

ANALISIS KEKUATAN TARIK, KEKERASAN, DAN STRUKTUR MIKRO PADA PENGELASAN *SMAW STAINLESS STEEL 312* DENGAN VARIASI ARUS LISTRIK

Awal Syahrani*, Naharuddin**, Muhammad Nur***

*&** Dosen Jurusan Teknik Mesin, Univ. Tadulako

*** Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Univ. Tadulako

*Email : awsyahrani_untad@yahoo.com

Abstract: Analysis of tensile strength, hardness and microstructure in SMAW welding of stainless steel 312 with a variation of the electric current.

This study aims to determine the effect of electric current variation on the SMAW welding method using 70 A, 90 A, and 110 A currents. The electrode used is E312-16 with a diameter of 3.2 mm. The type of camp used is the V-camp with an angle of 60°, the tests performed are tensile strength, hardness, and microstructure. This research was conducted at the Materials Testing Laboratory of Mechanical Engineering Department of Tadulako University.

The result of tensile test shows that the tensile strength at 110 A has the highest value of 665,084 Mpa and the lowest value 639,680 Mpa, for the highest tensile strain at 110 A current of 32,72% and the lowest is 30,88%. For elastic modulus with current 70 A has the highest value that is 7282,47 Mpa and the lowest at 110 A is 6719,57 Mpa. The highest mean hardness value is in 110 A current of 221.92 kg / mm² located on the weld metal area. The result of the microstructure of the HAZ region has increased grain growth along with the increase of Heat Input and there is less Chromium Carbide deposition than the low current.

Keywords: Electric current, SMAW, Stainless Steel 312, tensile strength, hardness and micro structure

Abstrak: Analisis kekuatan tarik , kekerasan dan struktur mikro pada pengelasan SMAW stainless steel 312 dengan variasi arus listrik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus listrik dengan metode pengelasan *SMAW* menggunakan arus 70 A, 90 A, dan 110 A. Elektroda yang digunakan adalah E312-16 dengan diameter 3.2 mm. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut 60°, pengujian yang dilakukan adalah kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako.

Hasil pengujian tarik didapatkan nilai kekuatan tarik pada arus 110 A mempunyai nilai tertinggi yaitu 665,084 Mpa dan terendah 639,680 Mpa, untuk regangan tarik nilai tertinggi pada arus 110 A yaitu 32,72 % dan terendah 30,88 %. Untuk modulus elastisitas dengan arus 70 A memiliki nilai tertinggi yaitu 7282,47 Mpa dan terendah pada arus 110 A yaitu 6719,57 Mpa. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi terdapat pada arus 110 A sebesar 221,92 kg/mm² yang terletak pada daerah logam las. Hasil struktur mikro daerah *HAZ* mengalami pertumbuhan butir yang meningkat seiring dengan kenaikan *Heat Input* dan terdapat endapan Karbida *Chrom* yang lebih sedikit dibandingkan dengan arus yang rendah.

Kata Kunci : Arus listrik, *SMAW*, *Stainless Steel* 312, kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini menurut ketersediaannya bahan baku harus menjadi bahan jadi untuk peningkatan sumber daya manusia sangat mendukung akan fasilitas dan aktivitas manusia, misalnya teknologi pengelasan yang akhir-akhir ini banyak diminati oleh

pekerja industri misalnya untuk pekerjaan konstruksi, mesin industri dan gerbong kereta api (Saad, 2008).

Faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan adalah prosedur pengelasan yaitu cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan

dalam pelaksanaan tersebut. Proses produksi pengelasan yang dimaksud adalah proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pelaksanaan meliputi pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh (Wiryosumarto, 2000).

Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana tetapi sebenarnya di dalamnya terdapat masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan, karena itu dalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek. Secara lebih terperinci dapat diketahui bahwa dalam pengelasan harus direncanakan pula tentang cara pengelasan, cara pemeriksaan, bahan las dan jenis las yang dipergunakan, berdasarkan fungsi dan bagian-bagian yang dirancang (Widharto, 2013).

Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik. Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan (Santoso.J, 2006).

TEORI DASAR

1. Pengertian Pengelasan

Pengelasan (*Welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan. Pengelasan atau *Welding* didefinisikan oleh *DIN (Deutsche Industrie Normen)* adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan

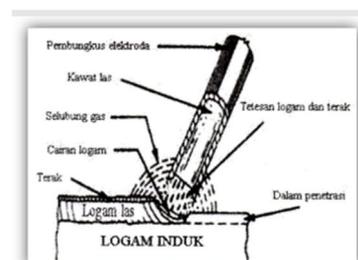
yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antar logam.

Mengelasi adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*Filler Metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya.

Kebutuhan las yang semakin berkembang berbanding lurus dengan perkembangan pada pengelasan, misalnya pada metode pengelasan. Metode pengelasan yang ada sekarang ini sudah mengalami perkembangan. Dijabarkan tentang berbagai macam las dan tahun penemuannya menurut (Alip, 1989).

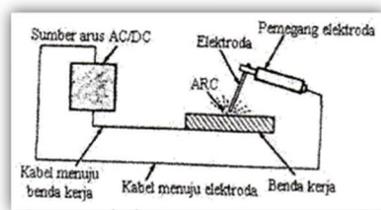
2. Las Busur Listrik Elektroda Terlindung SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

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



Gambar 1. Las busur listrik elektroda terlindung (Wiryosumarto, 2000)

Proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dilakukan dengan menggunakan energi listrik (AC/DC), energi listrik dikonversi menjadi energi panas dengan membangkitkan busur listrik melalui sebuah elektroda. Busur listrik diperoleh dengan cara mendekatkan elektroda las ke benda kerja/logam yang akan dilas pada jarak beberapa milimeter, sehingga terjadi aliran arus listrik dari elektroda ke benda kerja, karena adanya perbedaan tegangan antara elektroda dan benda kerja (logam yang akan dilas). Panas yang dihasilkan dapat mencapai 5000°C , sehingga mampu melelehkan elektroda dan logam yang akan disambung untuk membentuk paduan (Bintoro, 1999).



Gambar 2. Skema kerja las busur listrik Elektroda terlindungi (Bintaro, 1999)

3. Arus Pengelasan

Besarnya aliran listrik yang keluar dari mesin las disebut dengan arus pengelasan. Arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda yang digunakan, tebal benda kerja, jenis elektroda yang digunakan, geometri sambungan dan posisi pengelasan.

Tabel 1. Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan

Type Elektroda	Diameter kawat las (mm)	Panjang kawat las (mm)	Arus las (Ampere)
NSN 312 AWS A5.4 E312-16	2.0	300	20-50
	2.6	300	50-80
	3.2	350	70-110
	4.0	350	100-150

Sumber : AWS Filler Metal Alloys, 2010

Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk, makin tinggi arus las maka makin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil pengelasan, bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan pada logam induk kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta matrik las tinggi (Arifin, 1997).

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

4. *Stainless Steel* 312

Stainless Steel 312 banyak digunakan dalam pembuatan bagian struktural dan bagian mekanis, seperti pipa bor minyak, konstruksi yang menggunakan perancah baja dan juga pada konstruksi tanki kondensor khususnya digunakan untuk mengelolah kembali uap bekas pada boiler menggunakan air laut.

