

## ANALISA VARIASI KUAT ARUS ELEKTRODA E6013 TERHADAP SAMBUNGAN LAS PADA PELAT BAJA UNTUK TABUNG GAS 3 KG

**Rosidi<sup>1</sup>, Budi Yuwono, Darius Yuhas**

*Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta  
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425  
e-mail: <sup>1</sup>rosidirachman@gmail.com*

### ABSTRACT

*The quality of the welding results is influenced by the qualified welder, the appropriate type of connection, the type of welding, and the electrode. Standard electrode AWS E 6013 with trademark Nikko Steel Welding Elektodes, NK 68 with  $\phi$  2.6 mm. The type of camp used is SNI standard 1452-2007 for 3 kg LPG tube. Specimens were subjected to tensile testing, impact toughness, hardness testing, curvature testing, microstructure with current variations of 50 A and 70 A of both types of electrodes used. Welding by SMAW method with circular welding at 3 kg of gas tube blank from JIS G 3116 SG 295 materials. From the test result will be known maximum tensile strength, impact toughness, hardness, curve strength, macro and microstructure. And by comparing the samples of SNI, non SNI and samples from both types of Nikko Steel and NK 68 electrodes, there are differences in mechanical and microstructure characteristics that will significantly affect the toughness of the welding results.*

**Key words:** currents, SMAW, tensile strength, impact toughness, AWS 6013

### ABSTRAK

*Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh juru las yang berkualifikasi, jenis sambungan yang sesuai, jenis pengelasan, serta elektroda. Elektroda standar AWS E 6013 dengan merk dagang Nikko Steel Welding Elektodes, NK 68 dengan  $\phi$  2,6 mm. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh standar SNI 1452-2007 untuk tabung LPG 3 kg. Spesimen dilakukan pengujian tarik, ketangguhan impak, pengujian kekerasan, pengujian lengkung tekan, struktur mikro dengan variasi arus 50 A dan 70 A dari kedua jenis elektroda yang digunakan. Pengelasan dengan metoda SMAW dengan pengelasan melingkar pada blank tabung gas 3 kg dari bahan JIS G 3116 SG 295. Dari hasil pengujian yang dilakukan akan diketahui kekuatan tarik maksimum, ketangguhan impak, kekerasan, kekuatan lengkung tekan, struktur makro dan mikro. Dan dengan membandingkan sampel SNI, non SNI serta sampel dari kedua jenis elektroda merek Nikko Steel dan NK 68 adanya perbedaan karakteristik mekanik dan struktur mikro yang sangat menyolok yang akan mempengaruhi ketangguhan dari hasil pengelasan tersebut.*

**Kata kunci :** arus, SMAW, kekuatan tarik, ketangguhan impak, AWS 6013

### PENDAHULUAN

Dalam era pembangunan yang pesat seperti saat ini teknologi pengelasan telah banyak dipergunakan secara luas pada penyambungan logam baik dibidang industri manufaktur maupun pembangunan infrastruktur. Agar mampu bersaing maka setiap industri harus menghasilkan suatu produk yang berkualitas.

Salah satu faktor penunjang kualitas suatu produk adalah material sebagai bahan baku dalam industri manufaktur maupun infrastruktur.

Begitu pula dengan industri pembuatan tabung gas 3 kg dimana syarat dan ketentuan sambungan las harus sesuai dengan standar nasional Indonesia<sup>[1]</sup> yaitu sambungan las harus mulus, rigi-rigi las harus rata, tidak boleh terjadi cacat-cacat pengelasan yang dapat mengurangi kekuatan dalam pemakaian.

Pengujian mekanis berupa sifat–sifat tarik dari sambungan las nilainya harus sama atau lebih besar, dengan kekuatan tarik bahan yang disambung dan patahan tidak boleh terjadi pada sambungan las. Persyaratan radiografi harus sesuai dengan SNI 05-3563-1994, Bejana tekan I- A, Bab BL Persyaratan bejana tekan yang difabrikasi dengan pengelasan, BL-51.b.

