

Analisa variasi arus listrik pada proses pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) baja karbon sedang terhadap kekuatan bending hasil pengelasan

Heru Setiawan¹, Tri Cahyo Wahyudi^{2*}, Muh Thohirin³

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai
Jl. Imam bonjol no. 486 langkapura bandar lampung

*Corresponding author: tricahyowahyudi3@gmail.com

Abstract

Welding is a process of joining two or more metals into a form of connection using a heat process. This study aims to determine the value of the bending test strength on SMAW welding using the E6013 electrode, using variations of electric current, namely 100A, 110A, 120A and cooling media. The welding method used is SMAW welding with AISI 1037/ST37 material. The type of seam used is V-slope with a slope of 60° according to AWS d1.1:2000 standardization. The test carried out is a bending test using the Three Point Bending method. The value of the bending stress at room temperature media is 113.3 kgf at a current of 110A with the lowest value. For the current strength of 120A, the largest is 117.3 kgf. The value of the bending stress on mineral water immersion media is 103 kgf at a current of 120A with the lowest value. For a current of 100A, the largest is 110.3 kgf.

Keywords: *medium carbon steel, shielded metal arc welding, electric current, three point bending.*

Abstrak

Pengelasan adalah suatu proses menyatukan dua buah logam atau lebih menjadi suatu bentuk sambungan dengan menggunakan proses panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan pengujian bending pada pengelasan SMAW menggunakan elektroda E6013, menggunakan variasi arus listrik yaitu 100A, 110A, 120A dan media pendingin. Metode pengelasan yang digunakan yaitu las SMAW dengan material AISI 1037/ST37. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan kemiringan 60° standarisasi AWS d1.1:2000. Pengujian yang dilakukan adalah uji bending menggunakan metode Three Point Bending. Nilai tegangan bending pada media suhu ruang adalah 113,3 kgf pada kuat arus 110A dengan nilai terendah. Untuk kuat arus 120A adalah yang terbesar yaitu 117,3 kgf. Nilai tegangan bending pada media pencelupan air mineral adalah 103 kgf pada kuat arus 120A dengan nilai terendah. Untuk kuat arus 100A adalah yang terbesar yaitu 110,3 kgf.

Kata kunci: *baja karbon sedang, las shielded metal arc welding, arus listrik, three point bending.*

Pendahuluan

Pengelasan adalah suatu proses menyatukan dua buah logam atau lebih menjadi suatu bentuk sambungan dengan menggunakan proses panas. Panas tersebut

diperlukan untuk mencairkan bagian logam yang akan disambung dengan elektroda sebagai bahan tambah atau *filler* [1]. Elektroda yang berfungsi sebagai bahan pengisi mencair bersama dengan benda kerja dan setelah dingin akan menjadi satu

kesatuan yang sukar dipisahkan dan membentuk paduan logam las atau *weld metal*. Pada saat logam las masih berupa cairan selanjutnya pelan – pelan akan membeku selalu dilindungi oleh terak atau slang yang berfungsi melindungi logam las dari oksidasi udara luar agar kualitas logam las dapat terjaga. Terak atau slang dibentuk dari bahan salutan pada elektroda. Kualitas dari sambungan las inilah yang akan membentuk kualitas dari sebuah sambungan las. Karena kerapatan terak lebih kecil dari logam las yang mencair, terak biasanya berada pada permukaan dan dapat dihilangkan dengan mudah setelah dingin, namun pendinginan sambungan yang terlalu cepat dapat menjerat terak sebelum naik ke permukaan.

Berlaku dua syarat yang menentukan dalam pengelasan yakni bahan yang disambung harus dapat mencair oleh panas yang mana sumber panasnya itu sendiri bisa didapat dari busur listrik, campuran gas bakar dan oksigen, tahanan listrik dll, serta bahan yang disambung harus cocok (*compatible*) dengan bahan yang akan disambung, penyambungan dua bahan yang tidak cocok bisa dilakukan dengan menggunakan bahan tambah yang cocok bagi kedua bahan yang akan disambung [2].

