

## Analisa Pengaruh Gerakan Elektroda pada Pengelasan SMAW terhadap Uji Kekerasan dan Kekuatan *Bending* Baja ST 37

Afrianto Rabbi<sup>1</sup>, Imran<sup>2</sup>  
Politeknik Negeri Bengkalis  
afriantorabbipolbeng@gmail.com<sup>1</sup>, imran@polbeng.ac.id<sup>2</sup>

### Abstract

*SMAW welding is welding with an electrical arc which is used as a heat source to melt metal (electrode). This study discusses the movement of electrodes in the welding process of bending strength and the nature of the hardness that occurs in ST 37. The method used is factorial experiments, where there is one factor, namely electrode movement. There are three electrode movement that are straight, zig-zag and U pattern. Based on the results of the research, the electrode movement used has a significant effect on bending strength and hardness value is found in zig-zag movement, with bending strength of 879.05 N/mm<sup>2</sup> and the value of welded hardness is 70.3 kg/mm<sup>2</sup>, HAZ (Heated Affected Zone) is 73 kg/mm<sup>2</sup>, base metal is 70.6 kg/mm<sup>2</sup> while the lowest bending and hardness strength value are in the straight motion, with bending strength of 663.21 N/mm<sup>2</sup> and the value of weld hardness of 65 kg/mm<sup>2</sup>, HAZ of 71.2 kg/mm<sup>2</sup>, base metal of 63.6 kg/mm<sup>2</sup>. In welding ST 37 steel to get the highest value of bending and hardness strength, it is better to use zig-zag electrode movement. So it can be concluded that the difference in moving the electrode will effect the value of bending strength and the hardness value of steel ST 37.*

*Keywords : electrode movement, SMAW welding, ST 37, E6013 electrode, bending test*

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat dibidang konstruksi mesin sangat membutuhkan teknik penyambungan antara bagian yang saling berhubungan pada konstruksi mesin tersebut. Teknik penyambungan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan dengan metode busur menyala logam terlindung yang biasa disebut *shielded metal arc welding (smaw)*. Pengelasan ini ditinjau dari segi pengoperasian lebih mudah, praktis dan bisa digunakan dalam berbagai macam posisi pengelasan, begitu juga dari segi ekonomis pengelasan ini lebih murah. Adapun permasalahan yang sering ditemukan pada pengelasan *smaw* berupa cacat las pada sambungan yang dapat menurunkan kualitas sambungan.

Kualitas sambungan dapat diperoleh dengan cara memperhatikan salah satu yang menjadi parameter pengelasan yaitu gerakan elektroda. Gerakan elektroda dalam pengelasan bertujuan untuk mendapatkan deposit logam las dengan permukaan yang rata dan halus serta untuk menghindari terjadinya takikan atau percampuran terak. Pada penelitian I Gusti Ngurah Nitya Santhiarsa dan Nyoman Budiarsa (2008) didapat hasil nilai kekerasan pada (haz) dengan gerakan elektroda pola c bernilai kekerasan lebih tinggi.

Pada penelitian tersebut masih banyak gerakan elektroda lainnya yang perlu untuk diteliti. Dalam hal ini penulis tertarik untuk membahas gerakan elektroda yang lain seperti gerakan elektroda alur lurus, alur zig-zak, dan alur pola U. Adapun rumusan masalahnya adalah berapakah nilai kekerasan pada daerah *stir zone*, *HAZ*, dan *base metal* baja ST 37, dan berapakah nilai kekuatan *bending* pada baja ST 37 pada pengelasan SMAW jika menggunakan gerakan elektroda alur lurus, alur zig-zag dan alur pola U. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah arus pengelasan  $I = 90$  Ampere, dengan elektroda E6013  $\phi 2,6$  mm dengan kampuh V dengan sudut  $60^\circ$ , posisi pengelasan 1 G V *groove*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekerasan yang mempengaruhi sifat mekanis material pada

daerah lasan, HAZ, dan base metal dan kekuatan bending terhadap kemampuan bahan uji dalam menerima pembebanan.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

Pengelasan (welding) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dengan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, beja tekan, pipa pesat, pipa saluran dan sebagainya. Standar yang sering digunakan dalam pengelasan konstruksi adalah *American Welding Society (AWS) D 1.1* (Pengelasan.T, 2012). Definisi pengelasan menurut DIN (Deutsche Industrie Norman) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pengelasan bimetal adalah proses pengelasan yang menyambungkan dua macam logam yang berbeda. Pengelasan bimetal mempunyai tingkat kerumitan yang lebih tinggi dibanding dengan pengelasan logam yang sejenis. Karena logam yang tidak sejenis mempunyai karakteristik yang berbeda satu sama lainnya. Sehingga proses pengelasan logam yang tidak sejenis membutuhkan beberapa teknik tertentu, misalnya pemilihan logam yang akan disambung harus tepat, pemilihan elektroda yang sesuai, pengaturan heat input yang tepat, serta pemilihan perlakuan panas pasca pengelasan yang tepat. (Pengelasan.T, 2012).