Permasalahan yang timbul dalam proses pengelasan pada lembaran baja **Standard JIS G 3116 SG 295** dengan ketebalan plat 2,3 mm menggunakan elektroda las E 6013 berdiameter 2,6 mm merek “X” dan merek “Y” pada variasi arus 50 A dan 70 A adalah bagaimana hasil pengelasan tersebut sesuai dengan standart mutu sambungan las berdasarkan SNI 1452 – 2007. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sambungan las sampel SNI, non SNI, sampel A dan sampel B yang menggunakan elektroda dengan kedua merek tersebut.

Standar SNI 1452 – 2007 menetapkan bentuk kontruksi, ukuran dan cara uji tabung baja LPG untuk kapasitas tipe 3 kg sampai dengan 50 kg. Tabung baja LPG adalah tabung bertekanan yang dibuat dari plat baja karbon canai panas digunakan untuk menyimpan gas LPG dengan kapasitas pengisian antara 3 kg sampai dengan 50 kg. Bahan baku untuk badan tabung sesuai dengan SNI 07-3018-2006 , *Baja lembaran pelat dan gulungan canai panas untuk tabung gas*(Bj TG) atau JIS G 3116 kelas SG 26 (SG 255), SG 30 (SG 295).

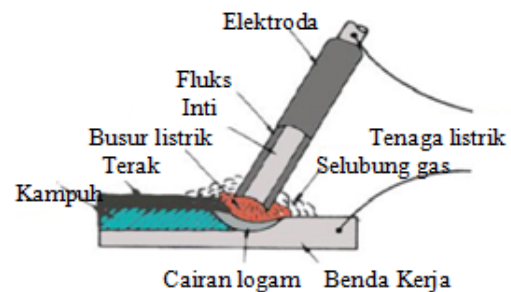
Lembaran baja **JIS G 3116 SG 295** merupakan bahan yang diggunakan untuk pembuatan tabung gas bertekanan dengan proses pembentukan dan proses las seperti tabung gas LPG 3 kg dengan ketebalan 2,3 mm dan ketebalan minimum 1.905 mm disebut Bj TG 295 mempunyai kekuatan tarik 45 kg/mm<sup>2</sup> dan keuletan 26 kg/mm<sup>2</sup>. Komposisi kimia untuk baja TG 295 dan sifat

mekaniknya seperti pada tabel di bawah ini.<sup>[9]</sup>

**Tabel 1.** Sifat mekanik Bj TG

Simbol	Batas Luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Kuat Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Regangan (mm)
Bj TG 255	26	41	28
Bj TG 295	30	45	26
Bj TG 325	33	50	22

Las SMAW (*Selded Metal Arc Welding*)/Las busur dengan elektroda berselaput, proses las busur ini menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambah, busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar, selaput elektroda yang turut terbakar akan mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawah las, busur listrik dan daerah las di sekitar busur listrik terhadap pengaruh udara luar.<sup>[11]</sup>



**Gambar 1.** Proses pengelasan SMAW

Pemilihan elektroda pada pengelasan harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standar system AWS (*American Welding Society*), ASTM (*American Society Testing Material*) atau JIS (*Japan Industrial Standardization*). Elektroda jenis E 6013/JIS RD 4313 dapat dipakai dalam semua posisi pengelasan dengan arus las AC maupun DC. Tipe elektroda yang digunakan dalam penelitian ini

adalah RD 260 (JIS D 4313/AWS E 6013).

## METODE PENELITIAN

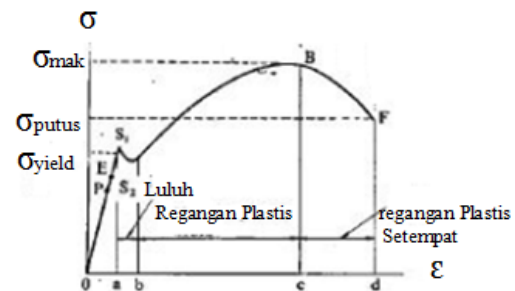
Salah satu yang menjadi perhatian adalah pengaruh dari jenis elektroda yang digunakan dalam proses pengelasan terhadap sifat-sifat fisis dan mekanis logam yang dilas. Untuk mengetahuinya, maka dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanis, yang dalam hal ini dilakukan logam baja lembaran *Standard (JIS) G3116 SG 295* dari hasil pengelasan dengan dua jenis elektroda yang berbeda merek, dimana baja lembaran tersebut digunakan untuk tabung gas 3 kg.

beredar di sekitar Depok diantaranya seperti : Nikko *Steel Welding Electrodes* dan NK 68.

