau tempat elektroda agar lasan yang di buat menjadi kuat. Pada kampuh terdapat luas penampangan sambungan las. Yang dimaksud dengan luas penampangan Sambungan logam las merupakan suatu luas yang akan terisi logam las yang sering disebut dengan kampuh las. Logam las yang berisi dikit berarti bagian kampuh yang dibuat luas penampangnya kecil, begitu juga jika logam las tambahan berisi banyak berarti bagian kampuh yang dibuat luas penampangnya besar. (Sonawan dan Suratman, 2006: 22).

Pada penelitian ini Elektroda yang digunakan berkode E6013 karena memiliki sifat dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan, dan ideal untuk mengelas baja karbon menengah seperti AISI 1050. Baja AISI 1050 memiliki kadar karbon 0,50% , memiliki kekuatan yang baik terutama setelah mengalami perlakuan panas. Namun baja ini juga rentan retak dan distorsi akibat pengelasan yang kurang tepat.

Maka dari itu perlunya di lakukan pengujian pada baja AISI 1050 untuk mengetahui besar kuat arus yang dibutuhkan untuk pengelasan baja AISI 1050 menggunakan Elektroda E6013.

1.2. Batasan Masalah

Berdasarkan pembahasan di atas, maka batasan masalah yang akan dibahas Adalah:

1. Material yang di Uji Baja AISI 1050.
2. Menggunakan teknik pengelasan SMAW.
3. Kuat arus yang digunakan pada penelitian ini 70 A, 90A, 110A.

4. Elektroda yang digunakan berkode E6013.
5. Metode pengujian yang digunakan Uji Bending.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas maka permasalahan yang akan di bahas adalah:

1. Bagaimana pengaruh kuat arus pengelasan pada baja AISI 1050 terhadap kekuatan Uji Bending.
2. Berapa nilai kuat arus yang paling optimal yang menghasilkan kekuatan Bending terbaik pada Baja AISI 1050 menggunakan Elektroda E6013.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengetahui pengaruh kuat arus listrik pada sambungan pengelasan jika terjadi adanya kekuatan Bending.
2. Mengetahui kuat arus pengelasan yang paling optimal untuk di gunakan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Untuk mengetahui kekuatan beban penekan baja AISI 1050 setelah pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding) dengan uji bending dan mengetahui kuat arus yang sesuai untuk penyambungan baja AISI 1050..

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Pengelasan (Welding)

Penyambungan logam merupakan suatu proses menggabungkan dua atau lebih bagian bagian logam. Sambungan logam secara umum ada dua jenis, yaitu sambungan sementara dan sambungan tetap. Sambungan sementara ialah sambungan yang dapat dilepas tanpa merusak konstruksi bagian benda yang disambung seperti sambungan pasak dan sambungan mur-baut atau ulir. Sambungan tetap ialah sambungan yang tidak dapat dilepas atau dibuka tanpa merusak konstruksi bagian benda yang disambung seperti sambungan paku keling dan sambungan las. (Suwardi, et.al. 2018).

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 tambahan yang akan menghasilkan sambungan kontinyu. Pengelasan bisa diartikan sebagai proses penyambungan logam hingga titik rekristalisasi logam, menggunakan bahan tambahan maupun tidak, dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang akan dilas. (Wahyudi, et al. 2019).

Menurut Dariyanto (2018) Sistem sambungan las ini merupakan jenis sambungan tetap dan banyak digunakan dalam konstruksi dan manufaktur, untuk penyambungan dengan las terdapat 2 jenis las yaitu:

a. Las Karbit (Las Otogen atau Las Asitilin)

Pengelasan ini menggunakan bahan pembakar dari gas oksigen dan gas Asitilin (gas karbit). Pada dunia industri maupun konstruksi pekerjaan las ini

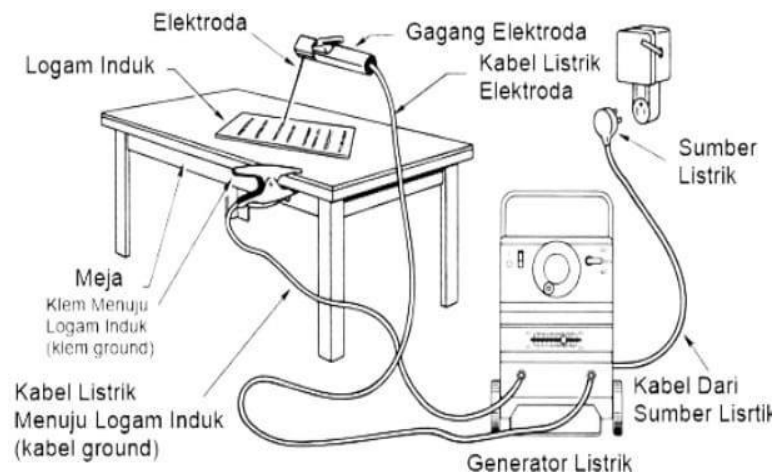
digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan ringan.

b. Las Listrik (Las Lumer)

Energi listrik digunakan sebagai sumber pemanasan atau pengelasan. Pengelasan ini diperlukan mesin las yang dilengkapi dua buah kabel, yaitu kabel massa dengan tang penghubung dan kabel dengan pemegang elektroda.

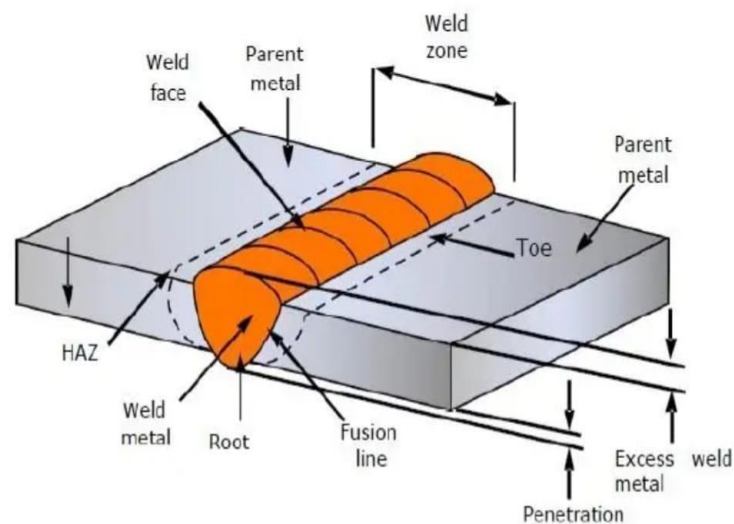
SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) adalah proses pengelasan di mana panas dari busur listrik yang dihasilkan antara tepi elektroda yang dilapisi dan permukaan logam yang dilapisi menyebabkan logam meleleh. Metode pengelasan ini menggunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan *fluks*. (hwiryosumarto, 2000). Selama pengelasan, *fluks* meleleh dan membentuk terak, terak bertindak sebagai lapisan pelindung logam cair untuk mencegah udara di sekitarnya dari oksidasi dan menghasilkan gas untuk melindungi elemenlogam cair dari meleleh di ujung elektroda dan jatuh ke tempat sambungan. Sambungan yang digunakan adalah sambungan tumpul atau sambungan *butt joint* atau lebih dikenal juga pengelasan *groove*.

