

ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP CACAT LAS DAN DEFLEKSI PADA MATERIAL BAJA KARBON ST.37 DENGAN PENGELASAN MIG

Ahmad Rosyadi¹, Imran²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis

Jalan Bathin Alam Bengkalis

email : rosyadispot@gmail.com, Imran@polbeng.ac.id

ABSTRACT

MIG (Metal Inert Gas) welding is the process of joining two or more metal materials together through a local liquefaction process, using the electrode roll (filler metal) which is the same as the base metal (base metal) and using a protective gas (inert gas). This study aims to determine defects and deflections and get the right current at the base metal with MIG welding. The currents used in this study are 100 Ampere, 125 Ampere and 150 Ampere with a seam angle of 60 °. Based on the ultrasonic test results, the lack of sidewall fusion defects in the 100 A current specimen and slag inclusion in the 125 Ampere and 150 Ampere current specimens. While the bending test results obtained with the lowest value in the 100 Ampere specimen with a value of 459.40 N / mm² . While the value of the highest bending strength in the current specimen is 150 Ampere with a value of 944.17 N / mm². In the current specimen of 125 Ampere, the bending strength value is 617.45 N / mm². Welding of ST.37 carbon steel using MIG welding in order to get good results should use a current of 150 Ampere.

Keywords: MIG welding, welding voltage, Ultrasonic Test, bending Test.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi serta kebutuhan untuk menghasilkan konstruksi yang kuat menjadikan teknik pengelasan menjadi pilihan utama dalam pembangunan konstruksi. Seperti konstruksi kapal, jembatan, bangunan, bejana tekan dan lain-lain. Oleh karena itu dibutuhkan hasil las yang memiliki kualitas yang baik untuk menunjang konstruksi yang kuat, aman dan tahan lama, hal ini dikarenakan sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi.

Gaya-gaya yang terjadi pada kapal sangat besar. Semakin besar kapasitas kapal maka semakin besar gaya yang terjadi pada bagian kapal. Bagian – bagian kapal yang mendapatkan gaya yang besar diantaranya terletak pada dek dan *body* kapal. Akibat dari gaya yang besar maka dibutuhkan sambungan las yang kuat agar tidak terjadi patah pada lasan yang dikenai gaya tersebut.

Pada pengelasan dek kapal diperlukan konstruksi sambungan las yang kuat. Bentuk kampuh yang digunakan berpengaruh pada kekuatan konstruksi sambungan. Jenis sambungan yang sering digunakan pada plat adalah sambungan V. sambungan ini memiliki keunggulan dalam kekuatan konstruksi dan bentuk sambungan yang rapi.

Kualitas hasil pengelasan tidak hanya dapat dilihat secara visual, namun harus diketahui secara struktur. Hasil pengelasan yang baik secara visual, belum tentu memiliki struktur yang baik. Oleh karena itu, untuk mengetahui apakah hasil pengelasan tersebut telah memenuhi kriteria harus ada pengukuran atau pengujian hasil las.

(Kahfi, 2015) pengaruh kuat arus terhadap hasil pengelasan las GMAW pada baja ASTM A36. Hasil penelitian cacat las berdasarkan data yang didapat yaitu pada spesimen A yang menggunakan arus 100 A ditemukan cacat berupa *surface undercutting*, *internal porosity*, dan

incomplete penetration. Pada spesimen B dengan arus 120 A ditemukan cacat las berupa *excessive position*, dan *incomplete penetration*. Sedangkan pada spesimen C dengan arus 140 A terdapat *incomplete penetration* dan *internal porosity*. Pada spesimen D dan E yang menggunakan arus 160 A dan 180 A tidak ditemukan cacat pengelasan.