### Pengujian sambungan las

#### Pengujian tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok elektroda tersebut. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan.



**Gambar 3.** Kurva tegangan – regangan<sup>[2]</sup>

#### Pengujian lengkung tekan

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, uji *bending* yang dilakukan yaitu *transversal bending*, dengan arah pembebanan *root bend*.

### Gambar 2. Diagram alir penelitian

Elektroda yang digunakan pada proses pengelasan untuk penelitian ini, dibuat dari dua jenis elektroda standar AWS E 6013 dengan merk dagang yang banyak digunakan tukang las di sekitar Politeknik Negeri Jakarta dan banyak

### Pengujian impak

Ketangguhan adalah tahanan bahan terhadap beban tumbukan atau kejutan (tarikan yang tajam secara drastis menurunkan ketangguhan). Tujuan utama dari pengujian impak adalah untuk mengukur kegetasan atau keuletan bahan terhadap beban tiba-tiba dengan cara mengukur energi potensial sebuah pendulum yang dijatuhkan pada ketinggian tertentu. Metode yang sering digunakan adalah metode *Charpy* dengan menggunakan benda uji standar. Harga impak (HI) suatu bahan uji dengan metoda Charpy diberikan oleh :

$$HI = \frac{E}{A} \quad (1)$$

Dimana :

$E$  adalah energi yang diserap ( joule)  
 $A$  adalah luas penampang di bawah takik (mm)

### Pengujian kekerasan

Kekerasan suatu logam dapat diartikan sebagai kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Harga kekerasan bahan tersebut dapat dianalisis dari besarnya pembebanan yang diberikan terhadap luasan bidang yang menerima pembebanan.

Pada penelitian ini digunakan cara pengujian Vickers dengan menggunakan penekanan berbentuk piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antar permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah  $136^\circ$ . Angka kekerasan vickers didefinisikan sebagai beban dibagi luas penampang lekukan. Luasan ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal pajak.

$$HVN = \frac{2F \sin(\theta/2)}{L^2} \quad (2)$$

Dimana :

- $F$  = Beban (kg)
- $L$  = Panjang diagonal rata-rata (mm)
- $\theta$  = Sudut piramida  $136^\circ$

### Pemeriksaan struktur mikro

Pemeriksaan struktur mikro adalah pemeriksaan struktur logam dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran  $200\times$ . Kegunaannya untuk memeriksa permukaan pada daerah pengelasan *circum* baik pada daerah *base metal*, daerah HAZ maupun pada daerah inti las (*weld*).

Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las 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 kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta penguatan matrik las tinggi.

**Tabel 2.** Hubungan  $\phi$  elektroda dengan arus

Size (mm)	Diameter	2,5	2,6	3,2	4,0	5,0
Current Range (Amp)		60	60	80	150	180
		-	-	-	-	-
		90	90	130	190	250

## HASIL dan PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan pada sampel SNI, non SNI serta sampel dengan pengelasan elektroda merek X dan merek Y kemudian dibandingkan untuk melihat pengaruh pengelasan yang terjadi pada daerah logam las atau *Fusion Zone*. Sedangkan pengujian metalografi akan membahas pengaruh *Base metal* setelah dilakukan pengelasan dimana akan terdapat daerah yang terpengaruh panas yang dikenal dengan dengan *Heat Affected Zone* (HAZ) serta dapat memprediksi bentuk butiran pada hasil foto metalografi.

### Data dan analisa pengujian tarik

Kekuatan tarik dengan nilai tertinggi sebesar  $58,47 \text{ kg/mm}^2$  untuk benda uji dari SNI sedangkan untuk benda uji non SNI

mendapatkan nilai 56,54 kg/mm<sup>2</sup> dan untuk sampel uji A dengan I = 70A mendapatkan nilai tertinggi 55,56 kg/mm<sup>2</sup> dan kekuatan tarik terendah adalah 43,87 kg/mm<sup>2</sup> dari sampel A dengan I= 50 A.