Stainless Steel 312 merupakan bagian dari baja tahan karat austenitik

dimana tipe ini mempunyai kandungan kromium (Cr) tinggi, yaitu 16 - 30 % dan mengandung paling sedikit 8 % Nikel (Ni). Jenis baja ini paling umum dipakai dalam dunia industri. Sifat *Weldability* yang paling baik dengan proses *Welding* umumnya. Austenitik *Stainless Steel* pada umumnya memiliki struktur fase tunggal yaitu struktur *Austenite*. Pada saat setelah pengelasan struktur ini dapat membentuk Kristal *Ferrite* didalam *Weld Metal* dan *HAZ*. Pembentukan *Ferrite* ini mempunyai keuntungan, yaitu mencegah terjadinya *Hot Cracking*, sedangkan kerugiannya yaitu ketahanan korosinya akan berkurang, terutama yang mengandung *Alloy Molybdenum* (Mo). (Zamil, 2009)

5. Metalurgi Las

Aspek metalurgi adalah meliputi siklus termal dan pengaruhnya terhadap perubahan struktur mikro serta faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mampu las (*Weldability*) dari logam yang disambung. Kualitas sambungan las biasanya dikaitkan dengan kekuatan, ketangguhan atau sifat mekanis lainnya, maka perlu dibahas hubungan antara struktur mikro dengan sifat-sifat terhadap tekanan dan kekerasan dari sambungan las.

Siklus termal akan dapat menimbulkan perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan termal ataupun cacat pada logam las. Perubahan yang paling penting dalam pengelasan adalah perubahan struktur mikro yang akan menentukan sifat-sifat mekanis sambungan las. Pada umumnya struktur mikro yang terjadi tergantung pada komposisi kimia dari logam induk, kondisi logam induk seperti geometri atau proses pengerjaan sebelumnya, teknik pengelasan yang diterapkan, serta perlakuan panas yang diberikan. Tingkat perubahan mikro struktur yang terjadi disamping dipengaruhi oleh faktor-faktor dari material yang dilas juga tergantung pada temperatur maksimum yang dicapai ketika pengelasan, waktu/lamanya temperatur itu terjadi dan

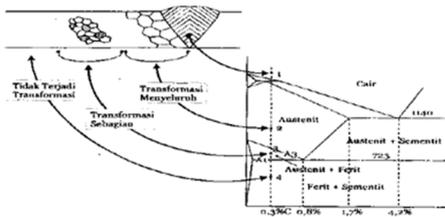
kecepatan pendinginan. Faktor utama yang mengontrol perubahan struktur tersebut adalah besarnya masukan panas (*Heat Input*) yang diberikan kepada sambungan logam (termasuk kalau ada pemanasan mula). Kecepatan pendinginan mempengaruhi sifat-sifat mekanis sesuai dengan jenis fasa dan butiran logam yang terbentuk. Pendinginan yang cepat menghasilkan struktur yang kuat, keras dan kurang ulet.

Pendinginan yang lambat menghasilkan sifat-sifat sebaliknya. Menahan logam pada temperatur tinggi (di atas temperatur kritis) untuk waktu yang lama dapat menghasilkan struktur dengan butiran yang kasar, namun demikian selama pengelasan berlangsung ada bagian logam yang letaknya bersebelahan dengan las berada pada temperatur tinggi untuk waktu yang sangat singkat (Santoso, J., 2006).

Siklus daerah *Thermal* adalah proses pemanasan dan pendinginan daerah lasan. Lamanya pendinginan dari suatu daerah temperatur tertentu dari satu siklus *Thermal* las sangat mempengaruhi kualitas sambungan.

Logam di daerah pengelasan mengalami siklus termal yakni pencairan kemudian pembekuan. Kondisi ini menyebabkan perubahan struktur mikro dari logam yang bersangkutan. Sedangkan logam induk adalah bagian logam yang jauh dari bagian las sehingga tidak terpengaruh oleh suhu panas las dan tetap dalam struktur mikro dan sifat semula.

Daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone* adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus *Thermal* pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las. Secara visual daerah yang dekat dengan garis lebur las maka susunan struktur logamnya semakin kasar.



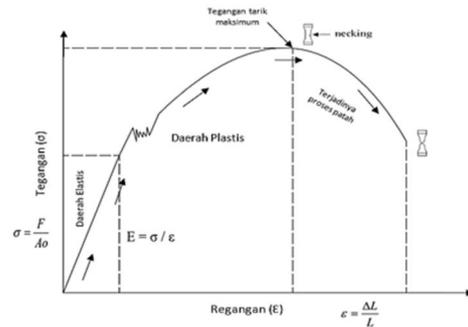
Gambar 3. Transformasi fasa pada logam Hasil pengelasan (Sonawan & Suratman, 2006).

6. Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dan perubahan-perubahannya dari suatu logam terhadap pembebanan tarik seperti tegangan, regangan, dan modulus elastisitas. Pengujian tarik merupakan jenis pengujian yang paling banyak dilakukan karena mampu memberikan informasi perilaku mekanis material. Pengujian ini umumnya diperuntukan bagi pengujian beban-beban statik.

Beban tarik tersebut dimulai dari nol dan berhenti pada beban atau tegangan pada tarik (*Ultimate Strength*) dari logam yang bersangkutan. Beban uji yang telah dinormalisasikan ukurannya dipasang pada mesin uji tarik, kemudian diberi beban (gaya tarik) secara perlahan-lahan dari nol hingga maksimum. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan *Universal Testing Machine (UTM)*.

Pada proses pengujian tarik terdapat sebuah siklus yang terjadi pada material yaitu yang pertama adalah proses elastisitas dimana material masih dapat kembali pada posisinya saat mengalami perubahan, yang kedua material berubah menjadi plastis yang mana pada proses ini jika material mengalami perubahan maka tidak akan kembali pada posisi semula, yang ketiga merupakan nilai kekuatan tarik tertinggi (batas maksimal) pada material yang biasanya menyebabkan *Necking* pada baja lunak, yang terakhir adalah material putus.



Gambar 4. Grafik Tegangan-Regangan

Hubungan antara tegangan dan regangan pada beban tarik ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana :

F = Beban (N)

A = Luas Penampang (mm²)

σ = Tegangan (Mpa)

Kemudian besarnya regangan adalah besarnya pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan daerah ukur (*Gauge Length*).

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{L_0} \times 100\%$$

Dimana :

ϵ = Regangan (%)

Δl = Perubahan Panjang (mm)

L_0 = Panjang mula-mula (mm)

Modulus elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan regangan dari suatu benda. Besarnya nilai modulus elastisitas yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan dan dapat dihitung dengan persamaan:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F \cdot l_0}{A \cdot \Delta l}$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas tarik (N/mm²)

σ = Tegangan (Mpa)

ϵ = Regangan (%)

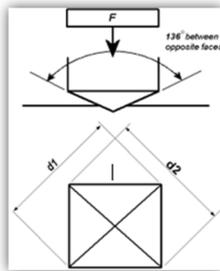
L_0 = Panjang mula-mula (mm)

Δl = Perubahan panjang (mm)

7. Pengujian Kekerasan

Hardness atau kekerasan merupakan ketahanan suatu material (baja karbon) terhadap penetrasi atau

daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (*Penetrator*). Kekerasan merupakan suatu sifat dari bahan yang banyak dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya. metode pengujian kekerasan *Vickers* dengan skala makro atau biasa disebut dengan *Macro Vickers* dengan menggunakan penekanan berbentuk piramida intan sudut antara permukaan piramida yang saling berhadapan 136° sesuai dengan standar ASTM E 92-82.



Gambar 5. Metode pengujian kekerasan *Vickers* standar *ASTM 92-82 (ASTM 2010)*

Nilai kekerasannya (VHN) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$VHN = \frac{2.P.\sin(\frac{\theta}{2})}{d^2} = \frac{1.854.P}{d^2} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

Dimana :

P = Beban yang digunakan (kg)

θ = Sudut puncak permukaan intan= 136°

D = Panjang diagonal rata-rata jajak (mm)

8. Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui dan membedakan struktur mikro antara logam induk, daerah *HAZ (Heat Affected Zone)* dan logam las yang diberikan pada saat proses perlakuan panas. Sifat fisis logam dapat diketahui melalui struktur mikro yang didapatkan dari hasil foto mikro.