(Febri, 2011) analisa sifat mekanik pengelasan GMAW baja SS400. Dapat disimpulkan bahwa pada pengujian *bending* semua sampel dengan gas pelindung argon 100% tidak sesuai dengan standart karena terjadi retak > 3.8 mm.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka penelitian tugas akhir ini adalah “mengetahui dan mendapatkan variasi arus yang tepat pada pengelasan mig terhadap material baja karbon ST.37 dengan menggunakan uji *ultrasonic* dan uji *bending*”.

Tujuan dari penelitian ini ialah Mengetahui cacat las pada material baja karbon ST.37 dengan pengelasan MIG. Mengetahui defleksi material baja karbon ST.37 setelah dilakukan pengelasan dengan MIG dan Mendapatkan hasil pengelasan yang optimal pada pengelasan MIG pada material baja karbon ST.37 dengan variasi arus.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Las MIG

Las MIG (*Metal Inert Gas*) yaitu merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat, dengan menggunakan elektroda gulungan (*filler metal*) yang sama dengan logam dasarnya (*base metal*) dan menggunakan gas pelindung.

2.2. *Non Destructive Test* (NDT)

Non Destructive testing adalah pengujian yang dilakukan pada logam yang sifatnya tidak merusak. Untuk memeriksa hasil lasan beberapa inspeksi NDT yang umumnya dilakukan. Cara kerja dari alat Uji *ultrasonic* adalah, memancarkan gelombang suara yang merambat pada suatu benda dengan frekuensi tinggi sekitar 20 kHz dan akan dipantulkan kembali apabila mengenai sisi dari ketebalan material (*Continue*) atau *back wall echo* (Arland, 2014). Adapun gambar dari alat Uji *Ultrasonic Test* yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat *Ultrasonic Test* dengan type *Flaw Detector* TUD 310 dapat dilihat sebagai Gambar 1.



Gambar 1. Alat uji *ultrasonic Flaw Detector* TUD 310.

ASME standard ini dalam mendeteksi *discontinuity* yang nilainya lebih besar dari 20% tingkat referensi pada scan A maka akan di selidiki lebih lanjut, sedangkan untuk cacat yang nilainya kurang dari 20% maka tidak akan di selidiki lebih lanjut. Dalam hal ini operator dapat menentukan bentuk, identitas dan lokasi dari semua ketidak sempurnaan (cacat) tersebut dan menilainya dalam hal standar penerimaan yang diberikan dalam hal (Tito dan Agus, 2016).

- a. Indikasi yang ditandai sebagai *crak*, *lack of fusion* atau *incomplete penetration* maka material dinyatakan *reject* tanpa memperhatikan panjang cacat.
- b. *Discontinuity* diluar ketentuan diatas pada (a) maka tidak bisa diterima jika indikasi melebihi amplitudo referensi dan panjangnya melebihi ketentuan dibawah ini:
 1. 1/4 Inchi (6 mm) untuk lebih tinggi 3/4 Inchi (19 mm).

2. 1/3 Inchi ke 3/4 Inchi untuk t ke 2 1/2 Inchi (19 mm ke 57 mm).
3. 3/4 Inchi (19 mm) untuk t lebih 2 1/4 Inchi (57 mm).

2.3. Destructive Test (DT)

Destructive Test adalah pengujian yang dilakukan terhadap suatu material atau spesimen sampai material tersebut mengalami kerusakan. Berikut beberapa uji *Destructive Test*:

a. Uji Bending

Kekuatan *bending* adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi elastis. Modulus elastis (E) adalah harga kekuatan suatu material pada daerah elastis. Modulus elastis juga berarti perbandingan tegangan dan regangan pada daerah elastis. Material yang lentur (tidak kaku) adalah material yang dapat mengalami regangan bila diberi tegangan atau beban tertentu (Suhardiman, 2014).