**Tabel 3.** Data pengujian tarik

Sampel Benda Uji	Kekuatan Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )		
	1	2	3
Sampel SNI	58,18	58,66	58,56
Sampel Non SNI	56,03	56,72	56,88
Sampel A, I = 50 A	42,37	42,87	46,38
Sampel A, I = 70 A	55,87	53,2	57,6
Sampel B, I = 50 A	52,55	38,73	48,55
Sampel B, I = 70 A	47,37	51,49	50,44

#### Data dan analisa pengujian impak

Dari hasil pengujian impak dengan menggunakan metoda Charpy didapat nilai tertinggi pada benda uji SNI mendapatkan nilai 1,84 J/mm<sup>2</sup> sedangkan pada benda uji dari sampel A dan sampel B mendapatka nilai di bawah sampel non SNI yaitu 0,86 J/mm<sup>2</sup>. Hal ini memperlihatkan adanya fenomena bahwa material pada tabung non SNI, sampel A dan sampel B cenderung getas patah dibandingkan dengan SNI, dimana pada material SNI tidak ada sampel yang patah, hal ini mengidentifikasi bahwa sampel SNI memiliki keuletan yang lebih tinggi dibandingkan dengan non SNI, sampel A dan sampel B dengan nilai impak di atas rata-rata non SNI, sampel A dan sampel B.

**Tabel 4.** Data pengujian impak

Sampel Benda Uji	HI (Joule/mm <sup>2</sup> )		
	1	2	3
Sampel SNI	0,98	0,84	1,29
Sampel non SNI	0,69	0,84	1,06
Sampel A, I = 50 A	0,35	0,66	0,51
Sampel A, I = 70 A	0,46	0,78	0,81
Sampel B, I= 50 A	0,54	0,37	0,63
Sampel B, I= 70 A	0,4	0,42	0,36

#### Data dan analisa pengujian

##### kekerasan

Nilai kekerasan HV dari hasil pengujian dengan menggunakan masing-masing sampel uji yang berbeda dengan titik penetrasi di daerah *base metal*, HAZ dan *weld* menunjukkan fenomena nilai kekerasan pada masing-masing bahan yang menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada daerah *base*, HAZ dan *weld* pada tabung SNI cenderung lebih rendah dibandingkan dengan bahan non SNI, sampel A dan sampel B, hal ini menunjukkan bahwa sampel dari bahan SNI memiliki keuletan yang lebih tinggi dibandingkan dengan non SNI,

Pada sampel A dengan kuat arus 50 A memiliki kekerasan lebih rendah dibandingkan dengan sampel A dengan kuat arus 70 A sedangkan pada sampel B dengan kuat arus 50 A memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kuat arus 70 A. Secara keseluruhan antara sampel A dan sampel B mempunyai kekerasan yang hampir sama, sehingga dapat dikatakan bahwa karakteristik antara sampel A dan sampel B mendekati kesamaan.

#### Data dan analisa pengujian lengkung tekan

Dari hasil pengujian lengkung tekan untuk mengindikasikan bahwa keretakan yang terjadi sangat dipengaruhi oleh pengelasan dimana arus yang diberikan cukup besar dengan kecepatan pengelasan relatif cepat, sehingga penetrasi yang terjadi tidak mencapai dasar logam induk.

**Tabel 6.** Hasil uji lengkung tekan lasan

Sampel Uji	Sifat Tampak
SNI	Bagus (tidak retak)
Non SNI	Bagus (tidak retak)
Sampel A, I = 50 A	Retak
Sampel A, I = 70 A	Retak
Sampel B, I = 50 A	Retak
Sampel B, I = 70 A	Retak

**Data dan analisa pengujian mikro struktur**

Dari hasil foto struktur mikro dengan pembesaran 200× menunjukkan bahwa pada daerah base metal untuk semua sampel terdapat fasa perlit berwarna hitam dan fasa ferit berwarna putih yang lebih mendominasi dan memiliki butiran yang halus.

Struktur mikro pada daerah HAZ untuk sampel SNI memiliki daerah yang sempit dan terlihat ferit berbentuk besar dan memanjang serta terlihat juga perlit sedangkan pada daerah inti las terlihat ferit yang lebih dominan dari perlit sehingga dapat diprediksi pada kondisi ini kekuatan mekanis akan meningkat dengan terdistribusinya perlit pada inti las.