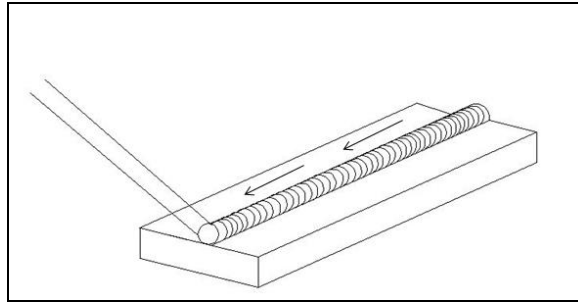
Adapun pengelasan *shielded metal arc welding (smaw)* adalah pengelasan dengan menggunakan nyala listrik sebagai sumber panas pencairan logam. Las busur listrik elektroda terlindung atau lebih dikenal dengan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) merupakan pengelasan menggunakan busur nyala listrik sebagai 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 (Wirjosumarto, 2000).

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar.

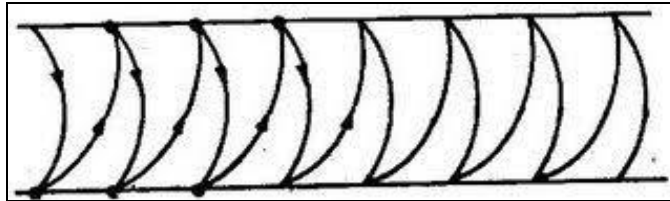
Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.

Gerakan elektroda atau ayunan elektroda sewaktu mengelas logam dilakukan untuk menghasilkan rigi-rigi las yang baik dan memperdalam penembusan busur nyala (Arifin, 1977: 60). Ada banyak cara dalam menggerakkan atau mengayukan elektroda. Tujuan dari gerakan elektroda las ini adalah untuk mendapatkan deposit logam las dengan permukaan yang rata dan halus dan menghindari terjadinya takikan dan percampuran terak. Dalam hal ini yang penting adalah menjaga agar sudut elektroda dan kecepatan gerakan elektroda tidak berubah (Wirjosumarto, 2000: 221).

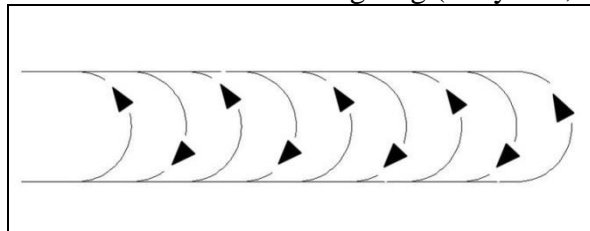
Pada penelitian ini gerakan elektroda yang digunakan adalah gerakan lurus, zig-zag dan pola U. Berikut akan ditampilkan gambar tentang gerakan atau ayunan elektroda tersebut:



Gambar 2.1 Gerakan Elektroda lurus (Sumber : Penulis, 2018)



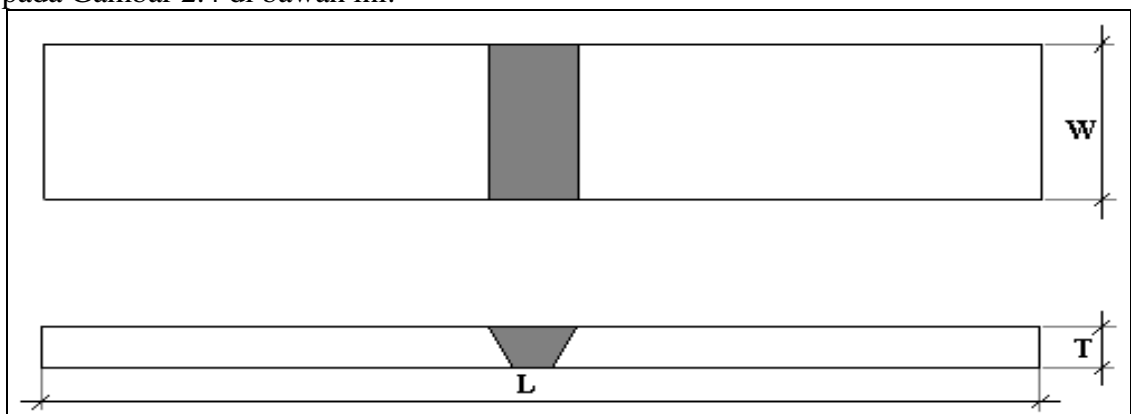
Gambar 2.2. Gerakan Elektroda Zig-Zag (Daryanto, 2012: 65)