Penyetelan kuat arus dalam pengelasan tentunya berpengaruh terhadap hasil pengelasan. Ketika arus yang digunakan terlalu rendah maka penyalaan pada ujung elektroda akan sukar, dan menyebabkan ketidak stabilan busur listrik. Serta tidak dapat melelehkan bahan tambah elektroda dan material yang akan di las sehingga hasil pengelasannya tidak sempurna. Sebaliknya ketika arus yang digunakan terlalu tinggi maka bahan tambah elektroda akan cepat mencair mengakibatkan permukaan yang lebar serta penembusan terhadap material yang di las serta dapat mengurangi kekuatan dari material tersebut [3]. Panas yang dihasilkan saat proses pengelasan pastinya akan mengakibatkan logam di sekitarnya akan mengalami siklus thermal yang sangat cepat.

Siklus thermal yang terlalu berlebihan dapat menyebabkan perubahan sifat fisik pada material. Kekuatan hasil pengelasan dipengaruhi oleh jenis elektroda, variasi arus listrik. Faktor penentu yang menjadi indikator hasil pengelasan adalah permukaan material yang bersih akan menghasilkan sambungan las yang jauh lebih kuat, oksidasi permukaan harus dihilangkan karena dapat saja terperangkap dalam logam yang membeku. Untuk itu perlu dilakukan uji bending, tujuan dilakukan uji bending pada pengelasan adalah untuk mengetahui kualitas hasil las berdasarkan variasi arus listrik, jenis elektroda yang digunakan saat proses pengelasan. Sedangkan pemeriksaan adalah untuk menentukan standar-standar kualitas tertentu, tujuan pengujian dan pemeriksaan adalah untuk menjamin kualitas dan memberikan kepercayaan yang akan di las.

Uji *bending* adalah suatu proses pengujian material dengan cara di tekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (*bending*) suatu material yang di uji. Pada umumnya alat uji *bending* memiliki beberapa bagian utama, seperti: rangka, alat tekan, *point bending* dan alat ukur. Rangka berfungsi sebagai penahan gaya balik yang terjadi pada saat melakukan uji *bending*. Rangka harus memiliki kekuatan lebih besar dari kekuatan alat tekan, agar tidak terjadi kerusakan pada rangka pada saat melakukan pengujian. Alat tekan berfungsi sebagai alat yang memberikan gaya tekan pada benda uji pada saat melakukan pengujian. Alat penekan harus memiliki kekuatan lebih besar dari benda yang di uji (ditekan). *Point bending* berfungsi sebagai tumpuan benda uji dan juga sebagai penerus gaya tekan yang dikeluarkan oleh alat tekan. Panjang pendek tumpuan *point bending* berpengaruh terhadap hasil pengujian. Proses pengujian *bending* hasil lasan pada pelat baja ST 37 bahwa semakin tinggi arus listrik yang digunakan pada saat proses pengelasan maka hasil kekuatan bending semakin besar [4]. *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) merupakan material penyambungan antara

dua plat atau lebih. Penyambungan ini dipengaruhi oleh arus listrik yang menimbulkan panas yang terjadi pada saat pengelasan logam dengan kuat arus bervariasi, akibat pengaruh panas yang terjadi pada saat pengelasan dengan arus yang berbeda maka menyebabkan perubahan struktur mikro pada daerah HAZ. jika arus amper berbeda maka hasil pada saat pengelasan di uji bending hasil juga berbeda. penelitian yang akan dilakukan menggunakan variasi arus listrik 100, 110, dan 120 amper untuk mencari hasil lasan yang baik.

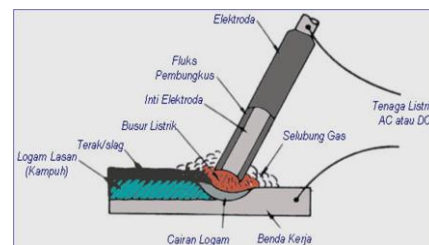
Tinjauan Pustaka

Pada proses pengelasan pada dua logam atau lebih yang disambung dapat menyatu secara langsung tanpa diperlukan bahan tambahan, namun terkadang masih diperlukan bahan tambahan lain agar deposit logam lasan terbentuk dengan baik, bahan yang digunakan pada proses pengelasan disebut dengan bahan tambah (*filler metal*). *Filler metal* banyak dipergunakan untuk melakukan pengelasan, sehingga biasa dinamakan sebagai elektroda pada las (*welding rod*). Pada proses pengelasan yang berlangsung (*welding rod*) atau elektroda las dibenamkan ke dalam cairan logam yang tertampung dalam suatu cekungan yang disebut *welding pool* dan hasil dari proses pengelasan secara bersama-sama membentuk deposit logam lasan, cara seperti ini paling banyak digunakan dalam industri kecil atau rumahan dan dinamakan Las Listrik atau SMAW (*Shielded metal Arc welding*) [5].