Mesin las SMAW menurut arusnya, dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu mesin las arus searah (DC), dan mesin las arus bolak-balik (AC), dimana ketika bahan dasar memiliki titik leleh tinggi dan kapasitas besar, elektroda terhubung ke elektroda negatif dan bahan dasar terhubung ke elektroda positif digunakan pengelasan arus searah (DC). Polaritas terbalik dan bahan dasar memiliki titik leleh yang rendah dan kapasitas titik leleh kecil. (Arifin, 1997).



Gambar 2.1 Skema mesin las SMAW

Faktor yang mempengaruhi hasil las adalah proses pengelasan, metode pembuatan struktur las sesuai dengan proyek dan spesifikasi dengan mendefinisikan semua elemen yang diperlukan untuk kinerja. Faktor yang mempengaruhi antara lain alat dan bahan yang dibutuhkan, urutan pemasangan, persiapan pemasangan termasuk pemilihan mesin las, penunjukan mesin las, pemilihan elektroda. Penggunaan jenis kampuh. (Harsono, 2000).



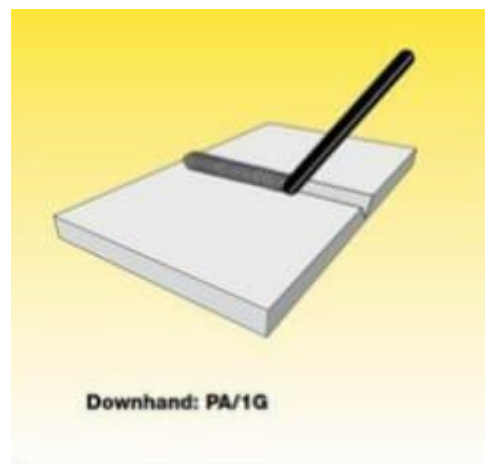
Gambar 2.2. Struktur Hasil Pengelasan.

2.1.1. Posisi Pengelasan

Posisi Pengelasan adalah jenis atau posisi sambungan yang akan dilakukan pengelasan, posisi pengelasan ini dilakukan berdasarkan material atau produk yang akan dilas. Dalam teknologi pengelasan, semua ada pengkodeannya berdasarkan jenis sambungan. Untuk sambungan fillet weld plate menurut ASME disimbolkan dengan posisi 1F, 2F, 3F dan 4F, sedangkan untuk sambungan groove atau butt weld plate menurut ASME disimbolkan dengan 1G, 2G, 3G dan 4G.

a). Posisi dibawah tangan 1G (*Flat*)

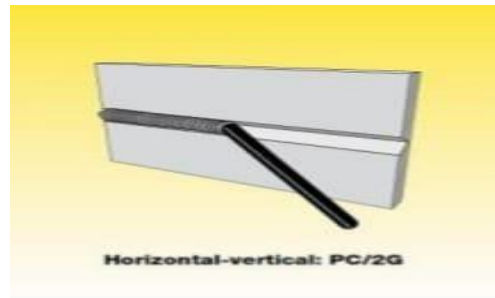
Posisi pengelasan 1G (*Flat*) adalah posisi pengelasan dibawah tangan (*hand down*) dengan posisi benda kerja horizontal pada pengelasan ini posisi elektroda membentuk sudut 30° s/d 50° .



Gambar 2.3 Posisi Pengelasan 1G

b). Posisi Tegak 2G (*vertical*)

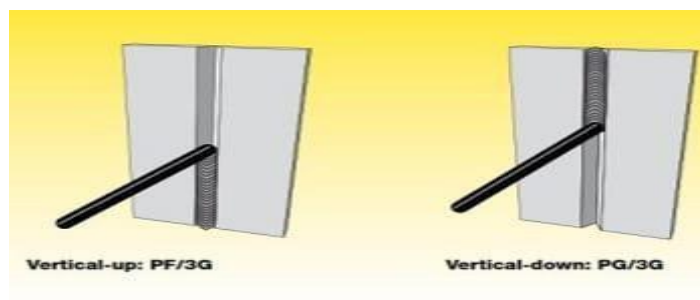
Posisi datar (Horizontal), Mengelas dengan horizontal biasa disebut juga mengelas merata dimana kedudukan benda kerja dibuat tegak dan arah elektroda mengikuti horizontal. Sewaktu mengelas elektroda dibuat miring sekitar $5^\circ - 10^\circ$ terhadap garis vertikal dan $70^\circ - 80^\circ$ ke arah benda kerja.



Gambar 2.4 Posisi Pengelasan 2G

c). Posisi Tegak 3G (*horizontal*)

Mengelas posisi tegak adalah apabila dilakukan arah pengelasannya keatas atau kebawah. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang paling sulit karena bahan cair yang mengalir atau menumpuk diarah bawah dapat diperkecil dengan kemiringan elektrodasekitar $10^{\circ} - 15^{\circ}$ terhada garis vertikal dan $70^{\circ} - 85^{\circ}$ terhadap benda kerja.



Gambar 2.5 Posisi Pengelasan 3G

d). Posisi diatas kepala 4G (*Overhead*)

Posisi diatas kepala 4G (*Overhead*) adalah pengelasan sambungan tumpul / butt Grooveposisi diataskepala /overhead padapelatdengan proseslas busurmanual. Posisi pengelasan diatas kepala (*overhead*), posisi pengelasan ini sangat sukar dan karena bahan cair banyak berjatuhan dapat mengenai juru las, oleh karena itu

diperlukan perlengkapan yang serba lengkap antar lain : Apron, sarung tangan, sepatu safety, dll. Mengelas dengan posisi ini benda kerja terletak pada bagian atas jurulas dan kedudukan elektroda sekitar 5° - 20° terhadap garis vertikal dan 75° - 85° terhadap benda kerja.