Persamaan kekuatan bending

$$\sigma b = \frac{3.PL}{2bd^2} \quad (1)$$

Persamaan elastisitas bahan

$$Eb = \frac{PL^3}{4d^3b\delta} \quad (2)$$

2.3.1.1 Kreteria Kelulusan Uji Bending

Untuk dapat lulus dari uji bending maka hasil pengujian harus memenuhi standard ASME apabila lasan dan HAZ dari spesimen tes *bending* melintang setelah di tes harus seluruhnya berada pada bagian bending spesimen tes (Wahyudi Dkk, 2015). Pada lasan atau HAZ, setelah dibending tidak boleh terdapat cacat-cacat terbuka yang melebihi 3 mm, diukur kesegala arah pada permukaan bending luar dari spesimen tes. Retakan-retakan yang terjadi pada pojok spesimen sewaktu pengetesan diperkenankan, kecuali apabila retakan-retakan tersebut disebabkan oleh inklusi terak atau cacat lain didalam material.

Pada *cladding* pelapis lasan tahan korosi, tidak boleh terdapat cacat terbuka melebihi 1,5 mm pada *cladding*nya dan tidak boleh terdapat cacat terbuka melebihi 3 mm pada batas fusi, diukur ke segala arah.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Plat *Stainless steel* 304
2. elektroda tipe ER70S-6

3.2. Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. MIG MILLER DELTAWELD 602
2. Mesin uji *ultrasonic Flaw Detector* TUD 310
3. Mesin Uji *bending* Type *Gotech-7001-LC30*

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian menggunakan metode eksperimen, yaitu suatu cara untuk mencari hubungan masing-masing spesimen yang diuji. Eksperimen dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan peralatan yang siap pakai guna memperoleh data dengan arus pengelasan 100 A, 125 A, 150 A, dan sudut kampuh yang digunakan 60°. Arus pengelasan dan jenis elektroda yang sudah ditentukan.

Setelah data diperoleh selanjutnya adalah menganalisa data dengan cara mengolah data yang sudah terkumpul. Data dari hasil pengujian dimasukkan kedalam persamaan-persamaan yang ada sehingga diperoleh data yang bersifat kuantitatif, yaitu data yang berupa angka-angka. Dari hasil analisa didapatkan nilai perbandingan persentasi dan rata-rata pengujian.

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini, ialah:

1. Disiapkan spesimen yang akan dilas. Jumlah spesimen yang akan lakukan pengelasan berjumlah 6 dengan satu arus yang digunakan.
2. Setelah spesimen disiapkan, lakukan pengelasan oleh *welder* yang bersertifikasi.
3. Lakukan uji *ultrasonic test*.
4. Setelah mendapatkan data UT, selanjutnya potong spesimen untuk di uji *bending*.
5. Lakukan uji *bending*.
6. Menganalisa data.
7. Kesimpulan.

3.6 Prosedur Uji Ultrasonic

Setelah proses pengelasan dilaksanakan maka selanjutnya melakukan proses pengujian *uktrasonic*. Adapun prosedur dari pengujian *ultrasonic* ialah sebagai berikut (Romadhoni, 2016). Sebelum melakukan pengujian perlu melakukan kalibrasi alat UT adapun langkah-langkah kalibrasi.

1. Digunakan *block kalibrasi* DIN 54 122 (1965).
2. Digunakan *single probe* (SP) dan sesuai Hz, Pada CRT bagian kiri.
3. Obyektive diukur ketebalan (12.5) dan *setting time base* 50 mm.
4. Diposisikan probe tegak lurus terhadap *block* kalibrasi tanpa jarak dan membaca ketebalannya melalui layar. Jika sesuai maka alat telah selesai di kalibrasi.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan saat pengujian untuk mendeteksi cacat menggunakan alat UT yaitu:

1. Dilumuri minyak *grese* pada specimen.
2. Diposisikan *probe* tegak lurus terhadap specimen uji tanpa jarak.
3. Dicari hingga terdapat tanda-tanda adanya perbedaan ketinggian pada layer CRT.
4. Ditandai tempat yang di perkirakan terdapat cacat.
5. Diukur dimensi cacat tersebut.