Gambar 2.3. Gerakan Elektroda Pola U ( Sumber: Penulis, 2018)

Pengujian kekerasan *Rockwell* dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indenter. Penekanan indenter kedalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pandahuluan (beban minor), kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan. Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* ini diatur berdasarkan standar DIN 50103.

Pengujian *bending* untuk mengetahui kekuatan adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi elastis. Modulus elastisitas ( $E$ ) 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. Tegangan atau beban yang diberikan spesimen haruslah dibawah harga beban maksimum agar spesimen tidak mengalami deformasi plastis (Suhardiman, 2013). Spesimen yang digunakan untuk pengujian *bending* dibuat sesuai standar ASTM D790-02 (*American Standard Test and Material*). Skema pengujian *bending* dapat dilihat pada Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Skema pengujian *bending* (Sanjaya, R. 2012)

### 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dengan metode eksperimen yaitu melakukan pengujian pada variabel-variabel yang mempengaruhi penyambungan pelat baja karbon ST 37 dengan sambungan las busur listrik. Teknik pengumpulan data yang diperoleh dari pengelasan dengan gerakan elektroda lurus, zig-zag, dan pola U dengan hasil pengujian kekerasan dan pengujian bending terhadap benda uji sebanyak 3 spesimen pada masing-masing pengujian. Penelitian ini dilaksanakan di bengkel pengelasan Politeknik Negeri Bengkalis dan laboratorium uji bahan jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis. Peralatan yang digunakan antara lain: mesin las SMAW beserta perlengkapannya, alat uji kekerasan *Rockwell* dan alat uji *bending*. Adapun bahan yang digunakan adalah plat baja ST37 dengan pertimbangan antara lain: banyak digunakan di industri, mudah dilakukan proses penyambungan, memiliki nilai keuletan yang baik. Bahan yang lain adalah elektrode E6013 dengan pertimbangan: mudah digunakan ketika penyambungan pada baja karbon rendah, cocok untuk baja karbon sedang, terbuat dengan serbuk rutil kalium yang fluksnya mudah menyatu dengan baja tanpa menghasilkan spatter yang banyak.

Prosedur pada penelitian ini, dapat dilihat dari aspek proses pembuatan spesimen dan pengujian spesimen, yaitu sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Proses pemotongan benda kerja sesuai dengan kebutuhan pengujian
3. Kemudian dilakukan proses penggerindaan untuk membuat kampuh v dengan sudut  $60^\circ$  pada bahan uji
4. Sepesimen yang sudah dibuatkan kampuh, kemudian dibersihkan dan diletakan diatas meja pengelasan.
5. Proses pengelasan akan disesuaikan dengan gerakan elektroda yang berbeda, yaitu dengan gerakan lurus, zig-zag dan pola U.
6. Selanjutnya spesimen yang telah sesuai dengan pengukuran uji kekerasan dan uji bending disiapkan untuk dilakukan pengujian.
7. Dilakukan pengujian kekerasan dan uji bending.
8. Hasil penelitian dan kesimpulan.