1. Pengertian Pengelasan SMAW

SMAW dikenal juga dengan istilah *Manual Metal Arc Welding* (MMAW) atau Las elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi suatu sambungan yang tetap, dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah/pengisi berupa elektroda terbungkus. Pada proses las elektroda

terbungkus, busur api listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan logam induk/benda kerja (*base metal*) akan menghasilkan panas. Panas inilah yang mencairkan ujung elektroda (kawat las) dan benda kerja secara setempat. Busur listrik yang ada dibangkitkan oleh mesin las. Elektroda yang dipakai berupa kawat yang dibungkus oleh pelindung berupa fluks. Dengan adanya pencairan ini maka kampuh las akan terisi oleh logam cair yang berasal dari elektroda dan logam induk, terbentuklah kawah cair, lalu membeku maka terjadilah logam lasan (*weldment*) dan terak (slag), seperti pada gambar 1.



Gambar 1 - Prinsip kerja las listrik [5]

2. Daerah Pengaruh Panas atau Heat Affected Zone (HAZ)

Daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone* (HAZ) adalah logam dasar yang bersebelahan langsung dengan logam yang sedang dilakukan proses pengelasan, selama proses pengelasan suatu bahan akan mengalami siklus termal pemanasan dan mengalami proses pendinginan yang cepat sehingga plat pada daerah ini yang paling kritis dari sambungan hasil pengelasan. Secara visual logam pada daerah yang paling dekat dengan pada garis hasil dari pengelasan maka susunan struktur logamnya semakin kasar [6].

Zona yang terpengaruh panas adalah sesuatu yang terjadi ketika logam terkena suhu tinggi. Ini memiliki dampak negatif pada desain dan struktur logam. Artikel ini membahas efek tersebut dan cara mengurangnya.

Beberapa prosedur produksi (proses manufaktur) yang menghasilkan HAZ adalah pemotongan mekanis, pemotongan

termal dan pengelasan. Dengan pemotongan mekanis, kekuatan geser logam harus dilampaui. Sebagian besar energi diubah menjadi panas yang mempengaruhi masa pakai alat dan logam yang dipotong.

3. Metode Pemotongan Thermal

Seperti pemotongan laser dan pemotongan plasma, sebenarnya menggunakan panas untuk memotong. Sekali lagi, perubahan struktural dan estetika yang sama, juga terjadi.

Pengelasan, seperti halnya pemotongan termal, menggunakan suhu yang sangat tinggi untuk menambahkan logam cair atau melelehkan bagian itu sendiri. Karena pembentukan zona yang terpengaruh panas memiliki efek yang cukup besar pada kualitas produk akhir, adalah baik untuk memahami berbagai aspeknya.

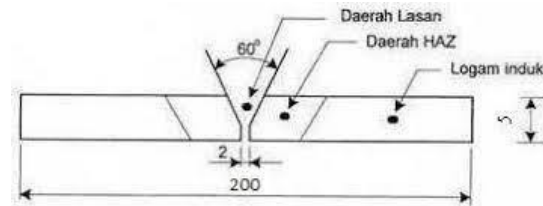
4. Efek dari HAZ

Zona yang terpengaruh panas menyebabkan perubahan struktural pada logam yang melemahkan bagian di daerah ini. Sifat mekanik logam seperti tahanan kelelahan, distorsi, dan retak permukaan menjadi terpengaruh.

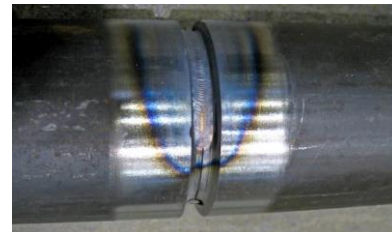
Hal tersebut membuatnya menjadi sangat penting untuk mempelajari tentang efek HAZ. Hal ini berlaku bahkan jika Anda tidak memotong atau mengelas logam sendiri.