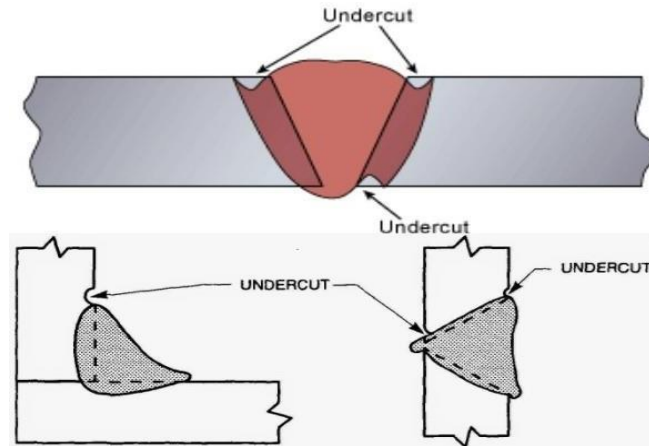
Gambar 2.6 Posisi Pengelasan 4G

2.1.2. Cacat Pengelasan

Cacat pada las SMAW adalah hasil pengelasan yang tidak memenuhi syarat yang sudah dituliskan di standar (ASME IX, AWS, API, ASTM). Penyebab cacat pada las SMAW dapat ditemukan adanya prosedur pengelasan yang salah, persiapan yang kurang dan juga dapat disebabkan oleh peralatan serta consumable yang tidak memenuhi standar. Jenis cacat las pada pengelasan ada beberapa tipe yaitu:

1. Undercut

Cacat las undercut adalah sebuah cacat pengelasan yang berada di bagian permukaan atau akar, bentuk cacat ini seperti cerukan yang terjadi pada base metal atau logam induk. Jenis cacat pengelasan ini dapat terjadi pada semua sambungan las, baik fillet, butt, lap, corner dan edge joint.



Gambar 2.7 Cacat las undercut

2. Porositas

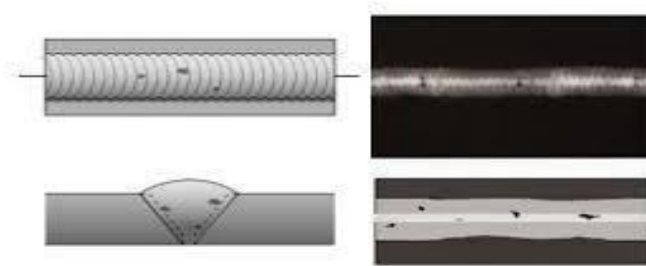
Cacat las porositas adalah sebuah cacat pengelasan yang berupa sebuah lubang-lubang kecil pada weldmetal (logam las), dapat berada permukaan maupun didalamnya. Porositas ini mempunyai beberapa tipe yaitu Cluster Porosity, Blow Hole dan Gas Pore.



Gambar 2.8 Cacat las porositas

3. Slag inclusion

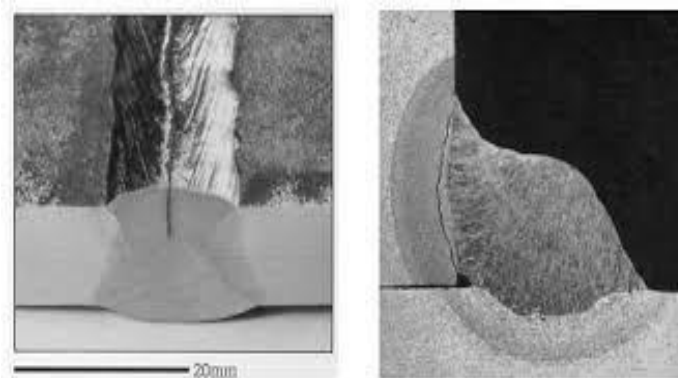
Cacat las slag inclusion adalah cacat yang terjadi pada daerah dalam hasil lasan. Cacat ini berupa slag (flux yang mencair) berada dalam lasan. Sering terjadi pada daerah stop and run (awal dan berhentinya proses pengelasan).



Gambar 2.9 Cacat las slag inclusion

4. Hot crack

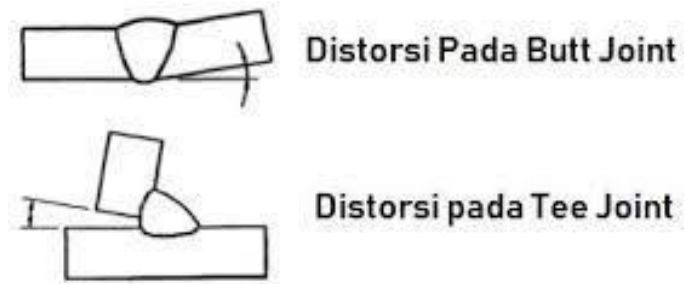
Cacat las hot crack adalah sebuah retak pada material pengelasan dimana posisi retak terjadi setelah proses pengelasan selesai atau saat proses pematatan logam lasan. Hot crack (retak panas) terjadi karena pemilihan elektroda yang salah dan tidak melakukan perlakuan panas.



Gambar 2.10 Cacat las hot crack

5. Distorsi

Pengertian distorsi pada pengelasan adalah sebuah perubahan bentuk material yang diakibatkan panas yang berlebih saat proses pengelasan berlangsung. Distorsi ini terjadi saat proses pendinginan, karena adanya panas yang berlebih maka material dapat mengalami penyusutan atau pengembangan sehingga akan tarik menarik dan membuat material tersebut melengkung.



Gambar 2.11 Cacat las distorsi

6. Over spatter

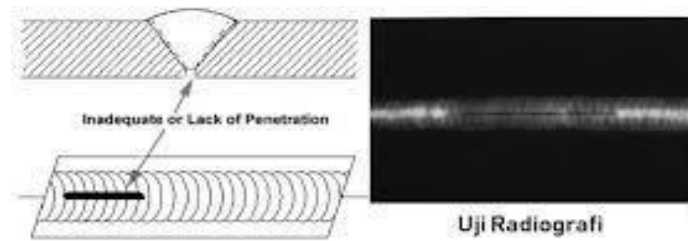
Spatter adalah percikan las, sebenarnya jika spatter dapat dibersihkan maka tidak termasuk cacat. Namun jika jumlahnya berlebih dan tidak dapat dibersihkan maka dikategorikan dalam cacat visual.



Gambar 2.12 Cacat las over spatter

7. Incomplete

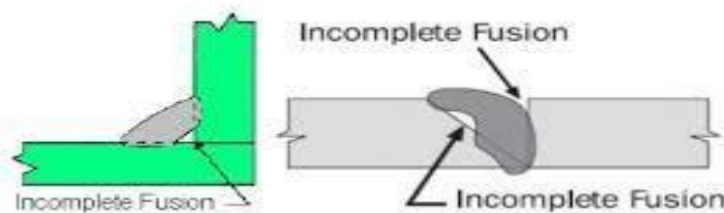
penetration Incomplete Penetration (IP) adalah sebuah cacat pengelasan yang terjadi pada daerah root atau akar las, sebuah pengelasan dikatakan IP jika pengelasan pada daerah root tidak tembus atau reinforcemen pada akar las berbentuk cekung.



Gambar 2.13 Cacat las incomplete penetration

8. Incomplete

fusion Cacat las incomplete fusion adalah sebuah hasil pengelasan yang tidak diinginkan karena ketidak sempurnaan proses penyambungan antara logam las dan logam induk. Cacat ini biasanya terjadi pada bagian samping lasan.



