

Analisa Besar Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Sambungan Plat Baja Karbon ST 40 dengan Menggunakan Pengelasan SMAW

Reza Agustiawan¹, Imran²
Politeknik Negeri Bengkalis

Rezaagustiawanpolbeng@gmail.com¹, Imran@polbeng.ac.id²

Abstract

Welding that is often used in the construction world in general is welding using welding methods with a shielded metal flame arc or commonly called Shielded Metal Arc Welding (SMAW). The SMAW method is widely used at this time because its use is more practical, easier to operate, can be used for all kinds of welding positions and is more efficient. This research was conducted to determine the mechanical properties of ST40 steel, where the welding process uses a current variation of 80A, 100A, 120A with E6018 electrode with a diameter of 2.6 mm, V angle of 60°. Based on the results of the study obtained the highest tensile strength with a current of 80A of 340.87 N / mm² and the lowest tensile strength at a current of 120A of 330.48 N / mm². The highest value of violence is found in the current 100A with the average value of each region; the weld is 49.7 kg / mm², HAZ is 51 kg / mm², and base metal is 49 kg / mm². The lowest hardness value is in the current 120A with the average value of each region; welds of 48.8 kg / mm², HAZ of 49.7 kg / mm², and base metal of 49.5 kg / mm².

Keywords : Shielded Metal Arc Welding (SMAW), ST40 steel, , current variation, tensile test, hardness test.

1. PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi dibidang konstruksi mesin yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peran penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Las dalam bidang konstruksi sangat luas penggunaannya meliputi konstruksi jembatan, perkapalan, industri dan lain-lain. Disamping untuk konstruksi, las juga dapat untuk mengelas cacat logam pada hasil pengecoran logam dan mempertebal yang aus. Secara sederhana dapat diartikan bahwa pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam baik menggunakan bahan tambahan maupun tidak dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan yang sering digunakan dalam dunia konstruksi secara umum adalah pengelasan dengan menggunakan metode pengelasan dengan busur nyala logam terlindung atau biasa disebut *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Metode SMAW banyak digunakan pada masa ini karena penggunaannya lebih praktis, lebih mudah pengoprasiaannya, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien.

Salah satu parameter yang mempengaruhi hasil pengelasan yang baik adalah arus. 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 (Arifin, 1997).

Dari Penelitian Sebelumnya oleh Joko Santoso pada 2006 Menganalisa Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda E7018. Peneliti menggunakan variasi arus 100, 130 dan 160 A. Elektroda yang digunakan yaitu E7018 dengan diameter 3,2 mm dan Sudut kampuh yang digunakan 70°. Pengujian Menggunakan

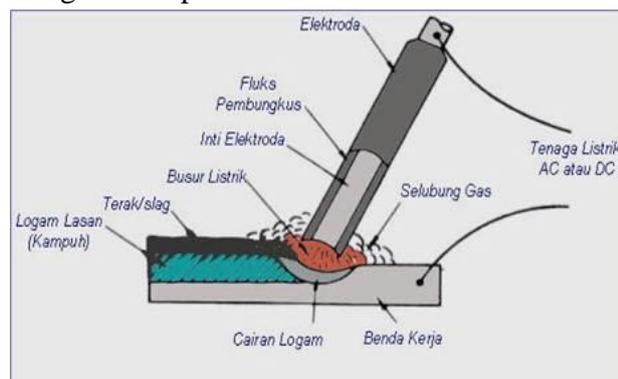
Uji Foto Mikro Dan Uji Tarik. Pada penelitian kali ini peneliti mencoba bervariasi besar arus yang berbeda dari penelitian sebelumnya yaitu dengan arus 80, 100 dan 120 A. Dan juga menggunakan jenis elektroda yang berbeda yaitu elektroda E6013 dan dengan sudut kampuh 60°. Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh besar arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekerasan sambungan las plat baja ST 40..

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industries Normen*) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dengan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah serta menghasilkan sambungan yang kontinyu. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran dan sebagainya. Standar yang sering digunakan dalam pengelasan konstruksi adalah AWS (*American Welding Society*). SMAW (*Shielded metal arc welding*).