Struktur mikro dalam logam ditunjukkan dengan besar, bentuk dan orientasi butirnya, jumlah fasa, proporsi dan kelakuan dimana mereka tersusun atau terdistribusi. Struktur mikro dari paduan tergantung dari beberapa faktor seperti, elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan panas yang diberikan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako.

Alat yang digunakan adalah : mesin las SMAW, mesin perkakas (sekrup, gergaji dan gerinda), tensil test dan hardness test. Bahan yang digunakan *Stainless Steel 312*, elektroda E312-16. Pengerjaan penelitian ini dimulai dengan memotong bahan dengan ukuran 220 mm x 17,6 mm x 7,3 mm (untuk uji tarik), bahan uji kekerasan menyesuaikan dengan alat uji demikian halnya dengan bahan pengamatan struktur mikro, kemudian dilakukan pembentukan kampuh V dengan sudut 60° . Selanjutnya dilakukan pengelasan dengan variasi arus 70 A, 90 A dan 110 A. Pembentukan spesimen uji dilakukan pada tahap berikutnya, spesimen uji tarik dan spesimen uji kekerasan dengan standar ASTM. Pengambilan data adalah langkah selanjutnya.

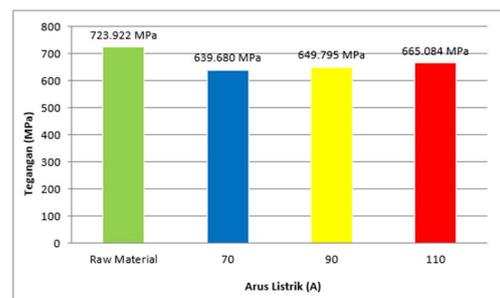
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tarik

Data yang diperoleh pada pengujian tarik adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil pengujian Tarik

Spesimen	Parameter	Spesimen			
		RAW Material	70 A	90 A	110 A
1	TEGANGAN σ (MPa)	723.922	555.830	664.095	727.059
2			661.761	661.252	632.701
3			655.547	661.679	666.870
4			662.032	693.118	660.064
5			663.232	568.833	638.728
	RATA-RATA	723.922	639.680	649.795	665.084
1	REGANGAN ϵ (%)	37.28%	26.75%	31.58%	35.53%
2			34.21%	34.21%	29.39%
3			30.26%	34.21%	35.53%
4			31.58%	33.77%	32.46%
5			31.58%	25.00%	30.70%
	RATA-RATA	37.28%	31.75%	32.72%	
1	ELASTISITAS E (MPa)	7362	7405.94	7502.32	6804.48
2			5914.75	6463.24	6792.98
3			7266.01	7414.00	6852.20
4			8089.60	6332.75	6355.79
5			7736.03	6826.54	6792.41
	RATA-RATA	7362	7282.47	6907.77	6719.57



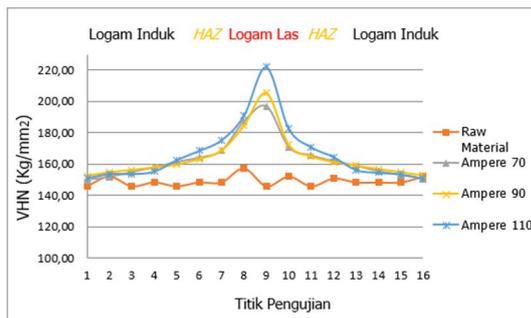
Gambar 5. Diagram tegangan tarik

Dengan memperhatikan tabel 2. dimana pada arus 110 A nilai tegangan tarik yang tertinggi. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan masukkan panas, panas yang timbul akibat dari penggunaan besar kecilnya arus yang digunakan pada saat proses pengelasan. Sedangkan nilai modulus elastisitas terjadi sebaliknya nilai modulus elastisitas tertinggi pada arus yang rendah, hal ini diakibatkan oleh sifat bahan yang semakin ulet seiring dengan meningkatnya kekuatan tarik.