5. Mengurangi Pembentukan HAZ

Mengelas atau memotong logam, kuncinya ada dalam kecepatan. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, paparan panas yang lebih singkat menyisakan HAZ yang lebih rendah. Kemungkinan untuk mengoptimalkan kecepatan, datang ke peralatan dan operator alat berat. Mengetahui cara Anda mengatur mesin hingga kinerja terbaik mengarah ke hasil yang luar biasa.



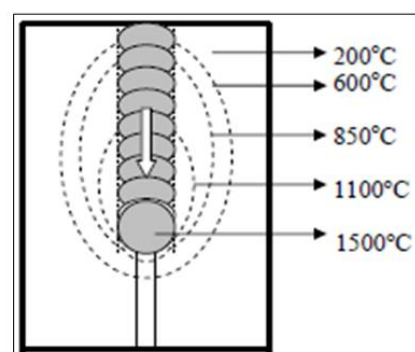
Gambar 2. Daerah Pengaruh Panas atau Heat Affected Zone (HAZ) [7]



Gambar 3. Daerah Pengaruh Panas atau Heat Affected Zone (HAZ) [7]

6. Perubahan Sifat Logam Setelah Proses Las

Logam hasil dari proses pengelasan mengalami pemanasan hingga temperatur 1500°C dan daerah Heat affected zone bervariasi mulai 200°C hingga 1100°C (lihat Gambar 22). Temperatur 1500°C pada logam hasil dari proses pengelasan menyebabkan pencairan. Pada temperature 200°C - 1100°C yang menyebabkan perubahan struktur mikro pada logam dasar baik ukuran maupun bentuk dari logam tersebut [6]



Gambar 4. Distribusi Temperatur Saat Pengelasan [7]

7. Distorsi pada Sambungan Las

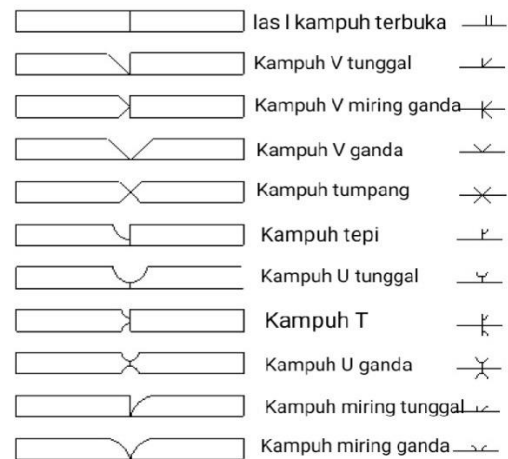
Setiap logam yang dipanaskan mengalami pemuaian, sedangkan pemuaian itu sendiri yaitu bertambahnya ukuran suatu

benda karena dipengaruhi oleh perubahan suhu atau bertambahnya ukuran suatu benda karena menerima kalor. Setiap logam yang mengalami pemuaian setiap dipanaskan dan ketika pendinginan suatu benda akan mengalami penyusutan. Fenomena ini menyebabkan adanya ekspansi dan kontraksi pada logam yang akan dilakukan pengelasan sedangkan ekspansi dan kontraksi pada logam yang dilas ini menurut istilah metalurgi dinamakan distorsi. Distorsi akan menyebabkan bentuk akhir yang tidak memenuhi syarat baik dalam keindahan maupun letak, dapat menjadi bagian terlemah, mengganggu distribusi gaya [6]. Distorsi Sambungan Las Akibat Panas Saat Proses Pengelasan. Perubahan Sifat Logam Setelah Proses Las Pencairan logam saat pengelasan menyebabkan adanya perubahan fasa logam dari padat hingga mencair. Ketika logam cair mulai membeku akibat pendinginan cepat, maka akan terjadi perubahan struktur mikro dalam deposit logam las dan logam dasar yang terkena pengaruh panas (Heat affected zone/HAZ).