Adapun gambar hasil pengelasan yang akan dilakukan pengujian *ultrasonic* dengan sudut kampuh yang digunakan 60°. Arus yang digunakan 100 A, 125 A dan 150 A. dapat dilihat pada gambar 2.

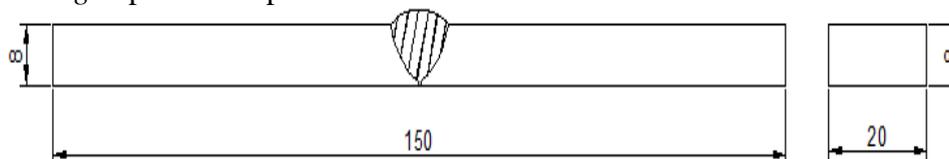


Gambar 2. Hasil pengelasan

Setelah proses pengujian *ultrasonic test* dilakukan. Maka selanjutnya dilakukan pengujian *bending*. Pengujian *bending* dilakukan untuk mengetahui kekuatan material. Adapun prosedur yang digunakan untuk uji *bending* yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

1. Siapkan spesimen uji yang telah dilas.
2. Periksa mesin uji apakah masih berfungsi dengan baik.
3. Ukur jarak tumpuan.
4. Letakkan spesimen di atas tumpuan mesin uji *Universal Test*.
5. Jalankan mesin uji.
6. Print hasil grafik beban (P) dan defleksi yang terjadi.
7. Hitunglah tegangan *bending* dan elastisitas bahan.

Pengujian *bending* dilakukan pada spesimen hasil pengelasan. Metode yang digunakan ialah metode *three point bending*. Spesimen yang digunakan untuk pengujian *bending* dibuat sesuai standar penampang uji ASTM D790-02 (*American Standard Test and Material*). Skema pengujian *bending* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spesimen Uji *Bending*.

Gambar spesimen yang telah dibentuk sesuai dengan standar ASTM D790-02 (*American Standard Test and Material*) dapat dilihat gambar 4.



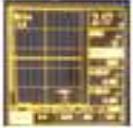
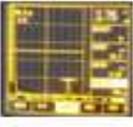
Gambar 4. Bentuk spesimen menurut ASTM D790-02.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

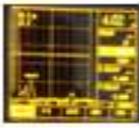
4.1. Hasil Pengujian

4.1.1. Pengujian *Ultrasonic*

Cacat yang dideteksi oleh alat *ultrasonic test* dengan menggunakan *range 32* dan *probe* yang digunakan 60° terlihat oleh layar. Diindikasikan jenis cacat nya berupa *lack of sidewall fusion* sebanyak 3 titik. Berdasarkan standar ASME yang telah ditetapkan maka cacat ini tidak diterima.

No	Spesimen 100 A	P (mm)	L (mm)	Jenis cacat	grafik	diterima	Ditolak
1	Titik 1	5	1.6	<i>lack of sidewall fusion</i>			√
2	Titik 2	13	1.4	<i>lack of sidewall fusion</i>			√
3	Titik 3	4	1.5	<i>Lack of sidewall fusion</i>			√

Gambar 5. Hasil UT pada arus 100 Ampere

No	Spesimen 125 A	P (mm)	L (mm)	Jenis cacat	grafik	diterima	Ditolak
1	Titik 1	< 2	1.8	slag inclusion		√	
2	Titik 2	< 2	1.6	slag inclusion		√	
3	Titik 3	< 3	2	slag inclusion		√	

Gambar 6. Hasil UT pada arus 125 Ampere

Hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan *ultrasonic test*, range yang digunakan 32 dengan *probe* sudut 60°. Pada pengambilan data untuk mendeteksi adanya cacat pada spesimen arus 125 Ampere di uji didapatkan cacat pada layar. Diindikasikan jenis cacat nya ialah *slag inclusion* sebanyak 3 titik. Pada spesimen cacat yang dideteksi oleh alat hasil lasan yang dilakukan dapat diterima berdasarkan standar ASME.