Pengujian Kekerasan

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan

Jumlah Titik	Daerah	Jenis Pengelasan			
		Raw Material	Arus 70 A	Arus 90 A	Arus 110 A
1	Logam Induk	145.98	149.76	152.44	150.97
2		151.94	151.71	154.70	153.69
3		145.98	154.69	156.22	153.68
4		148.32	157.78	157.77	155.20
5	HAZ	145.98	161.21	159.61	162.57
6		148.32	163.96	163.12	168.44
7		148.32	168.49	168.74	175.25
8	Logam Las	156.99	187.12	184.61	190.84
9		145.98	196.83	205.45	221.92
10	HAZ	151.94	170.77	172.26	182.51
11		145.98	165.32	164.78	170.80
12		150.72	161.75	161.27	164.51
13	Logam Induk	148.32	158.82	158.84	156.22
14		148.32	155.20	156.75	154.44
15		148.32	152.95	154.70	153.43
16		151.94	150.24	152.69	150.72



Gambar 6. Grafik Uji Kekerasan

Tabel 3 dan gambar 6 menunjukkan nilai kekerasan yang terjadi setelah terjadi proses pengelasan. Terjadi perubahan nilai kekerasan dari material dasar ke daerah HAZ hingga ke logam lasnya yang semakin meningkat. Pada daerah logam las (*Weld Metal*) dan HAZ (*Heat Affected Zone*) menunjukkan bahwa semakin tinggi penggunaan arus (*Ampere*) pengelasan, maka hasil nilai kekerasan *Vickers* akan semakin tinggi pula. Dapat dilihat nilai kekerasan pada logam las lebih

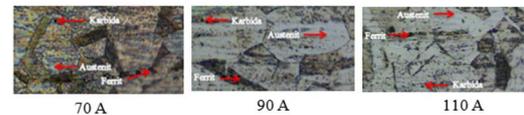
tinggi dibandingkan dengan daerah *HAZ*, hal ini diakibatkan oleh logam las yang bercampur dengan logam induk mempunyai kekerasan yang tinggi. Sedangkan pada daerah *HAZ* nilai kekerasannya lebih rendah karena daerah *HAZ* yang berbatasan dengan logam las sangat lebar dan butir dapat tumbuh hingga menjadi sangat besar. Daerah yang dekat dengan logam las mengalami pertumbuhan butir yang kasar maka kekerasan di daerah *HAZ* menjadi rendah serta mengalami perubahan struktur.

Pengamatan Struktur Mikro

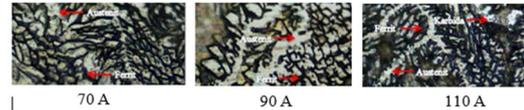
Raw Material



Daerah Haz



Logam Las



Gambar 7. Hasil Pengamatan Struktur Mikro Struktur mikro *Raw Material* pada daerah logam induk seperti yang terlihat pada Gambar 7, terlihat adanya fasa Austenit sebagai fasa yang dominan dan fasa *Ferrite*. Fasa Austenit ditunjukkan oleh warna putih sedangkan *Ferrite* dalam bentuk delta *Ferrite* berupa garis hitam putus-putus. Selain itu terlihat pula adanya presipitat berupa bintang hitam yang tersebar pada daerah batas butir atau batas *Ferrit*-Austenit.

Pada masing-masing sampel dengan masukkan panas yang berbeda terjadi perbedaan yang signifikan pada ukuran dendrit bila dilakukan suatu pengukuran. Pada sampel arus yang tinggi menyebabkan masukkan panas yang lebih besar sehingga ukuran dendrit membesar dan jarak antara dendrit bertambah dibandingkan dengan sampel arus yang rendah. Hal ini disebabkan karena pada sampel arus yang tinggi masukkan panas lebih besar kemudian melalui proses

pencairan dan pemanasan yang berlangsung cukup lama sehingga mengakibatkan perubahan dengan ukuran dendrit menjadi lebih besar.