8. Pengertian Kampuh Las

Kampuh las merupakan bentuk potongan plat yang akan disambung. Tujuan pembuatan kampuh pengelasan ini untuk mendapatkan penetrasi atau penembusan yang dalam dari hasil pengelasan. Kampuh ini dibuat atau diaplikasikan pada material yang tebal,

a. Jenis-Jenis Kampuh Las



Gambar 5. Kampuh las [8]

b. Point Bending

Point bending adalah suatu sistem atau cara dalam melakukan pengujian lengkung (*bending*). *Point bending* ini memiliki 2 tipe, yaitu: *three point bending* dan *four point bending*.

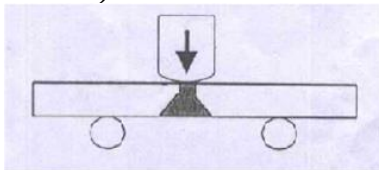
Perbedaan dari kedua cara pengujian ini hanya terletak dari bentuk dan jumlah *point* yang digunakan, *three point bending* menggunakan 2 *point* pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 1 *point* pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan sedangkan *four point bending* menggunakan 2 *point* pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 2 *point* (penekan) pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan. Selain itu juga terdapat beberapa kelebihan dan kelemahan dari cara pengujian *three point* dan *four point*. Uji lengkung (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di weld metal maupun HAZ.

9. Pengujian Tekuk Melintang (Transversal Bending).

Pada transversal bending ini, pengambilan spesimen tegak lurus dengan arah pengelasan. Berdasarkan arah pembebanan dan lokasi pengamatan, pengujian *transversal bending* dibagi menjadi tiga :

a. Face Bend (Bending pada permukaan las)

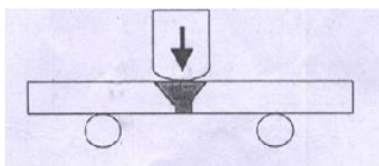
Dikatakan *Face Bend* jika bending dilakukan sehingga permukaan las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan (gambar). Pengamatan dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan tarik. Apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di weld metal, HAZ atau di fusion line (garis perbatasan WM dan HAZ).



Gambar 6. Skema Pengujian Tekuk Face Bend pada transversal Bending [9]

b. Root Bend (Bending pada akar las)

Dikatakan *Root Bend* jika bending dilakukan sehingga akar las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan (gambar 7). Pengamatan dilakukan pada akar las yang mengalami tegangan tarik, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di weld metal, HAZ atau di fusion line (garis perbatasan WM dan HAZ).

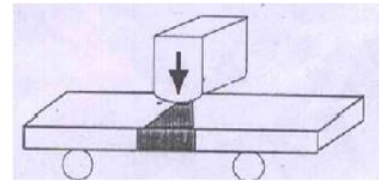


Gambar 7. Skema Pengujian Tekuk Root Bend pada transversal Bending [9]

c. Side Bend (Bending pada sisi las).

Dikatakan *Side Bend* jika bending dilakukan sehingga sisi las (gambar 8). Pengujian ini dilakukan jika ketebalan material yang di las lebih besar dari 3/8 inchi. Pengamatan dilakukan pada sisi las tersebut, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di

Weld metal, HAZ atau di fusion line (garis perbatasan WM dan HAZ).



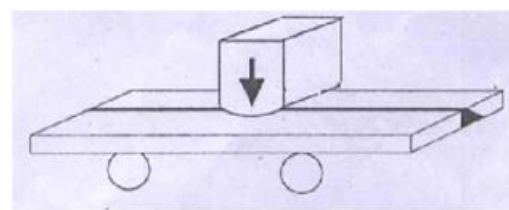
Gambar 8. Skema Pengujian Tekuk Side Bend pada transversal Bending [9]

10. Pengujian Tekuk Memanjang (Longitudinal Bending)

Pada *longitudinal bending* ini, pengambilan spesimen searah dengan arah pengelasan berdasarkan arah pembebanan dan lokasi pengamatan, pengujian longitudinal bending dibagi menjadi dua :

a. Face Bend (Bending pada permukaan las)

Dikatakan *Face Bend* jika bending dilakukan sehingga permukaan las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan (gambar 9). Pengamatan dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan tarik, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di Weld metal, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ).