No	Spesimen 150 A	P (mm)	L (mm)	Jenis cacat	grafik	diterima	Ditolak
1	Titik 1	< 2	1.4	slag inclusion		√	
2	Titik 2	< 3	2	slag inclusion		√	
3	Titik 3	< 2	1.6	slag inclusion		√	
4	Titik 4	< 3	2.6	slag inclusion		√	
5	Titik 5	< 2	1.6	slag inclusion		√	

Gambar 7. Hasil UT pada arus 150 Ampere

Cacat yang dideteksi oleh alat *ultrasonic test* dengan menggunakan range 32 dan *probe* yang digunakan 60° terlihat oleh layar sebanyak 5 titik. Diindikasikan jenis cacat nya berupa *slag inclusion* cacat yang lihat oleh layar tersebut dapat diterima berdasarkan standar ASME.

4.1.2 Hasil Pengujian *Bending*

Adapun hasil dari pengujian dapat dilihat ditampilkan pada gambar 8.



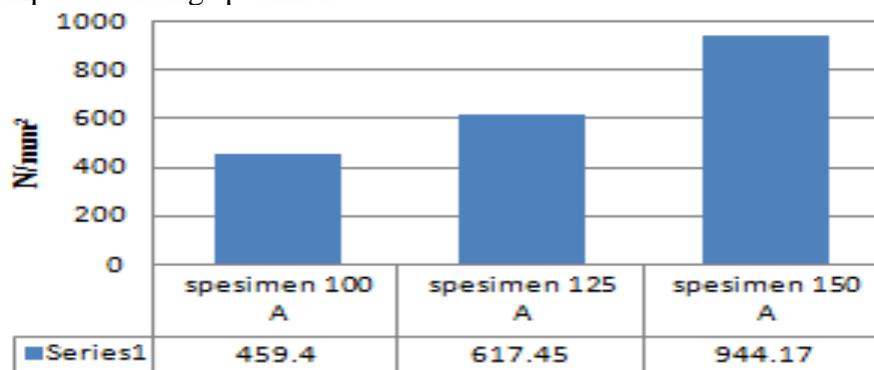
Gambar 8. Hasil spesimen uji bending

Gambar 8 atas merupakan hasil uji *bending* terhadap baja karbon rendah yang telah dilakukan penekanan, dimana material tersebut ditekan sebanyak 9 spesimen dari 3 variasi arus, kemudian didapatkan data dari pengujian *bending* yang berupa data grafik. Adapun data data dari grafik hasil uji *bending* tersebut dilampirkan pada Gambar 9.

Spesimen	L	Max. load (N)			Deformasi (mm)		
		100 A	125 A	150 A	100 A	125 A	150 A
1	90	5919,78	4.913,01	8.842,93	22,11	36,76	51,61
2	90	3361,62	4.288,84	7.571,67	15,96	33,53	47,61
3	90	3791,95	8.361,54	10.441,88	8,94	46,75	49
Rata - rata		4357,78	5.854,46	8.953,16	15,67	39,01	49,40

Gambar 9. Hasil uji *bending*.

4.1.3 Kemampuan bending spesimen



Gambar 10. Kemampuan uji *bending* masing-masing specimen.

Diagram diatas ialah perbandingan kekuatan *bending* spesimen arus 100 Ampere, 125 Ampere dan 150 Ampere. Dapat disimpulkan bahwa kekuatan *bending* terbesar yaitu pada spesimen yang dilas menggunakan arus 150 Ampere sebesar 944.17 N/mm². Sedangkan nilai kekuatan *bending* terendah pada spesimen arus 100 A dengan nilai 459.40 N/mm².