Struktur mikro untuk sampel non SNI, sampel A dan sampel B pada daerah HAZ memiliki butiran ferit yang lebih besar dan kasar dibandingkan dengan sampel SNI, pada daerah inti las juga terlihat perlit dengan ukuran yang besar dan berbentuk runcing.

Ini mengindikasikan bahwa disekitar batas butir fasa ini memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan fasa yang ada ditengahnya, hal ini akan berakibat konsentrasi tegangan akan lebih besar didaerah tersebut sehingga terjadi patahan tanpa adanya pergeseran butir dan keuletannya akan menurun dibandingkan dengan sampel SNI.

**a. Sampel SNI**



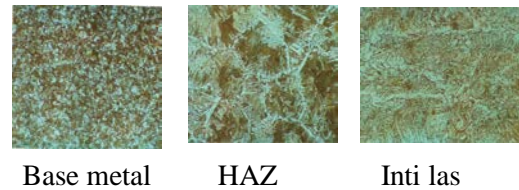
**b. Sampel Non SNI**



**c. Sampel A, I = 50 A**



**d. Sampel A, I = 70 A**



**e. Sampel B, I = 50 A**



**f. Sampel B, I = 70 A**



**Gambar 7.** Foto hasil pengujian mikro

**KESIMPULAN**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa semua sampel mempunyai kekuatan tarik diatas kekuatan tarik logam induk yaitu baja lembaran JIS G 3116 SG 295 sebesar 43 kg/mm<sup>2</sup>.

Hasil pengujian impak menunjukkan bahwa kekuatan impak tertinggi pada sampel SNI sebesar 1,04 joule/mm<sup>2</sup> dengan patahan tidak patah putus sedangkan pada sampel non SNI sebesar 0,86 joule/mm<sup>2</sup>, sampel A arus 50 A sebesar 0,51 joule/mm<sup>2</sup>, sampel A arus 70 A sebesar 0,68, sampel B arus 50 A sebesar 0,51 joule/mm<sup>2</sup> dan



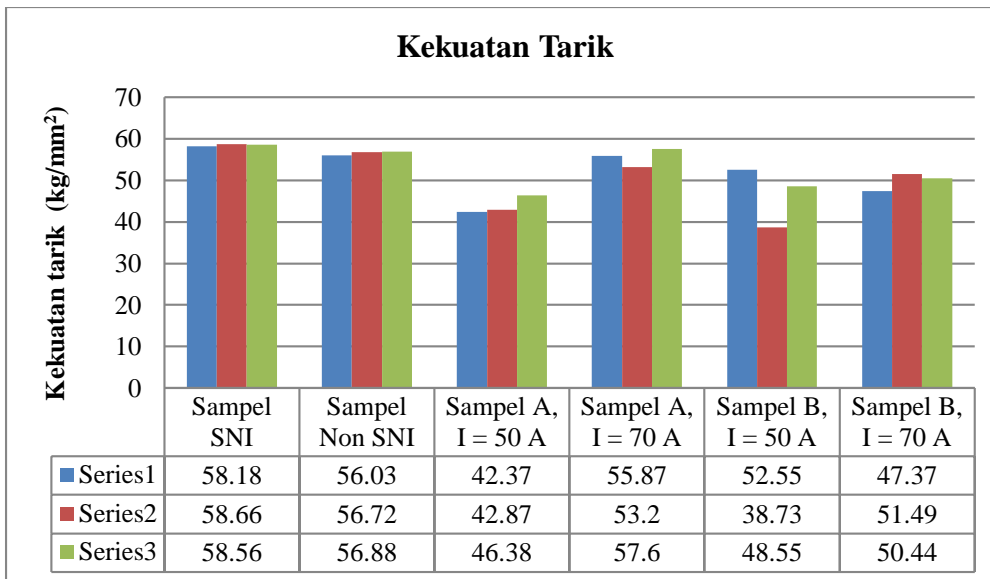
sampel B arus 70 A sebesar 0,39 joule/mm<sup>2</sup> semua patah putus.