Gambar 2.14 Cacat las incomplete fusion

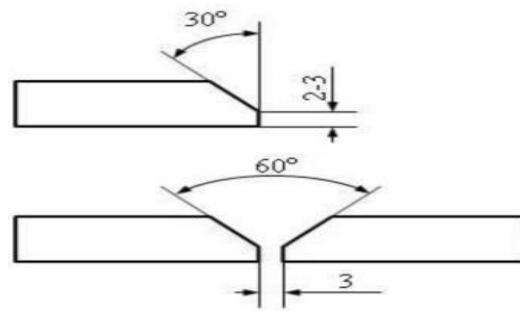
2.2. Sambungan Pengelasan *Groove*

Semua proses pengelasan harus merancang sambungan untuk mencapai efek sambungan yang baik atau lulus uji yang memenuhi standar atau spesifikasi yang disetujui. Oleh karena itu, sebelum proses pengelasan, pemilihan jenis pengelasan sangatlah penting. Ada banyak jenis sambungan dalam pengelasan, mulai dari sambungan *butt* atau sambungan tumpul, sambungan berbentuk T atau

sambungan sudut. Pengelasan semacam ini memiliki tujuan khusus. (Widharto dan Sri, 2007). Jenis sambungan las mempunyai beberapa macam yang menjadi jenis sambungan antara lain sebagai berikut :

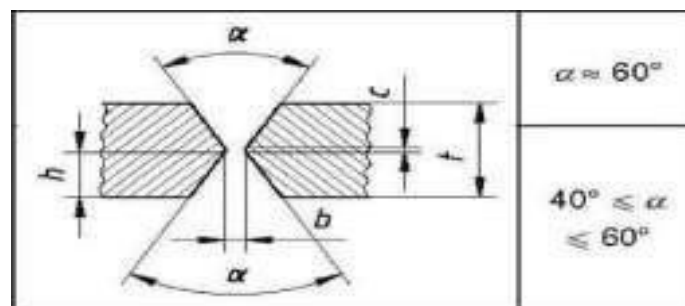
1. Sambungan butt joint

Sambungan *butt joint* adalah jenis sambungan tumpul, salah satu jenis sambungan ini yaitu *V groove* dengan posisi pengelasan 1G (*Groove*) yaitu sama dengan posisi 1F (*Fillet*) atau bisa juga disebut posisi pengelasan dibawah tangan (*Hand Down*).



Gambar 2.15 Kampuh las V.

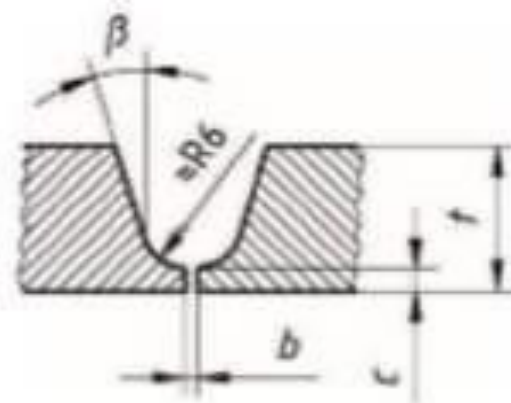
Kampuh X ditujukan untuk mengurangi tingkat endapan dan distorsi yang terjadi pada material. Sehingga kampuh jenis ini bisa digunakan pada material yang lebih tebal dibandingkan dengan jenis kampuh yang lainnya.



Gambar 2.16 Kampuh las X

Pembuatan kampuh U dengan cara di frais dengan $r = 3,7$ mm pada sisi bagian atas plat, sehingga bagian bawah tersisa kurang dari 3 mm pada tepi bagian

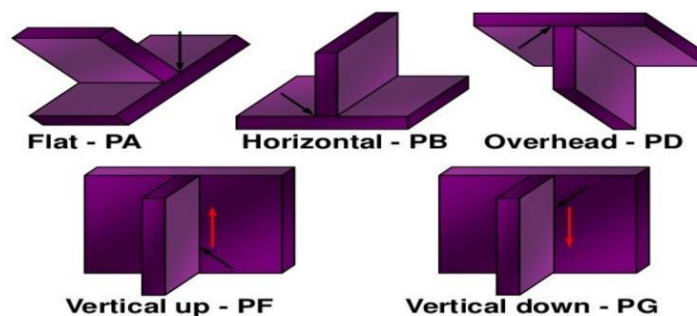
bawah plat (Salahudin, et al. 2021). Kampuh U ditunjukkan oleh gambar 2.13.



Gambar 2.17 kampuh las u.

2. Tee joint

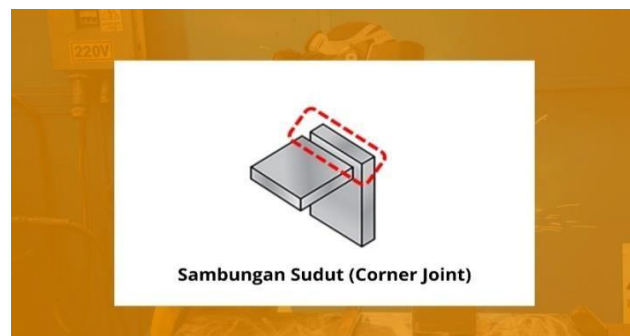
(Sambungan T) T joint adalah jenis sambungan yang berbentuk seperti huruf T, tipe sambungan ini banyak diaplikasikan untuk rancang bangun konstruksi atap, konveyor, dan jenis konstruksi lainnya. Untuk tipe groove juga digunakan untuk sambungan fillet yaitu double bevel, namun hal tersebut sangat jarang kecuali materialnya sangat tebal. Di bawah adalah gambar sambungan T pada pengelasan. Sambungan Tee ini banyak yang menyebutnya dengan sambungan fillet, padahal dalam pengelasan fillet merupakan jenis pengelasan. Yang termasuk pengelasan fillet atau fillet weld adalah sambungan Tee, Lap dan Corner.



Gambar 2.18 Sambungan T jo.

3. Comer joint

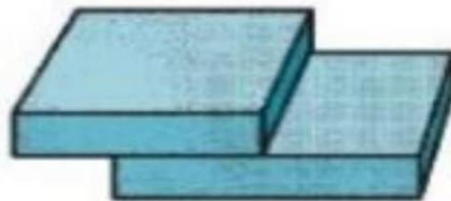
Corner joint mempunyai desain sambungan yang hampir sama dengan T joint, namun yang membedakannya adalah letak dari materialnya. Pada sambungan ini materialnya yang disambung adalah bagian ujung dengan joint ujung. Ada dua jenis corner joint, yaitu close dan open. Sambungan close corner adalah material 1 ditumpuk pada atas material 2, sedangkan open corner adalah sambungan plat yang saling bertemu pada bagian ujung.



Gambar 2.19 Sambungan corner joint.