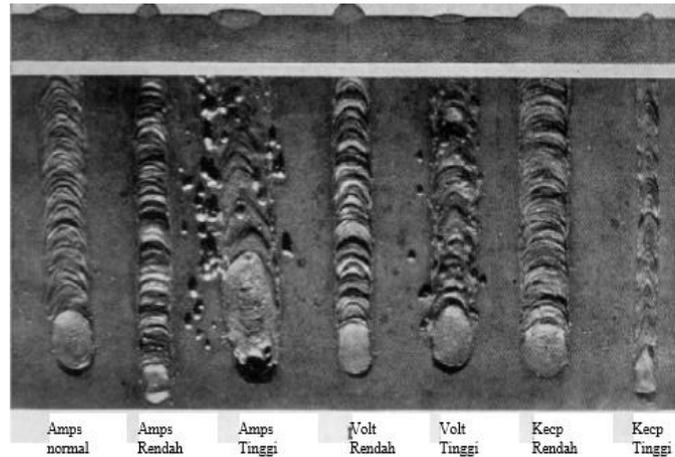
Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa *fluks*. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kampuh las (Perdianto, 2015).

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 butir logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar. **Gambar 2.1** proses pengelasan SMAW dimana elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kampuh las.



Gambar 2.1 Pengelasan SMAW (Wiryosumarto, 2000)

Besarnya aliran listrik yang keluar dari mesin las disebut dengan arus pengelasan. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang di gunakan dalam pengelasan. Untuk elektroda standart *American Welding Society* (AWS), dengan contoh AWS E6013 untuk arus pengelasan yang digunakan sesuai dengan diameter kawat las yang dipakai lihat. Penggunaan arus yang terlalu kecil akan mengakibatkan penembusan atau penetrasi las yang rendah, sedangkan arus yang terlalu besar akan mengakibatkan terbentuknya manik las yang terlalu lebar dan deformasi dalam pengelasan seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Pengaruh arus listrik dan kecepatan pengelasan terhadap hasil sambungan las (Wirjosumarto, 2008)

Untuk mengetahui kekuatan dan cacat yang terjadi pada sambungan logam hasil pengelasan dapat dilakukan dengan pengujian merusak dan pengujian tidak merusak. Pengujian merusak dapat dilakukan dengan uji mekanik untuk mengetahui kekuatan sambungan logam hasil pengelasan, yang salah satunya dapat dilakukan dengan uji tarik yang telah distandarisasi. Kekuatan tarik sambungan las sangat dipengaruhi oleh sifat logam induk, daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), sifat logam las, dan geometri serta distribusi tegangan dalam sambungan (Wirjosumarto, 2000).

Dalam pengujian, spesimen uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit hingga spesimen uji tersebut patah, kemudian sifat-sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (kgf/mm}^2\text{)} \quad (2.1)$$

Keterangan : σ = Tegangan (N/mm²)

F = Beban (kgf)

A₀ = Luas mula dari penampang batang uji (mm²)

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan : ε = Regangan (%)

Δl = Pertambahan panjang (mm)

L₀ = panjang mula dari batang uji (mm)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.3)$$

Keterangan : E = Besar modulus elastisitas (N/mm²)

σ = Tegangan (N/mm²)

ε = Regangan (%)

Kekuatan yang biasanya ditentukan dari suatu hasil pengujian tarik adalah kuat luluh (*Yield Strength*) dan kuat tarik (*Ultimate Tensile Strength*). Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength / UTS*), adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji, sehingga didapatkan persamaan (2.4) untuk menentukan kekuatan tarik atau tarik maksimum (Sastranegara, A. 2009).

$$UTS = \frac{P_{max}}{A_0} \quad (2.4)$$

Keterangan : UTS = Kuat tarik (N/mm^2)

P_{maks} = Beban maksimum (N/mm^2)

A_0 = Luas penampang awal (mm^2)

Proses pengujian kekerasan 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.

Pengujian kekerasan logam ini secara garis besar ada 3 jenis yaitu cara goresan, penekanan, dan cara dinamik. Proses pengujian yang mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan yaitu penekanan. Penentuan kekerasan penekanan ada 3 cara yaitu *Brinell*, *Vickers*, dan *Rockwell*. Pada penelitian ini menggunakan metode pengujian kekerasan *Rockwell* dengan menggunakan penekan berbentuk bola baja.

Pengujian kekerasan *Rockwell* merupakan salah satu pengujian kekerasan yang mulai banyak digunakan, hal ini dikarenakan pengujian *Rockwell* lebih sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak merusak.