Pada daerah *HAZ* dari ketiga sampel spesimen pengujian dengan variasi arus 70 A, 90 A dan 110 A struktur yang terbentuk berupa butiran austenit yang relatif lebih kasar dibandingkan dengan butiran pada logam induk dan terjadi sedikit perpanjangan pada ukuran dendrit, karena butiran austenit yang lebih kasar maka dapat dipastikan kekuatan dan ketangguhan pada daerah *HAZ* lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan dan ketangguhan pada daerah logam induk.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang pengaruh variasi arus listrik pada pengelasan *SMAW* terhadap material *Stainless Steel* 312 maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil analisis pengujian tarik *Stainless Steel* 312 mempunyai nilai tegangan tarik pada proses pengelasan diperoleh nilai tertinggi yaitu pengelasan dengan arus 110 A sebesar 665,084 Mpa dan nilai tegangan terendah yaitu pada pengelasan dengan arus 70 A sebesar 639,680 Mpa. Untuk regangan tarik atau perpanjangan nilai tertinggi terdapat pada arus 110 A sebesar 32,72 % dan terendah terdapat pada arus 70 A yaitu 30,88 %. Dan untuk nilai elastisitas pada proses pengelasan diperoleh nilai tertinggi terdapat pada arus 70 A sebesar 7282,47 Mpa dan terendah pada arus 110 A yaitu 6719,57 Mpa. Sedangkan untuk nilai rata-rata kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi arus 110 A sebesar 221,92 kg/mm² yang terletak pada daerah logam las, dan nilai kekerasan terendah pada spesimen dengan variasi arus 70 A sebesar 149,76 kg/mm² yang terletak pada daerah logam induk. Dari ketiga variasi arus 70 A, 90 A dan 110 A, bahwa pada arus pengelasan 110 A dengan metode

pengelasan *SMAW* kekuatan sambungan las sangat baik.

2. Struktur mikro pada daerah *HAZ* dapat dilihat bahwa semakin besar arus yang digunakan maka pertumbuhan butir akan semakin tinggi dan terdapat endapan Karbida *Chrom* yang lebih sedikit dibandingkan dengan arus yang rendah, jika endapan Karbida *Chrom* semakin banyak maka akan terjadi penurunan sifat tahan karat dan sifat mekaniknya. Dan pada logam las menghasilkan struktur ferit *Vermicular* dan *Lathy*, dengan meningkatnya arus pengelasan yang digunakan menyebabkan ukuran dendrit membesar dan jarak antara dendrit bertambah dibandingkan dengan arus pengelasan yang rendah

DAFTAR PUSTAKA

- ASM *Metal Handbook, Ninth Edition, Volume 3. Stainless Steel Welding Guide.*
- Alip, M., 1989, Teori dan Praktik Las. Jakarta: Proyek pengembangan lembaga pendidikan tenaga kependidikan Jakarta.
- Arifin, S. 1997. Las Listrik dan Otogen. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- AWS.2010. *Stainless Steel Filler Metal Alloys.*
- ASTM.2010. *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.*
- Bintoro, G.A. 1999. Dasar-Dasar Pekerjaan Las. Jilid 1. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Malau, V., 2003, Diktat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam, Yogyakarta.
- Santoso, J., 2006, Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Las

SMAW dengan Elektroda E7018,
Universitas Negeri Semarang.

Sonawan, H Dan Rochim Suratman.2006,
Pengantar Untuk Memahami
Proses Pengelasan Logam, Alfa
Beta, Bandung.

Saad, 2008, Pengaruh Pengelasan SMAW,
Skripsi, Jurusan Teknik Mesin,
Universitas Negeri Semarang.

Wiryosumarto, H. dan T. Okumura, 2000,
Teknologi Pengelasan Logam, PT
Pradnya Paramita, Jakarta.

Widharto, S., 2013, Welding Inspection,
Mitra Wacana Media, Jakarta.