Pada proses pembentukan spesimen dan pengujian dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar. 3.1 Spesimen (Sumber, Penulis, 2018)



Gambar 3.2 Spesimen Kampuh V



Gambar. 3.3 Proses Pengelasan Sudut Kampuh V



Gambar. 3.4 Spesimen



Gambar 3.5 Proses Uji *Bending*



Gambar 3.6 Proses Uji *Rock Well*

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil Pengujian *Bending*

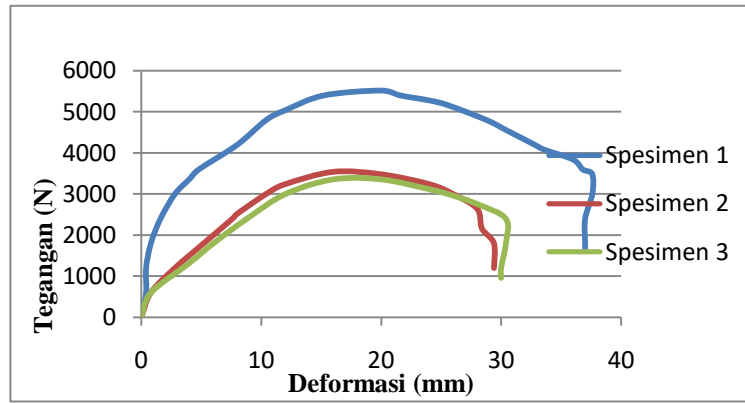
Berdasarkan hasil spesimen pengujian uji *bending* pada material ST 37 yang telah dilakukan pengelasan menggunakan metode pengelasan SMAW dengan menggunakan tiga gerakan elektroda yaitu: gerakan elektroda lurus, zig-zag dan pola U.

**Tabel 4.1** Hasil pengujian *bending* material ST 37 dengan tiga gerakan elektroda

No	Besarnya Arus	P(N)			$\delta$ (mm)		
		Lurus	Zig-zag	Pola U	Lurus	Zig-zag	Pola U
1	90 A	5506.99	5504.51	4023.02	37.40	25.45	31.34
2	90 A	3564.64	6219.01	4436.43	29.30	23.83	33.87
3	90 A	3412.39	4823.33	5362.31	30.21	33.57	32.87
<b>Rata-rata</b>		<b>4161,34</b>	<b>5515,62</b>	<b>4607,25</b>	<b>32,30</b>	<b>27,62</b>	<b>32,69</b>

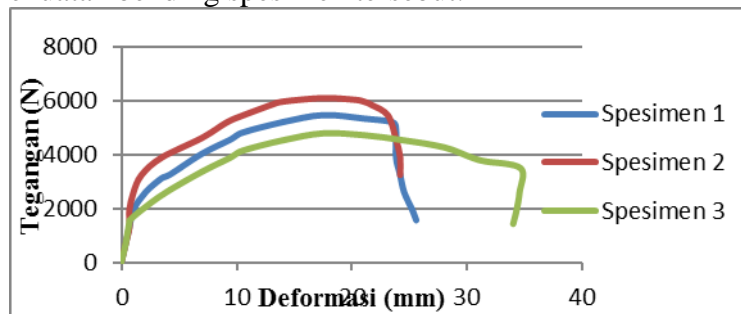
**Tabel 4.1** di atas menunjukkan bahwa menggerakkan elektroda akan mempengaruhi nilai kekuatan bending baja karbon rendah, hasil pengujian yang didapatkan didapatkan nilai gaya beban ( $P_{beban}$ ) dimana untuk nilai tertinggi adalah pada gerakan elektroda zig-zag hal ini dikarenakan pengaruh dari masukan panas atau *heat input* yang berbeda-beda pada masing-masing gerakan sehingga mempengaruhi karakteristik dari logam induk itu sendiri hal ini menyebabkan nilai dari kekuatan dan elastisitas berbeda-beda.

Berdasarkan hasil pengujian *bending* menggunakan tiga gerakan elektroda yaitu : gerakan lurus, zig-zag dan pola U. Maka diperoleh hasil dengan uraian berupa **gambar 4.1**, **gambar 4.2** dan **gambar 4.3** yang berbentuk grafik hasil



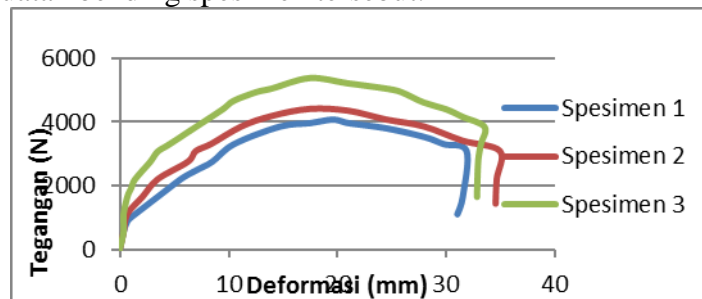
Gambar 4.1 Grafik Titik Tegangan-Deformasi Gerakan Lurus

Pada **Gambar 4.1** dapat dilihat nilai tegangan maksimum dan deformasi dari hasil pengujian, perbedaan nilai dari tiga spesimen yang telah diuji dan juga perbedaan titik lentur. Masing-masing spesimen memiliki nilai tegangan dan deformasi yang berbeda, hal ini dikarenakan pada proses pembuatan spesimen yang berkurang ataupun berlebih dari batas toleransi sehingga mempengaruhi hasil pengujian. Dari perbedaan itu diambil nilai rata-rata untuk menentukan kekuatan bending spesimen tersebut.