Pengujian kekerasan *Rockwell* dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indentor. Penekanan indentor 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.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dengan metode eksperimen yaitu melakukan pengujian pada variabel-variabel yang mempengaruhi penyambungan pelat baja karbon ST 40 dengan sambungan las busur listrik. Teknik pengumpulan data yang diperoleh dari pengelasan dengan variasi arus 80 A, 100 A, dan 120 A dengan hasil pengujian kekuatan tarik dan kekerasan sambungan las SMAW. 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 tarik, dan alat uji kekerasan *Rockwell*. Adapun bahan yang digunakan adalah plat baja ST40 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 tahapan berikut ini:

- a. Tahap I: Pembuatan spesimen untuk sambungan las, selanjutnya ke proses pengelasan dengan variasi arus 80A, 100A, dan 120A.
- b. Tahap II: Pengujian hasil sambungan las dengan melakukan uji tarik dan uji kekerasan sambungan las.
- c. Tahap III: pengolahan data hasil uji yang dibuat dalam bentuk tabel dan grafik, sehingga lebih mudah untuk menganalisa dan menyimpulkannya. Langkah-langkah diatas dari tahap I sampai tahap III akan mempermudah proses penelitian dan lebih sistematis.

Pada proses pembuatan spesimen dan pengujian seperti pada gambar dibawah ini



Gambar. 3.1 Spesimen (Sumber, Penulis, 2018)



Gambar 3.2 Spesimen Kampuh v



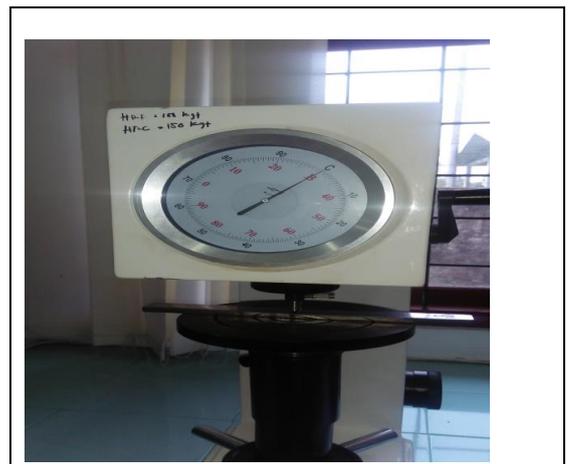
Gambar. 3.3 Proses Pengelasan Sudut Kampuh V



Gambar. 3.4 Spesimen



Gambar 3.5 Proses Uji Tarik



Gambar 3.6 Proses Uji Rock Well

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Tarik

Hasil spesimen pengujian uji tarik pada material ST40 yang telah di las menggunakan pengelasan SMAW dengan menggunakan variasi arus pengelasan berbeda yaitu: 80A, 100A, dan 120A dapat dilihat pada **Gambar 4.1** dan **Tabel 4.1** di bawah ini

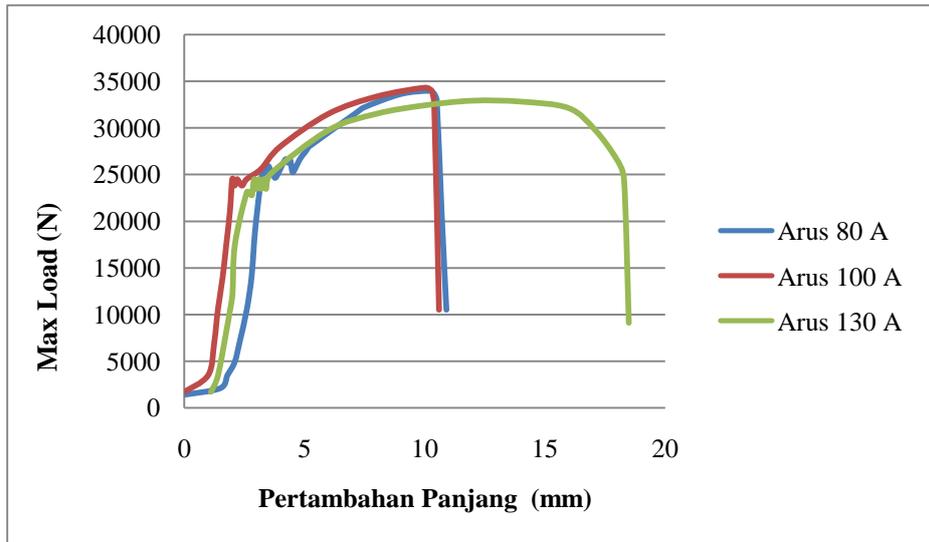


Gambar 4.1 Spesimen Hasil Uji Tarik

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tarik Material ST 40 dengan Variasi Arus