4. Lap joint

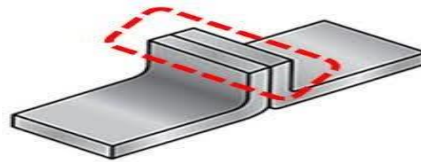
Tipe sambungan las yang sering digunakan untuk pengelasan spot atau seam. Karena materialnya ditumpuk atau disusun sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada bagian body kereta dan cenderung untuk aplikasi pada bagian body kereta dan cenderung untuk plat tipis. Jika menggunakan proses las SMAW, GMAW, atau FCAW pengelasannya sama dengan pengelasan fillet.



Gambar 2.20 Sambungan lap joint

5. EDGE joint

EDGE joint merupakan sambungan dimana salah satu benda kerja tegak lurus dengan benda kerja lainnya sehingga membentuk huruf “T”. Edge joint merupakan sambungan dimana kedua benda kerja sejajar satu sama lain dengan catatan salah satu ujung dari kedua benda kerja tersebut berada pada tingkat yang sama.



Gambar 2.21 Sambungan EDGE joint.

2.3. Arus Las

Arus las adalah besarnya arus yang keluar dari mesin las. Penggunaan arus las yang akan digunakan dapat diatur dengan alat las. Arus pengelasan harus sesuai dengan jenis bahan yang digunakan dalam proses pengelasan dan diameter elektroda. Jika terlalu kecil arus yang digunakan, las akan tidak cukup menyatu, dan jika terlalu besar arus, lasan akan terbentuk. (Saputra dan Hendi, 2014: 91). Hubungan diameter elektroda dengan arus listrik dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Hubungan diameter elektroda dengan arus listrik.

Diameter		Tipe Elektroda dan Amper yang Digunakan			
Mm	Inch	E6010	E6013	E7018	E7024
2,6	3/32	-	60-110	70-100	70-145
3,2	1/8	80-120	80-140	115-165	140-190
4	5/32	120-160	120-190	150-220	180-250
5	3/16	150-200	140-220	200-275	230-305
6	1/4	-	180-250	315-400	335-430
8	5/6	-	-	-	-

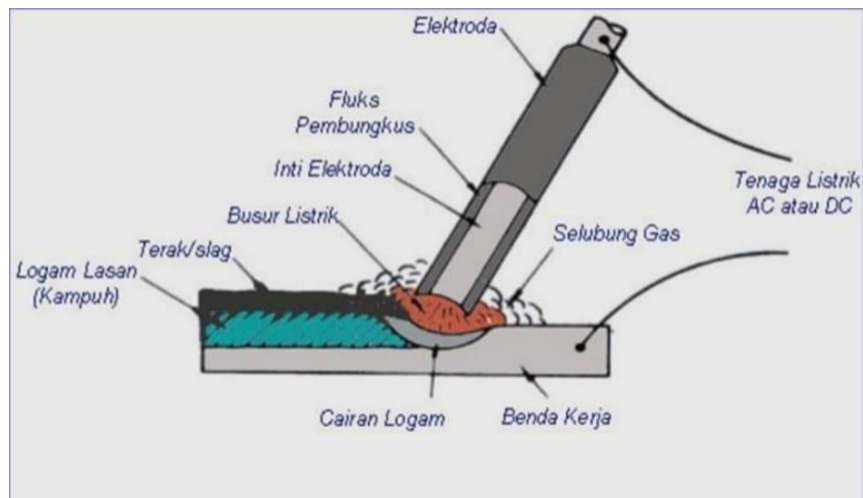
Pada proses pengelasan logam dengan teknik pengelasan SMAW kuat arus listrik yang digunakan dalam proses penyambungan logam merupakan indikator penting yang perlu di perhatikan, hal ini dikarenakan kuat arus listrik menentukan besarnya panas yang dihasilkan dari busur listrik pada nyala ujung elektroda yang digunakan, semakin besar arus yang diberikan, semakin besar panas yang dihasilkan dengan melelehkan logam utama dan menghubungkan logam atau elektroda. Sebaliknya, semakin rendah arus yang diberikan, semakin banyak panas yang dilepaskan saat melelehkan logam utama, dan semakin lemah sambungannya. (Arifinands, 1997).

Arus pengelasan merupakan parameter pengelasan yang secara langsung mempengaruhi laju penetrasi dan peleburan logam dasar, semakin tinggi arus pengelasan maka semakin tinggi pula laju penetrasi dan fusi. Besarnya arus pada las akan mempengaruhi hasil pengelasan. Jika arus terlalu kecil maka akan sangat sulit untuk mengalirkan fluida dari ujung elektroda yang digunakan dan busur yang dihasilkan juga akan tidak stabil. Panas yang dihasilkan tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, yang mengakibatkan pembentukan punggung las yang kecil dan tidak beraturan dan penetrasi logam dasar yang buruk. Jika arus terlalu besar, manik las lebar, percikan kecil, penetrasi. (Gemi, Hardani dan Bandriyan, 2014).

2.4. Elektroda dan Busur Las

Pengelasan busur atau SMAW menggunakan kawat las atau elektroda yang terdiri dari inti, terbuat dari logam dan dilapisi campuran kimia. Untuk aditif atau bahan pengisi elektroda terdiri dari dua bagian, yaitu yang pertama kawat

elektroda atau bagian inti elektroda yang terbungkus oleh *fluks*, dan bagian kedua salutan elektroda atau *fluks*. *Fluks* yang terkandung dalam elektroda selama proses pengelasan adalah untuk melindungi logam dasar dari pengaruh lingkungan udara bebas, dan untuk menghasilkan gas pelindung dan busur yang stabil, serta komponen pemandu. Secara umum diklasifikasikan menurut bahan yang akan dilas, batang las dapat dibagi menjadi batang las untuk baja karbon rendah, baja konduktif tinggi, baja konduktif, besi cor dan logam *non-ferrous*. Bahan elektroda harus memiliki karakteristik yang sama dengan bahan yang akan dilas. (Suharto, 1991).



Gambar 2.22 Nyala busur listrik elektroda.

Mengingat banyaknya jenis-jenis dan klasifikasi elektroda yang digunakan untuk berbagai jenis pengelasan, maka dibuatlah simbol dan kode yang mengidentifikasi jenis bahan pelapis, kekuatan mekanis, posisi/cara pengelasannya, jenis arus serta polaritas yang dikehendaki agar sesuai dengan bahan dan cara pengelasannya. (Widharto, 2008).

Pembuatan elektroda didasarkan pada standar sistem AWS (*American Welding Society*). Kode elektroda pada setiap angka adalah E XXXX, dan setiap

huruf memiliki arti masing-masing yaitu:

E = Elektroda yang digunakan untuk pengelasan busur.

XX = Kekuatan tarik deposit las dalam ribuan Lb/in^2 .

X = Posisi pengelasan, 1 berlaku untuk semua posisi pengelasan, 2 untuk pengelasan posisi datar.

X = Jenis *fluks* dan jenis ampere yang cocok digunakan untuk pengelasan.

(Daryanto, 2012).

Pada elektroda baja lunak yang membedakan hanya pada jenis selaputnya sedangkan kawat intinya sama.