Gambar 4.2 Grafik Titik Tegangan-Deformasi Gerakan Zig-Zag

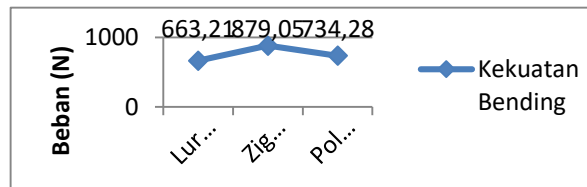
Pada **Gambar 4.2** dapat dilihat nilai tegangan maksimum dan deformasi dari hasil pengujian, perbedaan nilai dari tiga spesimen yang telah diuji dan juga perbedaan titik lentur. Masing-masing spesimen memiliki nilai tegangan dan deformasi yang berbeda, hal ini dikarenakan pada proses pembuatan spesimen yang berkurang ataupun berlebih dari batas toleransi sehingga mempengaruhi hasil pengujian. Dari perbedaan itu diambil nilai rata-rata untuk menentukan kekuatan bending spesimen tersebut.



Gambar 4.3 Grafik Titik Tegangan-Deformasi Gerakan Pola U

Pada **Gambar 4.3** dapat dilihat nilai tegangan maksimum dan deformasi dari hasil pengujian, perbedaan nilai dari tiga spesimen yang telah diuji dan juga perbedaan titik lentur. Masing-masing spesimen memiliki nilai tegangan dan deformasi yang berbeda, hal ini dikarenakan pada proses pembuatan spesimen yang berkurang ataupun berlebih dari batas toleransi sehingga mempengaruhi hasil pengujian. Dari perbedaan itu diambil nilai rata-rata untuk menentukan kekuatan bending spesimen tersebut.

Berdasarkan hasil rata-rata tiga gerakan elektroda yaitu : gerakan lurus, zig-zag dan pola U dapat dilihat perbandingan kekuatan *bending* seperti terlihat pada **Gambar 4.4** di bawah ini:

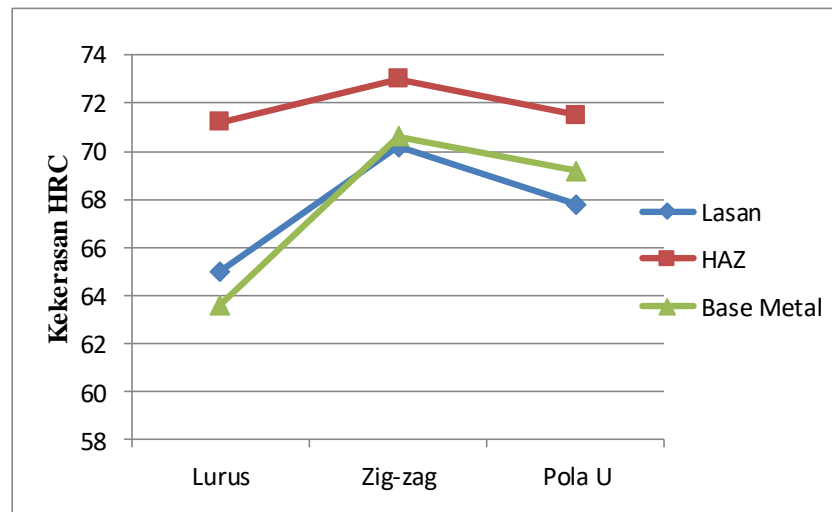


Gambar. 4.4 Grafik Kekuatan *Bending*

#### 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Pengujian Kekerasan *Rockwell* ini dilakukan pada setiap spesimen hasil pengelasan SMAW dengan tiga gerakan elektroda yaitu : gerakan lurus, zig-zag dan pola U. Dalam pengujian ini hanya dilakukan pengujian kekerasan *rockwell* dengan beban 100 kg selama 20 detik saat diberi beban minor.