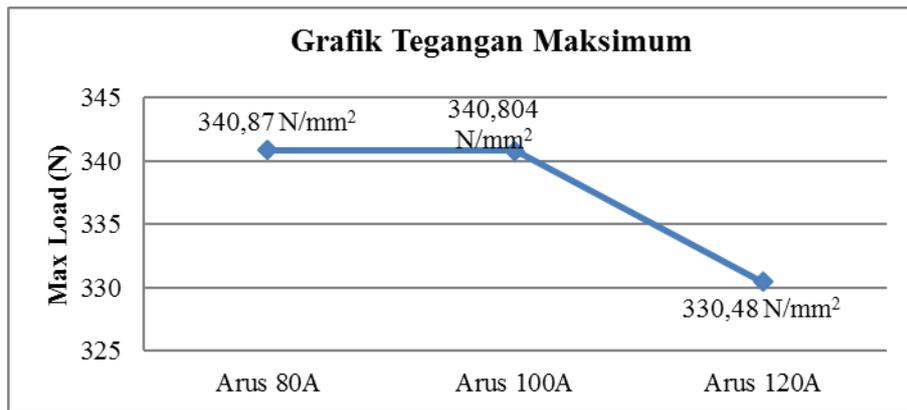
No	Arus	ΔL (mm)	Max.load (N)
1	80A	10,9	34087,77
2	100A	10,6	34080,40
3	120A	18,5	33047,87

Tabel 4.1 di atas menunjukkan besarnya harga gaya maksimal (P_{max}) pada saat putus dimana harga untuk arus 80A lebih tinggi dibandingkan dengan arus 100A dan arus 120A dikarenakan proses pengelasan semakin besar kecepatan pengelasan maka nilai kekuatan tarik semakin meningkat hal ini dikarenakan semakin besar kecepatan pengelasan maka *heat input* yang diperoleh akan semakin rendah (Rendy,dkk), sedangkan untuk nilai pertambahan panjang material pada saat putus (ΔL) yang tertinggi terdapat pada arus 120A hal ini dikarenakan besar arus yang digunakan jika semakin besar masukan panas pengelasan yang diterima akan mengakibatkan semakin besar regangan (Huda,dkk).



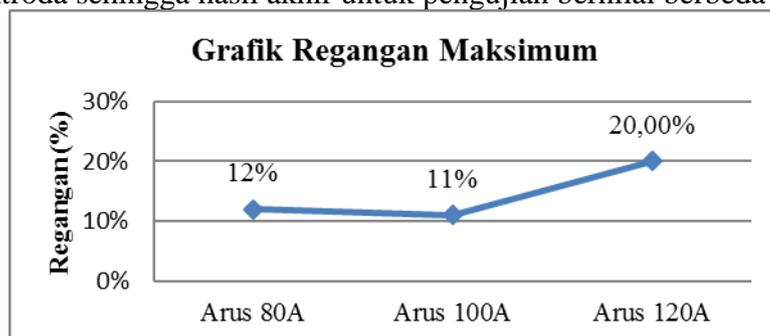
Gambar 4.3 Grafik Pertambahan Panjang

Berdasarkan tiga jenis variasi arus pengelasan yang telah dilakukan dapat di lihat perbandingan kekuatan tarik seperti terlihat pada **Gambar 4.4** di bawah ini:



Gambar 4.4 Grafik Tegangan Maksimum

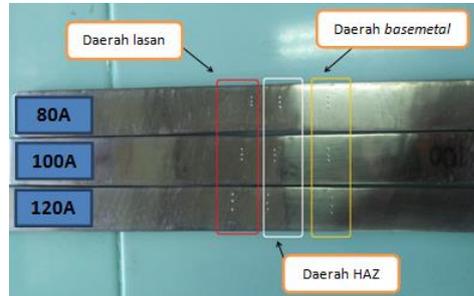
Berdasarkan **Gambar 4.4** di atas nilai tegangan tarikan maksimum menunjukkan kekuatan tarik maksimum tertinggi arus 80A adalah 340,87 N/mm², tidak jauh berbeda dengan arus 100A dengan kekuatan tariknya yaitu 340,804 N/mm² sedangkan untuk kekuatan tarik terendah terdapat pada arus 120A dengan nilai kekuatan tariknya yaitu 330,48 N/mm², maka dapat disimpulkan dari tiga spesimen terdapat perbedaan tegangan terhadap benda uji dikarenakan perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dengan luas penampang benda sehingga terjadinya tegangan yang berbeda-beda serta pengaruh dari parameter yang digunakan dan penggunaan elektroda yang tidak sesuai dengan yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat elektroda sehingga hasil akhir untuk pengujian bernilai berbeda-beda.