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisa Cacat Pada Spesimen Menggunakan Uji *Ultrasonic*

Berdasarkan hasil uji *ultrasonic test* dari masing-masing sampel yang telah dilas menggunakan arus 100 Ampere terdapat cacat berupa cacat *lack of sidewall fusion* atau kurangnya fusi dinding samping. Cacat ini disebabkan oleh penggunaan arus yang rendah. Arus yang rendah menyebabkan ketidakstabilan arus pada saat mengelas. Arus yang terlalu rendah tidak mampu melelehkan elektroda dan *weld metal*, sehingga rigi-rigi las yang terbentuk kecil dan tidak rata serta penetrasi yang tidak dalam. Arus yang kecil mengakibatkan bahan benda kerja dengan elektroda tidak mengalami fusi yang sempurna. Cacat ini juga dapat melemahkan sambungan yang berpotensi terjadinya retak. Cacat ini tidak dapat diterima berdasarkan standar kelulusan uji *ultrasonic*.

Hasil pengelasan menggunakan arus 125 Ampere terdapat cacat *slag inclusion* atau inklusi terak yang disebabkan karena pembersihan kotoran yang tidak baik. Penggunaan arus 125 Ampere mengakibatkan kestabilan pada saat mengelas. Sehingga menghasilkan permukaan las yang tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar serta rigi-rigi las nya terbentuk. Hasil pengujian *ultrasonic test* pada spesimen sepenuhnya dapat di terima berdasarkan standar kelulusan uji.

Hasil pengelasan arus 150 Ampere terdapat cacat *slag inclusion*. Hasil Cacat ini sepenuhnya dapat diterima berdasarkan standar kelulusan uji ultrasonik. Cacat ini disebabkan karena Penggunaan arus yang terlalu besar dan pembersihan pada daerah lasan yang tidak bersih. Arus yang terlalu besar menghasilkan permukaan las yang lebar dan pembersihan yang tidak sempurna mengakibatkan kotoran tersebut terperangkap didalam lasan. Kotoran dicurigai diakibatkan oleh berlebihnya jumlah nitrogen, mangan, silika dan alumunium. Pada suhu antara 300–400° silika yang terbentuk tidak dapat di lihat oleh mata manusia. Sedangkan pada temperatur lebih rendah silika yang terbentuk terlihat berwarna kecoklatan, Oleh karena itu dilakukan pembersihan seelum melakukan pengelasan lapisan berikutnya agar silika yang terbentuk tidak terperangkap didalam lasan.

4.2.2 Analisa Kekuatan *Bending*

Berdasarkan hasil dari pengujian *bending* di atas dengan menggunakan mesin uji *bending* type GT-7001-LC30 dapat dianalisa bahwa Masing-masing memiliki nilai kekuatan *bending* yang berbeda-beda dikarenakan adanya masukan panas, ketahanan suatu material terhadap deformasi elastis jika suatu material telah mengalami batas elastis sehingga terjadinya perbandingan tegangan dan regangan yang disebabkan oleh suatu beban yang diberikan maka disitulah dapat diketahui batas kekuatan dari material tersebut dan hasil lengkungan yang terjadi akibat pembebanan *bending*.

Hasil pengujian Pada arus 100 Ampere yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa spesimen tesebut tidak dapat diterima berdasarkan standar ASME. Hal ini dikarenakan pada spesimen 100 Ampere terjadi retak pada daerah fusi. Ini disebabkan penggunaan arus yang rendah. Masukkan panas (*heat input*) yang didapatkan oleh *base metal* tidak mempengaruhi struktur mikro pada daerah HAZ. Arus yang rendah tidak mampu meleburkan kawat elektroda yang besar dan logam induk yang tebal. Bagian dalam sambungan las tidak mampu mencairkan logam induk maka sedikit sekali mengalami difusi. Akibatnya spesimen yang di uji mengalami retak sebelum mendapatkan gaya tekan maksimal.