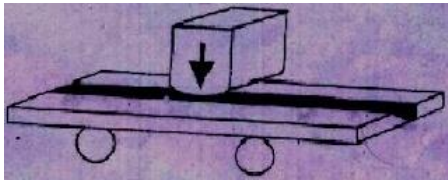


Gambar 9.= Skema Pengujian Tekuk Face Bend pada longitudinal Bending [10]

b. Root Bend (Bending pada akar las)

Dikatakan *Root Bend* jika bending dilakukan sehingga akar las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan (gambar 10). Pengamatan dilakukan pada akar las yang mengalami tegangan tarik, apakah timbul retak atau

tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di Weld metal, HAZ atau di fusion line (garis perbatasan WM dan HAZ).



Gambar 10. Skema Pengujian Tekuk Root Band pada longitudinal Bending [10]

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode eksperimental dengan melakukan pengujian uji bending pada hasil pengelasan. Pengujian dilakukan menggunakan Baja karbon sedang AISI 1037/ST37. Pengelasan dilakukan dengan variasi arus listrik untuk mengetahui tegangan bending pada media pendingin suhu ruang dan air mineral, dengan batasan masalah

1. Baja karbon sedang AISI 1037/ST37
2. Elektroda RB 26 Size 3,2 mm E6013 AWS:A5.1.
3. Variasi arus yang digunakan yaitu 100 A, 110 A dan 120 A.
4. Kampuh V dengan sudut 60°.
5. Pengujian kekuatan sambungan las menggunakan uji bending.
6. Gerakan pengelasan maju dan mundur menggunakan pola zig-zag
7. Menggunakan pengelasan type SMAW metode pendinginan suhu ruang dan metode pencelupan air mineral.
8. Menggunakan alat uji bending rancangan mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro.

2. Tahapan Penelitian

Berikut ini merupakan tahapan-tahapan pengujian dalam penelitian ini :

- a. Persiapan bahan
Persiapan pertama yaitu proses penyiapan bahan baku. Bahan baku

yang digunakan yaitu Baja karbon sedang AISI 1037/ST37.

b. Persiapan alat

Tahapan kedua yaitu persiapan alat, alat yang digunakan antara lain mesin las dan perlengkapannya, tang, meteran dan perlengkapan penunjang lainnya.

c. Pengelasan

Pada tahapan ini spesimen penelitian dilas menggunakan mesin las listrik. Specimen dilas menjadi satu bagian menggunakan elektroda, panas yang dihasilkan elektroda dapat mencairkan specimen sehingga specimen dapat merekat pengelasan menggunakan variasi arus listrik.

d. Uji Bending

Pengujian bending bertujuan mengetahui kekuatan bending pada hasil lasan pada sambungan Baja karbon sedang AISI 1037/ST37 pada variasi arus listrik.

e. Tahap Akhir Pengujian

Setelah pengujian telah selesai peralatan-peralatan dibersihkan dan dirapikan kembali.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- a. 1 set alat las
- b. Alat Uji Bending
- c. Gerinda
- d. Peralatan Keamanan
- e. Tang

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon sedang AISI 1037/ST37 dengan panjang 150 mm, lebar 20 mm dan ketebalan 10 mm.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian *bending* yang telah dilakukan, Pada saat proses pengujian ada 18 spesimen yang diuji dengan variasi arus listrik 100A, 110A dan 120A. menggunakan kawat las E6013 maka diperoleh data sebagai berikut:



Gambar 11. Bahan baja karbon sedang

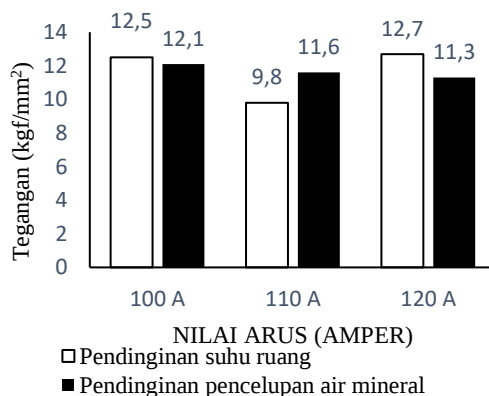


Gambar 12. Hasil pengelasan bahan



Gambar 13. Proses pengujian

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diketahui pengaruh media pendinginan hasil pengelasan terhadap pengujian bending sebagai berikut.