1. Elektroda E6012 dan E6013.

Elektroda ini tergolong elektroda dengan jenis selaput rutil yang menghasilkan penembusan sedang untuk posisi pengelasannya dapat digunakan berbagai posisi pengelasan, akan tetapi kebanyakan jenis E6013 sangat baik untuk posisi tegak arah kebawah. Jenis E6012 dipakai pada ampere yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan elektroda E 6013. Elektroda E 6013 mengandung lebih banyak kalium sehingga pemakaiannya mudah pada voltage mesin yang rendah.

2. Elektroda dengan selaput serbuk besi.

Jenis elektroda E 6027, E 7014, E 7018, E 7024 dan E 7028 merupakan elektroda yang mengandung selaput serbuk besi guna meningkatkan efisiensi pengelasan. Pada umumnya selaput elektroda lebih tebal dengan bertambahnya persentase serbuk besi. Adanya serbuk besi dan bertambahnya tebal selaput maka memerlukan ampere yang lebih tinggi (Daryanto, 2018). Spesifikasi ukuran elektroda ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. spesifikasi ukuran elektroda.

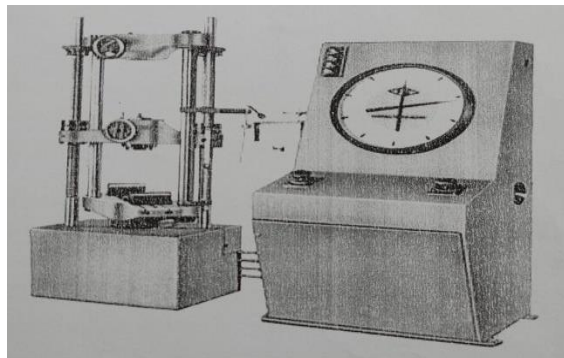
Diameter Standart Kawat Las		Klasifikasi Panjang Standar			
		E6010, E6011, E6012, E6013, E6014, E6015, E6018, E6022		E6020, E6027, E7024, E7027, E7028, E7048	
Inchi	Mm	Inchi	Mm	Inchi	Mm
1/16	16	-	230	-	-
5/64	2	9 atau 12	230 atau 300	-	-
3/32	2,4	12 atau 14	300 atau 350	12 atau 14	300 atau 350
1/8	3,2	14	350	14	350
5/32	4	14	350	14	350
3/16	4,8	14	354 atau 500	14 atau 18	350 atau 450
7/16	5,6	14 atau 18	350 atau 450	18 atau 28	450 atau 700
1/4	6,4	18	450	18 atau 28	450 atau 700
5/16	8	18	450	18 atau 28	450 atau 700

2.5. Pengujian Bending

Bending test adalah proses pengujian material di mana Anda dapat memperoleh hasil berupa data kekuatan lentur tentang material yang diuji. Uji lentur adalah bentuk pengujian yang digunakan untuk menentukan kualitas suatu material secara visual. Proses pembebanan menggunakan mandrel atau pusher dengan ukuran yang telah ditentukan untuk memaksa bagian tengah bahan uji atau sampel membengkok di antara dua penyangga yang dipisahkan oleh jarak yang telah ditentukan. Selain itu, material akan berubah bentuk ketika dua kekuatan yang berlawanan bekerja secara bersamaan. (Firmansyah, 2020).

Pengujian bending sangat penting dilakukan pada material guna untuk mengetahui kelenturan benda uji ketika mengalami suatu pembebanan, karena bending/kelenturan merupakan salah satu faktor penting dalam suatu perancangan konstruksi mesin maupun bangunan, untuk mendapatkan konstruksi yang kokoh atau mampu menerima beban sesuai dengan rancangan.

Setelah menekuk, permukaan spesimen yang berbentuk cembung harus diperiksa dari kemungkinan adanya retak atau cacat permukaan yang lain. Jika sampel patah setelah dibengkokkan, sampel dinyatakan tidak memenuhi syarat (*unqualified*). Namun jika tidak patah sampel dinyatakan memenuhi syarat (*qualified*), ukuran retakan permukaan atau cacat permukaan lain yang terlihat harus memenuhi *standard* referensi. Adanya retak pada sisi ketebalan atau sudut - sudut spesimen tidak dinyatakan sebagai kegagalan pengujian. (Firmansyah, 2020).



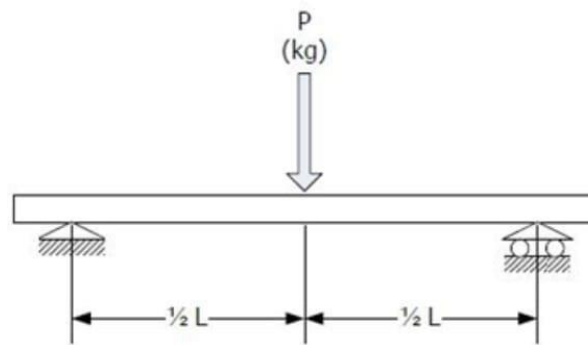
Gambar 2.23 Alat uji bending type MR – 20 - CT

2.5.1. Metode Uji Bending

Pengujian bending yang biasanya dilakukan ada dua yaitu:

1. Three point bending

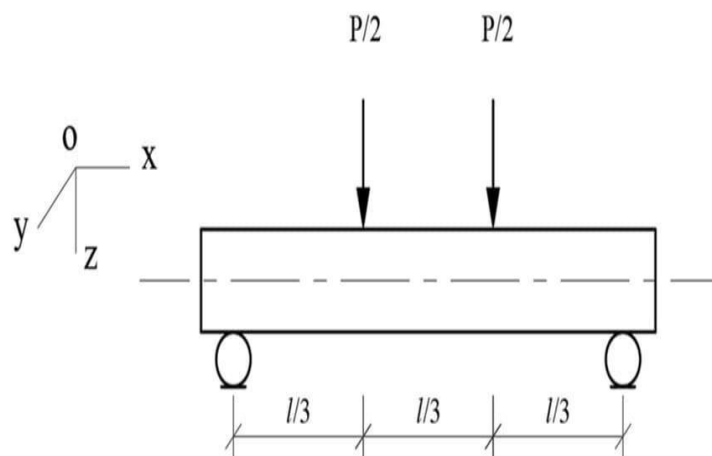
Uji tekuk metode tekuk tiga titik menggunakan dua titik di bagian bawah sampel sebagai alas dan satu titik di bagian atas sebagai uji penekan. Keuntungan menggunakan metode tekukan tiga titik adalah sampel mudah disiapkan dan diuji, sehingga lebih mudah membuat titiknya. (Abdul, 2011). Metode *three point bending* dengan *standard* AWS D1.1 dapat dilihat pada gambar 2.24.



Gambar 2.24 Metode *Three Point Bending*.