Hasil pengujian *bending* pada arus 125 Ampere dan 150 Ampere menunjukkan bahwa spesimen tidak terdapat retak pada *weld metal* dan *base metal*. sehingga spesimen memiliki kriteria kelulusan uji *bending* berdasarkan standar ASME. Pada spesimen arus 150 Ampere memiliki kekuatan *bending* tertinggi dengan nilai sebesar 944.17 N/mm². Kekuatan *bending* pada spesimen 125 Ampere dan 150 Ampere dipengaruhi oleh masukkan panas (*heat input*) yang diterima oleh *base metal*. Arus yang tinggi dapat mempengaruhi struktur mikro didaerah HAZ dari *base metal*

tersebut serta Mempengaruhi nilai kekuatan *bending* dari spesimen yang di uji. Arus tinggi yang digunakan dapat mencairkan logam dan elektroda dengan sempurna serta dapat menghasilkan permukaan las yang lebar dan penetrasi yang dalam. Sehingga spesimen pada arus 125 Ampere dan 150 Ampere mendapatkan gaya tekan maksimal dan kemudian spesimen tidak mengalami retak.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan hasil pengamatan yang dilakukan dalam perbedaan arus listrik maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Hasil pengelasan dengan arus 100 Ampere terdapat cacat *Lack of sidewall fusion*. Sedangkan hasil pengelasan dengan arus 125 Ampere dan 150 Ampere terdapat cacat *slag inclusion*. Cacat pada arus 100 Ampere tidak dapat diterima berdasarkan standar ASME. Sedangkan cacat pada arus 125 Ampere dan 150 Ampere dapat diterima berdasarkan standar ASME.
2. Variasi arus yang digunakan saat mengelas memiliki pengaruh yang besar terhadap kekuatan *bending*. Semakin besar arus yang digunakan maka nilai kekuatan *bending*nya semakin besar. Kekuatan *bending* tertinggi pada spesimen arus 150 Ampere dengan nilai sebesar 944.17 N/mm². Sedangkan kekuatan *bending* terendah terdapat pada spesimen arus 100 Ampere dengan nilai sebesar 459.40 N/mm² dan spesimen arus 125 Ampere memiliki kekuatan *bending* sebesar 617.45 N/mm².
3. Arus optimal pada pengelasan terdapat cacat *slag inclusion* yang dapat diterima berdasarkan standar ASME dan Kekuatan sambungan las dengan uji *bending* memiliki nilai sebesar 944.17 N/mm², memenuhi kelulusan uji *bending* berdasarkan standar ASME, karena tidak mengalami retak yaitu pada arus 150 Ampere
4. Arus 125 Ampere menghasilkan cacat yang sedikit pada spesimen. Cacatnya ialah cacat *slag inclusion* pada 3 titik.

5.2 Saran

Saran yang diberikan dengan tujuan pengembangan dalam penelitian ini, akan lebih baik apabila penelitian seterusnya:

1. melakukan uji kekerasan untuk mengetahui kekerasan logam akibat masukan panas.
2. Penulis memberikan saran agar melanjutkan dari hasil penelitian ini dengan pengujian mekanis lainnya seperti uji tarik dan impak.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Arland, R. (2014) *Modul 5 Metode Uji Tidak merusak*, Arcmart Indonesia, Indonesian Welding Association, Bandung.
- Febri, y, b. (2011) *Analisa Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GMAW Baja SS400 Studi Kasus di PT INKA Madiun*, Jurusan FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Kahfi, A. (2015) *Pengaruh Kuat Arus Terhadap Hasil Pengelasan Las GMAW Pada Baja ASTM A36*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta
- Modul Diktat Las MIG Teknik Pengelasan, Romadhoni, (2016) Jobsheet Ndt Final, Bengkalis.
- Suhardiman. (2014). *Modul Panduan Pratikum Uji Bahan*. Bengkalis: Politeknik Negeri Bengkalis.
- Tito, E, dan Agus, S. (2016) *Analisa Hasil Pengelasan SMAW 3G Menggunakan NDT Metode Ultrasonic Test Berdasarkan Standar ASME*, Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu.
- Wahyudi, M., T. Dkk (2015) *Modul Praktek Kualifikasi Las*, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Program Studi Teknik Pengelasan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.