Pemeriksaan kekerasan mikro pada daerah base metal menunjukkan bahwa semua sampel uji tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan nilai kekerasannya berkisar sebesar 200 HVN.

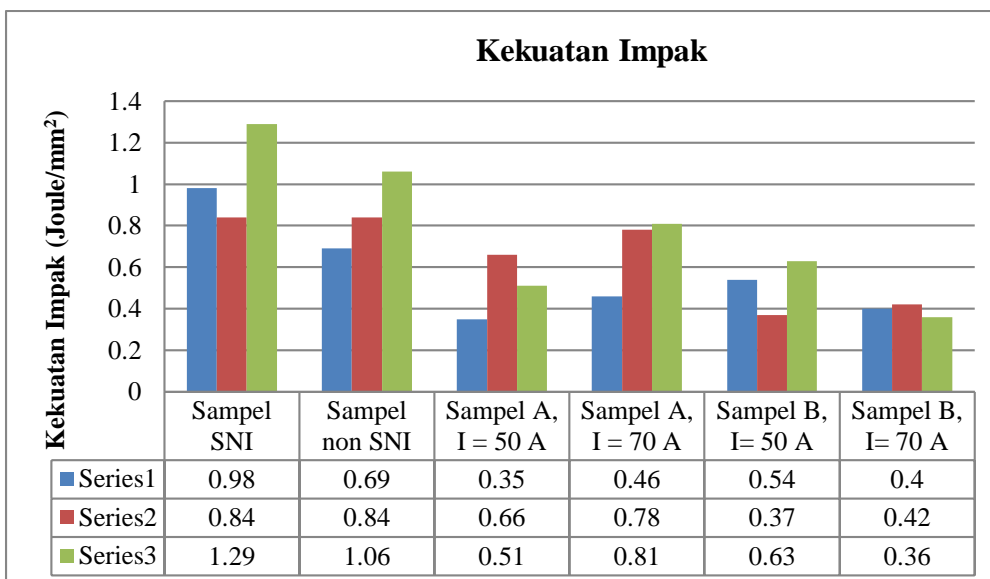
Elektroda X pada sampel A dan Elektroda Y pada sampel B dengan standar AWS E 6013 mempunyai sifat mekanis yang berbeda dengan ditandai penetrasi, kekuatan tarik, kekuatan impak dan kekerasan serta struktur makro maupun mikro yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASM. 1989. *Metallurgy and Microstructures*, ASM Handbook Committee. Park Ohio.
- [2] ASTM E 23 – 02a. 1994. *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*. USA.
- [3] Bintoro, A. G. 2010. *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*. Yogyakarta: Kanisius.
- [4] Fuadi, Imam. 2010. *Struktur mikro dan Kekerasan Sambungan Las Tabung LPG 3 kg*. Jurnal Ilmiah Industrial Teknologi.
- [5] Jokosisworo, Sarjito. 2009. *Pengaruh Besar Arus Listrik Dengan Menggunakan Elektroda SMAW Terhadap Kekuatan Sambungan Las Butt Joint Pada Plat Mild Steel*. Jurnal Ilmiah Kapal. Vol. 6, No. 2. (Juni 2009)
- [6] Karohika, I Made Gatot. 2009. *Pengaruh Variasi Arus dan Jenis Elektroda pada Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M. Vol. 3, No. 2. (Oktober 2009)
- [7] SNI 07-0410-1989. *Cara Uji Lengkung Tekan*. Badan Standardisasi Nasional.
- [8] SNI 05-3563-1994. *Bejana Tekan I-A, Bab BL Persyaratan Bejana Tekan yang difabrikasi dengan Pengelasan, BL-51b*. Badan Standardisasi Nasional.
- [9] SNI 07-3018-2006, *Baja Lembaran, Pelat dan Gulungan Canai Panas untuk Tabung gas (BJ TG)*, ICS 77.140.10, Badan Standardisasi Nasional.
- [10] SNI 1452 – 2007. *Tabung Baja LPG*. ICS 23.020.30. Badan Standardisasi Nasional.
- [11] Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, Toshie . 2008 *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.