Gambar. 4.5 Grafik Regangan Maksimum

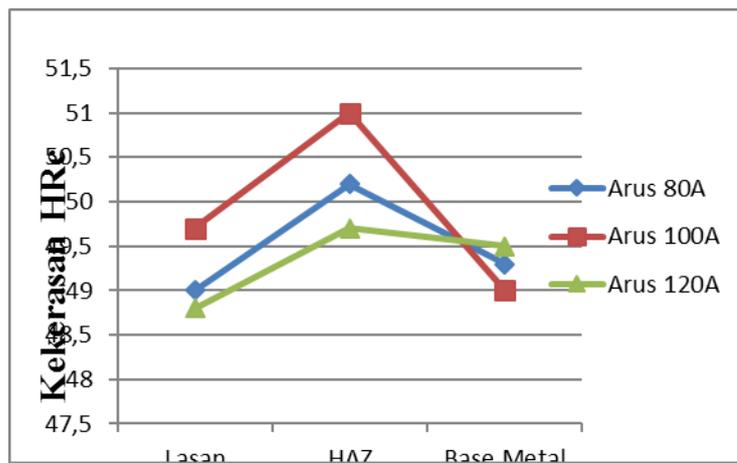
4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell

Hasil spesimen pengujian kekerasan *rockwell* pada material ST40 yang telah di las menggunakan pengelasan SMAW dengan menggunakan variasi arus pengelasan berbeda yaitu: 80A, 100A, dan 120A dapat dilihat pada **Gambar 4.6** di bawah ini :



Gambar 4.6 Spesimen Hasil Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Dalam pengujian ini hanya dilakukan pengujian kekerasan *rockwell* dengan beban 60 kg selama 10 detik saat diberi beban minor dengan tiga titik pada masing-masing daerah, yaitu: daerah lasan, HAZ, dan *base metal*. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan *rockwell* pada tiap-tiap spesimen, dapat di lihat perbandingan kekerasan yang berbeda-beda seperti terlihat pada **Gambar 4.7** di bawah ini:



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan *Rockwell* (HRC)

4.3 Analisa

Pada penelitian ini menggunakan pengelasan SMAW dengan variasi arus yang berbeda-beda yaitu; Arus 80A, 100A dan 120A dengan elektroda E6013 dan sudut kampuh 60°. Proses pengujian akan menggunakan pengujian tarik dan kekerasan.

Berdasarkan hasil uji tarik dan uji kekerasan pada tiga spesimen masing-masing pengujian, nilai kekuatan tarik maksimum tertinggi didapatkan pada spesimen dengan arus 80A sebesar 340,87 N/mm², pada arus 100A sebesar 340,804 N/mm² dan kekuatan tarik terendah diperoleh pada spesimen arus 120A sebesar 330,48 N/mm². Pada pengujian kekerasan, nilai kekerasan yang tertinggi terdapat pada arus 100A dengan rata-rata nilai tiap daerah; lasan sebesar 49,7 kg/mm², HAZ sebesar 51 kg/mm², dan *base metal* sebesar 49 kg/mm². Arus 80A dengan rata-rata nilai tiap daerah; lasan sebesar 49 kg/mm², HAZ sebesar 50,2 kg/mm², dan *base metal* sebesar 49,3 kg/mm². Nilai kekerasan terendah terdapat pada arus 120A dengan rata-rata nilai tiap daerah; lasan sebesar 48,8 kg/mm², HAZ sebesar 49,7 kg/mm², dan *base metal* sebesar 49,5 kg/mm².

Perbandingan kekuatan tiap pengujian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tegangan terhadap benda uji dikarenakan perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dengan luas penampang benda sehingga terjadinya tegangan yang berbeda-beda serta pengaruh dari parameter yang digunakan dan elektroda. Semakin besar parameter yang digunakan menyebabkan masukan panas berpengaruh terhadap struktur dan kekuatan dasar pada *base metal* dan mengakibatkan semakin rendah nilai kekerasan pada spesimen.