2. Four point bending

Spesimen diberi beban pada dua titik, yaitu pada $\frac{1}{3}L$ dan $\frac{2}{3}L$. Pembebanan menggunakan metode ini jauh lebih baik daripada metode *three point bending*, hal ini dikarenakan pada *Three Point Bending*, momen maksimumnya berada pada satu titik, sehingga dapat menyebabkan kesalahan dalam penghitungan karena tidak tepat pada titik tersebut. Berbeda dengan metode *Four Point Bending* yang nilai momen maksimumnya berada dalam interval tertentu, sehingga kesalahan akibat ketidakpresisian titik dapat dihindari.



Gambar 2.25 four point bending

2.5.2. Faktor yang Perlu Diperhatikan dalam Uji Bending

Faktor yang harus diperhatikan dalam uji bending sebagai berikut:

1. Titik pada pembebanan

Titik pembebanan pada pengujian bending dapat mempengaruhi data yang diperoleh. Dalam pengujian bending, nilai momen yang digunakan adalah nilai momen maksimum yang terjadi pada spesimen. Momen maksimum terjadi pada jarak tertentu pada spesimen. Oleh karena itu titik yang menjadi sasaran pembebanan haruslah titik dimana terjadinya momen maksimum pada spesimen agar momen yang didapatkan adalah momen maksimum.

2. Jarak tumpuan

Jarak tumpuan yang digunakan haruslah sesuai dengan standar, tidak terlalu jauh dan tidak terlalu dekat. Jarak tumpuan yang terlalu dekat dapat menyebabkan defleksi yang dapat terjadi terbatas karena bagian bawah spesimen telah lebih dulu menabrak bagian mesin. Jarak tumpuan yang terlalu jauh dapat memakan waktu yang lama

2.5.3. Fenomena yang Terjadi pada Uji Bending

Fenomena yang terjadi pada uji bending sebagai berikut:

1. Deformasi Plastis

Deformasi plastis adalah perubahan bentuk suatu material secara permanen. Meskipun beban yang diberikan dihilangkan, material tersebut tidak dapat kembali ke bentuk semula.

2. Strain Hardening

Pada pengujian bending terjadi fenomena *strain hardening*. *Strain hardening*

adalah fenomena pada material yang menyebabkan material tersebut menjadi lebih keras dan kuat ketika mengalami deformasi plastis.

Perhitungan yang digunakan sebagai berikut:

a. Momen Inersia

Momen inersia bending, atau lebih dikenal sebagai momen inersia dalam konteks mekanika struktur, adalah besaran yang menunjukkan ketahanan suatu penampang terhadap pembengkokan (bending). Momen inersia merupakan ukuran geometris dari distribusi luas penampang terhadap sumbu netral.

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

I = Momen Inersia Penampang (mm^4)

b = Lebar Benda Uji (mm)

h = Tebal Benda Uji (mm)

b. Momen Lentur Bending

Momen lentur bending adalah ukuran dari gaya dalam (internal force) yang menyebabkan sebuah benda melengkung atau membengkok. Momen lentur biasanya terjadi pada balok atau struktur yang menerima beban dari samping (gaya lateral).

$$M = \frac{P \times L}{4} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

M = Momen Lentur Bending (N/mm)

P = Gaya Beban yang Terjadi (N)

L = Panjang Benda Uji (mm)

c. Tegangan bending

Tegangan bending adalah tegangan yang timbul pada suatu benda ketika benda tersebut mengalami pembebanan lentur atau pembengkokan. Tegangan ini terjadi karena adanya momen lentur yang bekerja pada penampang benda, misalnya pada balok yang dibebani di tengah atau pada ujungnya.

$$\sigma = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

σ = Tegangan Bending (Mpa)

P = Gaya Beban yang Terjadi (N)

L = Panjang Benda Uji (mm)

b = Lebar Benda Uji (mm)

h = Tebal Benda Uji (mm)

d. Modulus Elastisitas Bending

Modulus elastisitas bending, atau dikenal juga sebagai modulus elastisitas lentur (flexural modulus), adalah ukuran kekakuan suatu material saat mengalami pembengkokan. Ini menunjukkan seberapa besar material dapat melawan deformasi ketika diberikan beban lentur.

$$Eb = \frac{P \times L^3}{32 \times b \times h^3} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

Eb = Modulus Elastisitas Bending (Mpa)

P = Gaya Beban yang Terjadi (N)

L = Panjang Benda uji (mm)

b = Lebar Benda Uji (mm)

h = Tebal Benda Uji (mm)

e. Beban maksimum bending.

Beban maksimum bending (F_{max}) adalah nilai beban gaya maksimum yang dapat diterima oleh material selama uji lentur sebelum mengalami kerusakan permanen. Nilai ini penting untuk menentukan batas kekuatan struktural suatu bahan.

$$F_{max} = \frac{2 \times \sigma \times b \times h^2}{3 \times L} \quad (2.5)$$

Dimana :

F_{max} : Beban Maksimum bending (N)

σ : Tegangan Bending (Mpa)

b : Lebar Spesimen (mm)

h : Tebal Spesimen (mm)

L : panjang spesimen (mm)

2.6. Material Baja AISI 1050

Baja adalah paduan yang dibentuk oleh unsur-unsur utama besi (Fe) dan karbon (C) dan unsur-unsur lain, seperti: Mn, Si, Ni, Cr, V, dan rasio pengaturannya sangat kecil. Elemen-elemen ini akan mempengaruhi kualitas baja. Dalam baja karbon rendah, kandungan karbonnya adalah 0,1% hingga 0,3%. Kekerasan relatif rendah, kelembutan dan keuletan tinggi. Baja ringan biasanya digunakan dalam bentuk pelat, profil, sekrup, ulir dan baut. (Darmawan, 2001).

Baja AISI 1050 adalah baja karbon dengan paduan karbon 0,48%-0,52%. Baja spesifikasi ini banyak digunakan sebagai bahan teknik antara lain sebagai bahan komponen mesin. Oleh karena itu penulis ingin mengetahui kekuatan sambungan las Baja AISI 1050 setelah di las SMAW dengan variasi kuat arus.

Huruf dan angka pada baja AISI 1050 memiliki arti yaitu :

AISI = American iron and steel institute

10 = Baja karbon biasa

50 = Kandungan karbon sekitar 0,50 %

1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah (low carbon steel) mengandung karbon antara 0,025% - 0,25% C. setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 10 – 30 kg karbon. Karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profil. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja, maka baja karbon rendah dapat digunakan sebagai berikut:

- a. Baja karbon rendah (low carbon steel) mengandung 0,04% - 0,10% C untuk dijadikan baja-baja pada plat atau strip.
- b. Baja karbon rendah yang mengandung 0,05% C digunakan untuk keperluan pada bodi kendaraan.
- c. Baja karbon rendah mengandung 0,15% - 0,20% digunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan, membuat baut atau dijadikan baja konstruksi.