Gambar 14 - Grafik pengaruh media pendinginan hasil pengelasan terhadap pengujian bending

Dari Gambar 14. Grafik pengaruh media pendinginan hasil pengelasan terhadap pengujian bending dapat diketahui bahwa nilai tegangan lengkung media pendinginan suhu ruang dan pendinginan pencelupan air mineral dan variasi arus listrik pengelasan berpengaruh terhadap hasil pengujian bending. Nilai tertinggi pada pengujian bending menggunakan media pendingin suhu ruang diketahui yaitu sebesar 12,7 kgf/mm² pada kuat arus 120A. sedangkan untuk pendinginan pencelupan air mineral diketahui nilai tertinggi adalah 12,1 kgf/mm² dengan kuat arus 100A.

Pada Gambar 14. baris kesatu menjelaskan bahwa pada kuat arus 100A specimen 1,2 dan 3 tidak ada masalah dipemrosesan pemotongan specimen, pembuatan kampuh, dan pengujian *bending*. Tetapi pada saat proses pengelasan terdapat masalah yaitu tidak penuhnya dibagian ujung saat pengelasan sehingga luas penampang berkurang. sehingga nilai yang didapatkan waktu pengujian yaitu dengan nilai tertinggi pada kuat arus 100A yaitu 117 kgf dan nilai terendahnya 100 kgf pada kuat arus listrik 100A dengan media pendinginan suhu ruang.

Pada gambar 14. baris kedua menjelaskan bahwa pada kuat arus 110A kawat las yang digunakan E6013. Pada saat pengelasan terdapat masalah pada saat proses pengelasan pada specimen yang akan diuji, yaitu terjadinya cacat las pada specimen saat pengelasan. Besarnya beban uji *bending* senilai 90,7 kgf sehingga menyebabkan nilai rata-rata uji bending 110A paling rendah.

Pada gambar 14. baris ketiga menjelaskan bahwa pada kuat arus 120A tidak ada masalah dipemrosesan pemotongan specimen, pembuatan kampuh, dan pengujian *bending*. Tetapi pada saat proses pengelasan terdapat masalah yaitu tidak penuhnya dibagian ujung saat pengelasan sehingga luas penampang berkurang. sehingga nilai yang didapatkan waktu pengujian yaitu dengan nilai tertinggi pada kuat arus 120A yaitu 127 kgf dan nilai

terendahnya yaitu sebesar 105 kgf pada kuat arus 120A.

Pada gambar 14. dilihat bahwa pengujian bending hasil pengelasan yang telah dilakukan dengan variasi arus pengelasan sebesar 100A, 110A dan 120A menggunakan media pendingin pencelupan air mineral yaitu dengan cara di dinginkan secara mendadak. Proses pendinginan dalam proses pengelas merupakan proses pengerasan sifat logam. Pada tabel 8 diketahui bahwa pada baris pertama dengan kuat arus 100A tidak ada masalah dipemrosesan pemotongan specimen, pembuatan kampuh, dan pengujian *bending*, Tetapi pada saat proses pengelasan terdapat masalah yaitu tidak penuhnya dibagian ujung saat pengelasan sehingga luas penampang berkurang sama kasusnya seperti yang specimen yang lainnya. sehingga nilai yang didapatkan waktu pengujian yaitu dengan nilai tertinggi pada kuat arus 100A adalah 116 kgf dan nilai terendahnya yaitu 105 kgf.

Pada gambar 14. baris kedua menjelaskan bahwa pada kuat arus 110A tidak ada masalah dipemrosesan pemotongan specimen, pembuatan kampuh, dan pengujian *bending*, Tetapi pada saat proses pengelasan terdapat masalah yaitu tidak penuhnya dibagian ujung saat pengelasan sehingga luas penampang berkurang. sehingga nilai yang didapatkan waktu pengujian yaitu dengan nilai tertinggi pada kuat arus 110A yaitu 106 kgf dan nilai terendahnya yaitu sebesar 100 kgf pada kuat arus 110A dengan media pendinginan pencelupan air mineral.