Terdapat perbedaan nilai kekuatan tarik dan kekerasan pada baja ST40 akibat dari variasi arus yang berbeda. Kekerasan material umumnya berbanding lurus dengan kekuatan tariknya. Artinya bila kekuatan tarik material tinggi maka kekerasannya juga tinggi.

Jadi dapat disimpulkan bahwa setiap variasi arus yang digunakan bisa merubah nilai kekuatan tarik dan kekerasan pada spesimen pengujian dimana pada pengujian ini variasi arus 80A memberikan nilai yang baik untuk proses pengelasan dengan memasukkan panas pada spesimen yang relatif rendah sehingga tidak merubah nilai kekuatan dan kekerasan pada spesimen. Jika memasukkan panas pada spesimen pengelasan terlalu besar akan merubah nilai kekuatan dan kekerasan menjadi rendah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian kekuatan tarik terlihat bahwa pengelasan kuat arus 80A lebih tinggi nilai kekuatan tariknya sebesar 340,87 N/mm² dibandingkan dengan arus 100A sebesar 340,804 N/mm² dan 120A sebesar 330,48 N/mm² yang nilai kekuatan tariknya lebih rendah hal ini terjadi karena hubungan arus dengan kecepatan berbanding terbalik semakin besar arus yang digunakan maka semakin rendah nilai kekuatan tariknya. Jadi, arus pengelasan yang rendah akan menghasilkan pengelasan yang baik.
2. Regangan tarik maksimum tertinggi terdapat pada arus 120A sebesar 20% sedangkan arus 80A hanya 12% dan arus 100A hanya 11%
3. Hasil dari penelitian uji kekerasan *rockwell* terlihat bahwa spesimen dengan variasi arus 100A nilai kekerasannya lebih tinggi dibandingkan dengan arus-arus lainnya.
4. Nilai kekerasan *rockwell* yang tertinggi terjadi didaerah 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 kebagian besi yang dingin.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat dihasilkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: .

1. Perlunya variasi pengujian spesimen yang di uji harus lebih banyak dari setiap media yang digunakan supaya dalam pengujian tersebut bisa mendapatkan nilai rata-rata kekuatan dari masing-masing media yang digunakan agar hasil yang diperoleh lebih akurat.
2. Pada proses pembuatan spesimen hanya menggunakan pengelasan *horizontal*, perlu dilakukan penelitian selanjutnya yang lebih banyak menggunakan perbedaan posisi pengelasan seperti pengelasan *vertikal* dan *over head*.
3. Menerapkan arus pengelasan yang sesuai dengan besar elektroda dengan mengacu pada standart AWS yang telah direkomendasikan.
4. Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan pengujian *ultrasonic* dan pengujian penetran terlebih dahulu sebelum melakukan proses pengujian tarik dan kekerasan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S. 1997. *Las Listrik dan Otogen*. Ghalia Indonesia: Jakarta.
- 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.
- Engineer, K. 2012. *Percobaan Welding*. <http://erulmesin09.blogspot.co.id/2012/11/percobaan-welding.html>. Erul mesin roket09 di 05.12. Diakses pada 06 Februari 2018.
- 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 07 februari 2018.
- Nugroho, K.S. 2010. *Pengertian Pengelasan*. PDF. Diakses pada 20 february 2018.
- Perdianto. 2015. *Proposal Tugas Akhir*. Bengkalis: Politeknik Negeri Bengkalis.
- Sanjaya, R. 2013. *Proses las SMAW*. <http://navale-engineering.blogspot.co.id/2013/02/las-smaw.html>. Diakses pada 9 februari 2018.
- Santoso, J. 2006. *Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Las Smaw Dengan Elektroda E7018*. Teknik Mesin. Fakultas Negeri Semarang.
- Sastranegara, A. 2009. *Mengenal Uji Tarik dan Sifat-Sifat Mekanik Logam*. Mesin & Mekanika.
- Suhardiman. 2014. *Modul Panduan Pratikum Uji Bahan*. Bengkalis: Politeknik Negeri Bengkalis.
- Sukaini, T.F. 2013. *Teknik Las SMAW*. Malang: Kementrian dan Kebudayaan.
- Supardi, E. 1996. *Pengujian Logam*. Angkasa: Bandung.
- Wirjosumarto, H. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Erlangga: Jakarta.