2. Baja karbon menengah

Baja karbon menengah (medium carbon steel) mengandung karbon antara 0,25% - 0,55% C dan setiap satu ton baja karbon mengandung karbon antara 30 – 60 kg. Baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian mesin. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja maka baja karbon ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti industry kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.

3. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi (high carbon steel) mengandung kadar karbon antara 0,56% - 1,7% C dan setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung karbon antara 70 – 130 kg. Baja ini mempunyai kekuatan paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah pada kawat baja dan kabel baja

2.7. K3 Pengelasan

Pengelasan adalah teknik umum dipakai orang, namun keterampilan dan efisiensi keselamatan pengelasan butuh perhatian khusus. Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, akan tetapi sebenarnya didalamnya terdapat masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Karena itu di dalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek, secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara-cara pengelasan.

Namun selain praktik dan pengetahuan kita perlu alat keselamatan selama proses pengelasan agar keamanan diri terjaga. Untuk menghindari atau meminimalisir terjadinya kecelakaan perlu penguasaan pengetahuan akan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dan tindakan yang harus diambil agar proses kerja pengelasan menggunakan mesin las berjalan dengan baik.

Faktor yang paling dominan dalam keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada proses pengelasan adalah kecelakaan, Tindakan yang tidak aman, dan kondisi yang tidak aman.

1. Kecelakaan

Kecelakaan adalah kejadian yang tidak diinginkan yang dapat menimbulkan cedera fisik seseorang bahkan dapat berakibat fatal sampai kematian atau cacat seumur hidup dan kerusakan harta benda. Kecelakaan biasanya akibat kontak dengan sumber energi diatas nilai ambang batas dari badan atau bangunan. Kecelakaan juga merupakan kejadian yang tidak diinginkan yang mungkin dapat menurunkan efisiensi operasional suatu usaha.

2. Tindakan yang tidak aman

- Tidak memakai Alat Pelindung Diri (APD).
- Tidak mengikuti prosedur kerja yang berlaku di bidang pengelasan.
- Kurangnya pengetahuan dan ketrampilan operator pengelasan.
- Mental dan fisik operator las yang belum siap.

3. Kondisi tidak aman

- Lingkungan kerja yang kumuh dan kotor.
- Manajemen produksi yang tidak terencana dengan baik, sehingga pada satu lokasi dipenuhi oleh beberapa pekerja yang sangat menimbulkan potensi bahaya.
- Fasilitas dan sarana kerja yang tidak memenuhi standar, seperti scaffolding yang tidak aman, atau tidak tersedianya exhaust blower pada lokasi pengelasan.

- Terjadinya pencemaran dan polusi pada lingkungan kerja saat pengelasan seperti; debu, tumpahan oli, minyak dan limbah B3 sehingga sangat berpotensi merusak komponen dan peralatan pengelasan.

Selain keselamatan kerja, perlu diperhatikan juga sumber energi yang dapat digunakan untuk pengelasan. Hal ini termasuk penyalaan gas, busur listrik, laser, berkas electron, gesekan, dan ultrasound. Meskipun merupakan proses industry, pengelasan dapat dilakukan di berbagai lingkungan termasuk di udara terbuka dan di bawah air. Pengelasan adalah tindakan berbahaya dan tindakan pencegahan diperlukan untuk menghindari luka bakar, sengatan listrik, kerusakan penglihatan, penghirupan gas, asap beracun, dan paparan radiasi ultraviolet yang intens.

2.8. Penelitian Terdahulu

1. Haqi Rakha Hirma Atsari 2023, membuat penelitian yang berjudul Analisa Hasil Pengelasan Double Lap joint Pada Baja AISI 1050 untuk mendapatkan hasil dari variasi arus pengelasan SMAW dengan metode uji tarik. Rata – rata nilai tegangan terbesar yaitu sejumlah 371,4 Mpa pada arus listrik 100 Ampere dan rata – rata nilai tegangan terendah yaitu sejumlah 243,7 Mpa diperoleh dari arus listrik 150 Ampere.
2. Aditia 2019, membuat penelitian yang berjudul Analisa Kekuatan Sambungan Material AISI 1050 Dengan ASTM A36 Dengan Variasi Arus Pada Proses Pengelasan SMAW. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh arus listrik dan ASTM A36. Pada penelitian ini menunjukkan nilai pada arus

120 Ampere sebesar $51,27 \text{ kgf/mm}^2$ di ikuti oleh pengelasan 140 Ampere sebesar $49,31 \text{ kgf/mm}^2$ dan pengelasan dengan arus 160 Ampere sebesar $48,25 \text{ kgf/mm}^2$ dari data tersebut menunjukkan bahwa arus pengelasan berpengaruh terhadap kekuatan tarik material.

3. Oktavian Dwi Nata Januari 2021, membuat penelitian untuk mendapatkan angka daya uji *bending* pada pengelasan SMAW menggunakan kawat las E6013 dengan beragam variasi arus listrik, 80A, 90A dan 100A dengan ketebalan plat 10 mm. Angka daya uji *bending* yang lebih rendah adalah pada arus 80A dimana angka rata-rata tekanan *bending* $1,256 \text{ N/mm}^2$. Angka rata-rata daya uji *bending* pada arus 90A rata-rata tekanan *bending* $1,305 \text{ N/mm}^2$. Pada arus 100A mempunyai angka lebih besar adalah $1,387 \text{ N/mm}^2$.
4. Gustina Effrianti Januari 2021, membuat penelitian untuk mengetahui pengaruh tegangan listrik dan jenis jahitan pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan uji *bending joint* ST 37. Bahwa nilai hasil uji *bending* tertinggi terjadi di arus 130A dengan nilai $42,579 \text{ kgf/mm}^2$ pada benda uji 6.
5. Oka Wahyu Januari 2019, membuat penelitian untuk mengetahui kekuatan sambungan pengelasan SMAW dengan variasi kuat arus dan gerakan pengelasan pada baja karbon rendah dengan pengujian *bending*, bahwa hasil data yang di dapatkan nilai yang paling tinggi terjadi di arus las 90A dengan gerakan pengelasan mundur pola zig zag dengan nilai $77,44 \text{ kgf/mm}^2$ dan terendah yaitu pada variasi arus listrik 70A dengan gerakan pengelasan maju pola zig zag dengan nilai $14,98 \text{ kgf/mm}^2$.
6. Awal Syahrani September 2019, membuat penelitian untuk mengetahui variasi arus terhadap kekuatan tarik dan *bending* pada hasil pengelasan SM490. Arus

las yang digunakan adalah 140A, 150A, 160A dengan ketebalan plat 14 mm. Bahwa hasil data yang di dapatkan nilai yang mengalami penurunan terjadi di arus las 140A dengan nilai 40,635 Mpa. Nilai yang mengalami peningkatan terjadi di arus las 150A dengan nilai 42,484 Mpa. Nilai yang paling tinggi terjadi pada arus las 160A dengan nilai 45, 069 Mpa. terjadi pada arus las 160A dengan nilai 45,069 Mpa.