**Gambar 4.** Grafik hasil pengujian tarik



**Gambar 5.** Grafik hasil pengujian impak

**Tabel 5.** Hasil pengujian kekerasan

**a. Daerah base metal**

Sampel Benda Uji	HV				
	1	2	3	4	5
Sampel SNI	198.04	198.04	201.83	201.83	201.8
Sampel non SNI	205.74	205.74	205.74	213.88	205.74
Sampel A, I = 50 A	201.83	198.04	201.88	198.04	213.88
Sampel A, I = 70 A	213.88	205.74	198.04	209.75	201.83
Sampel B, I = 50 A	205.74	205.74	205.74	209.75	198.04
Sampel B, I = 70 A	198.04	198.04	209.75	205.74	198.04



**b. Daerah HAZ**

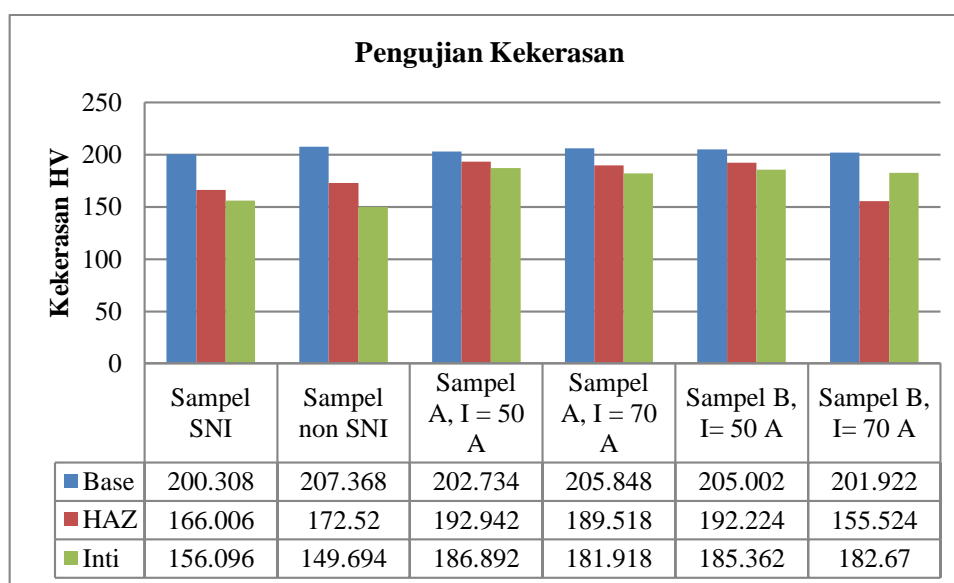
Sampel Benda Uji	HV				
	1	2	3	4	5
Sampel SNI	168.26	165.37	171.22	159.81	165.37
Sampel non SNI	190.77	183.9	154.53	183.9	149.5
Sampel A, I = 50 A	190.77	190.77	194.36	190.77	198.04
Sampel A, I = 70 A	187.64	190.77	190.77	187.64	190.77
Sampel B, I= 50 A	190.77	198.04	190.77	190.77	190.77
Sampel B, I= 70 A	198.04	177,39	190.77	190.77	198.04

**c. Daerah Inti las**

Sampel Benda Uji	HV				
	1	2	3	4	5
Sampel SNI	157.14	157.14	157.14	154.53	154.53
Sampel non SNI	140.16	149.5	149.5	159.81	149.5
Sampel A, I = 50 A	187.64	183.9	187.64	187.64	187.64
Sampel A, I = 70 A	183.8	183.9	180.6	183.9	177.39
Sampel B, I= 50 A	183.9	187.64	190.77	183.9	180.6
Sampel B, I= 70 A	183.9	177.39	183.9	177.39	190.77

**d. Data kekerasan rata-rata pada daerah base, HAZ dan inti**

Sampel	Daerah		
	Base	HAZ	Inti
Sampel SNI	200.308	166.006	156.096
Sampel non SNI	207.368	172.52	149.694
Sampel A, I = 50 A	202.734	192.942	186.892
Sampel A, I = 70 A	205.848	189.518	181.918
Sampel B, I= 50 A	205.002	192.224	185.362
Sampel B, I= 70 A	201.922	155.524	182.67

**Gambar 6.** Grafik hasil pengujian kekerasan