Pada gambar 14. baris ketiga menjelaskan bahwa pada kuat arus 120A tidak ada masalah dipemrosesan pemotongan specimen, pembuatan kampuh, dan pengujian *bending*, Tetapi pada saat proses pengelasan terdapat masalah yaitu tidak penuhnya dibagian ujung saat pengelasan sehingga luas penampang berkurang. sehingga nilai yang didapatkan waktu pengujian yaitu dengan nilai tertinggi pada kuat arus 120A yaitu 110 kgf dan nilai

terendahnya yaitu sebesar 95 kgf pada kuat arus 120A.

Dalam pengujian bending, nilai tegangan lengkung tertinggi pada pengujian bending sebesar 12,7 kgf/mm² masuk pada arus 120 A dengan media pendinginan (suhu ruang) sedangkan media pendingin yang menghasilkan nilai terendah yaitu pendinginan cepat, nilai yang ditunjukan pada grafik di atas pada kuat arus 110 A pada media pendingin (suhu ruang) nilainya paling rendah, tetapi pada saat pengelasan specimen adanya problem yang mengakibatkan ketidak sempurnanya specimen.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan menunjukan bahwa pengujian bending hasil pengelasan dengan metode pendinginan suhu ruang berbanding lurus dengan meningkatnya arus pengelasan yang digunakan. Dalam penelitian ini pengelasan menggunakan variasi arus listrik pengelasan sebesar 100 A, 110 A dan 120 A dengan hasil pengelasan terbesar menunjukan tegangan bending sebesar 1.625,40 Mpa pada arus pengelasan 120 A dengan metode pendinginan suhu ruang.

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan menunjukan bahwa pengujian bending hasil pengelasan dengan metode pendinginan pencelupan air mineral berbanding terbalik dengan meningkatnya arus listrik pengelasan yang digunakan. Dalam penelitian ini pengelasan menggunakan variasi arus pengelasan sebesar 100 A, 110 A dan 120 A dengan hasil pengelasan terbesar menunjukan tegangan lengkung sebesar 1.528,40 Mpa pada arus pengelasan 100 A dengan metode pendinginan pencelupan air mineral.

Referensi

- [1] Suwahyo, Nur Muhammad Sidiq, 2011. *Mengelas dengan las busur listrik manual*, Yogyakarta, Insania.

- [2]. Whidharto, Sri. 2013. *Welding Inspektion*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- [3]. Wiyosumarto, Harsono, & Toshies Okumura, 2004. *Teknologi Hasil Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Patamita.
- [4]. Oktavian Dwi Nata, Muhamad Hidayat, 2021. *Analisis Kekuatan Uji Bending Pengelasan SMAW Material SS400 Menggunakan Kawat Las E6013 Berbagai Variasi Arus Listrik*. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Sumbawa.
- [5]. Kurniawan, Dwi, 2019. *Sambungan Logam Baja JIS G 3131 SPHC Dengan Baja AISI SS 201 Terhadap Sifat Mekanis*. Diss. Institut Teknologi Nasional Malang.
- [6]. Ramadhan, A. B. 2017. *Pengaruh Tebal Plat dan Kuat Arus Listrik Las Titik pada Sambungan Stainless Steel A304 Terhadap Kekuatan tarik*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
- [7]. Romli, 2013. *Analisis Sifat Mekanis Pengaruh Proses Pengelasan Baja Tahan Karat*. Tesis tidak diterbitkan. Sriwijaya: Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [8]. Akhmadi, Amin Nur, and M. Taufik Qurohman, 2020. *Analisa Hasil Pengelasan 2g Dan 3g Dengan Bahan Plat Besi St 40 Ketebalan 10 mm Dan Voltase 20-35 Menggunakan Mesin Las Mig. Nozzle: Journal Mechanical Engineering* 9.2 h. 25-30
- [9]. Asiri, Muhammad Halim, 2020. *Studi kekuatan sambungan las terhadap material baja TRS 500 menggunakan variasi gerakan elektroda*. *Jurnal Polimesin* 18.2 h. 82-90
- [10]. Prabowo, A. A., & Sunyoto, S. (2020). *Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Quenching Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, Dan Kekuatan Bending Baja AISI 1010*. *Journal of Mechanical Engineering Learning*, 9(1).
- [11] Budiyanto, E., Nugroho, E., & Masruri, A. (2017). *Pengaruh diameter filler dan arus pada pengelasan TIG terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro pada baja karbon rendah*. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(1).