Dengan tiga titik pada masing-masing daerah yaitu lasan, HAZ, dan *base metal* dari tiga titik tersebut didapatkan nilai rata-rata untuk memperoleh hasil kekerasan yang akurat. gambar 4.5 menunjukkan grafik perbandingan nilai kekerasan pada setiap variasi gerakan elektroda



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan (HRC)

#### 4.3 Hasil Analisa Pengaruh Gerakan Elektroda terhadap Kekuatan *Bending* dan Kekerasan pada baja ST 37

Pada penelitian ini digunakan pengelasan SMAW dengan posisi pengelasan 1G dan kampuh yang digunakan kampuh V tertutup sudut 60°, dengan arus 90 A dan elektroda yang digunakan E6013 diameter 2,6 maka didapatkan hasil pengujian uji bending dan uji kekerasan dimana gerakan elektroda zig-zag kecepatan pengelasan 5,04 mm/detik memiliki nilai paling tinggi dengan kekuatan bending sebesar 879,05 N/mm<sup>2</sup> dan nilai kekerasan pada daerah lasan sebesar 70,3 kg/mm<sup>2</sup>, HAZ sebesar 73 kg/mm<sup>2</sup>, dan base metal sebesar 70,6 sedangkan pada gerakan elektroda lurus dengan kecepatan pengelasan 3,94 mm/detik kekuatan bending sebesar 663,21 N/mm<sup>2</sup> dan nilai kekerasan pada daerah lasan sebesar 65 kg/mm<sup>2</sup>, HAZ sebesar 71,2 kg/mm<sup>2</sup> dan base metal sebesar 63,6 kg/mm<sup>2</sup> dan untuk gerakan pola U dengan kecepatan pengelasan 4,23 mm/detik. Kekuatan bending sebesar 734,28 N/mm<sup>2</sup> dan nilai kekerasan pada daerah lasan sebesar 67,8 65 kg/mm<sup>2</sup>, HAZ sebesar 71,5 kg/mm<sup>2</sup> dan base metal 69,2 kg/mm<sup>2</sup>.

**Tabel 4.2** perbandingan 3 gerakan elektroda tentang waktu, konsumsi elektroda, kuat bending, elastisitas dan kekerasan

No	Besar Arus A	Gerakan Elektroda	Waktu Pengelasan mm/detik	Konsumsi Elektroda mm	Kuat Bending ( $\sigma$ ) N/mm <sup>2</sup>	Elastisitas (E) N/mm <sup>2</sup>	Kekerasan		
							Lasan kg/mm <sup>2</sup>	HAZ kg/mm <sup>2</sup>	Base Metal kg/mm <sup>2</sup>
1	90 A	Lurus	3,94	110	663,21	7912,02	65	71,2	63,6
2	90 A	Zig-zag	5,04	130	879,05	1226,38	70,2	73	70,6
3	90 A	Pola U	4,23	190	734,28	8655,33	67,8	71,5	69,2

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian pengaruh gerakan elektroda pada proses *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) terhadap uji kekerasan dan kekuatan bending pada baja ST37 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian kekuatan bending terlihat bahwa pengelasan dengan gerakan elektroda zig-zag memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan gerakan elektroda lurus dan pola U
2. Kekuatan bending gerakan elektroda zig-zag sebesar 879,05 N/mm memiliki nilai tertinggi pada kekuatan bending.
3. Hasil dari tiga gerakan elektroda terdapat perbedaan kekuatan karena pengaruh dari gerakan elektroda, kecepatan pengelasan, masuk panas dan laju pendinginan yang berbeda pada material tersebut
4. Gerakan elektroda memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kekerasan rockwell terlihat bahwa spesimen dengan gerakan elektroda zig-zag memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan gerakan elektroda lurus dan pola U.
5. Nilai kekerasan rockwell yang tertinggi terjadi di daerah HAZ karena pada bagian HAZ umumnya akan lebih keras akibat mengalami pendinginan yang lebih cepat karena adanya faktor pendinginan konduksi dari bagian besi yang panas disekitar daerah pengelasan ke bagian besi yang dingin.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, agar memperoleh hasil yang optimal maka disarankan sebagai berikut:

1. Apabila ingin mendapatkan nilai kekuatan bending tertinggi ada pengelasan baja ST37 sebaiknya menggunakan gerakan elektroda zig-zag karena tahan terhadap beban
2. Pengelasan SMAW pada baja ST37 perlu dilakukan perlakuan panas seperti *pre heating* atau *post heating* untuk meningkatkan kekuatan sambungan pada pengelasan
3. Perlu dilakukan pengujian *Destructive Test* seperti pengujian *ultrasonic* dan pengujian penetran untuk mengetahui apakah ada cacat las yang terjadi didalam lasan sebelum melakukan proses pengujian bending dan kekerasan.
4. Pada penelitian selanjutnya pengujian terhadap sifat mekanik material dapat ditambahkan dengan uji tarik, struktur mikro ataupun uji *impact*.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S. (1977). *Las Listrik dan Otogen*. Jakarta : Ghalia Indonesia
- Ariska, D. (2017). *Analisa Perbandingan Kekuatan Bending dan Kekuatan Tarik pada Pengelasan Smaw Plat Baja St 37 Menggunakan Variasi Arus dan Kecepatan Pengelasan*. Bengkalis : Politeknik Negeri Bengkalis.
- Bachtiar. (2012). *Modul Ajar Praktek Las*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

- Duniawan A. (2015). *Pengaruh Gerak Elektroda dan Posisi Pengelasan Terhadap Uji Kekerasan Dari Hasil Las Baja SSC 41*. Jurnal Teknologi Volume 8 Nomor 2
- Daryanto. (2012). *Teknik Las*. Bandung : Alfabeta
- Engineering,W. (2015). *Macam Dan Jenis Elektroda Cara Pemakaian*. <http://hima-tl.ppns.ac.id/?p=704>. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia: Hima Teknik Pengelasan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Diakses pada 5 februari 2018.
- Irwanto A. R. (2016). *Perbandingan Variasi Gerakan Elektroda pada Proses Shielded Metal arc Welding (SMAW) Terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Bending Baja Karbon Rendah*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Nugroho, K.S. (2010). *Pengertian Pengelasan*. PDF. Diakses pada 19 februari 2018.
- Naryono I (2012). *Pengaruh Variasi Kecepatan Pengelasan Pada Penyambungan Pelat Baja SA 36 Menggunakan Elektroda E6013 dan E7016 Terhadap Kekerasan,Struktur Mikro dan Kekuatan Tariknya*. Jakarta : Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Pengelasan, T. (2012). *Teknik Pengelasan*. [http:// Tehnik pengelasan. Blogspot.co .id/2012/02/pengertian-pengelasan.html](http://Tehnik_pengelasan.Blogspot.co.id/2012/02/pengertian-pengelasan.html).Tehnik Pengelasan di. Diakses pada 11 februari 2018.
- Perdianto. (2015). *Proposal Tugas Akhir*. Bengkalis: Politeknik Negeri Bengkalis.
- Santhiarsa I. G. N. N. (2008). *Pengaruh Posisi Pengelasan dan Gerakan Elektroda Terhadap Kekerasan Hasil Las Baja JIS SSC 41*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram Vol. 2 No.2
- Sirottudin M. (2017). *Pengaruh Variasi Arus, Pergerakan Elektroda dan Pendingin pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekerasan Material Baja ST 37*. Artikel Skripsi Universitas Nusantara PGRI Kediri
- Suhardiman. (2014). *Modul Panduan Pratikum Uji Bahan*. Bengkalis: Politeknik Negeri Bengkalis.
- Suarsana. (2017). *Diktat Ilmu Material Teknik*. Denpasar: Universitas Udayana Denpasar
- Sanjaya, R. (2012). *Uji Bahan*. [http://navale-engineering.blogspot.co.id/2012/04/ uji-bahan-uji-lengkung-bending-test.html](http://navale-engineering.blogspot.co.id/2012/04/uji-bahan-uji-lengkung-bending-test.html). Diakses pada 11 februari 2018.
- S, Beyond,. *Sistem Penomoran Baja Standar Jis Dan Din*. <http://beyond-steel.blogspot.co.id/2014/12/sistem-penomoran-baja-standar-jis-dan-din.html>. Diakses pada 19 februari 2018.
- Skill,W.(2017).*WeldingSkill*.<http://weldingskill53jkt.blogspot.co.id/2017/04/teknik-pengelasan-posisi-2f-dan-2g.html>. Welding Skill di akses pada 16 April 2018
- Wirjosumarto, H. dan Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita

