

Analysis of Vertical Position SMAW Welding Process Results

Analisa Hasil Proses Pengelasan SMAW Posisi Vertical

Bagus Budiman

{bagusbudiman01@gmail.com}

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Abstract. *Stainless Steel 316 is a steel metal with its main alloys namely Chromium (Cr) and Nickel (Ni). These two alloys make stainless steel resistant to corrosion (rust). Because Stainless Steel 316 is corrosion resistant, this metal is widely used in the aviation industry, the chemical industry and the food industry. Welding is the process of joining two metals by melting the filler metal and the protective metal to the object being welded. The purpose of this final project is the author who will perform welding on 316 Stainless Steel material. The background for selecting 316 Stainless Steel material is to get the latest data about the level of hardness and tensile strength of the welding results. Welding uses SMAW welding with Nikko Steel NSN 316 L electrodes with a diameter of 3.2 mm, variations in the current used are 75A, 95A, and 115A. Single taper welding seam used, the welding method is Vertical Up and Vertical Down. The plate thickness used is 8mm. Tests carried out on the results of welding are hardness testing and tensile testing. The results of the hardness test show that the Base Metal area is the hardest point to determine the HAZ and Weld Metal points. The highest test results were found in the current 115A Vertical Up specimen III of 3323 Kgf.*

Keywords - *Stainless Steel 316, SMAW Welding, Vertical UP, Vertical Down, Tensile Testing, Rockwell Hardness Testing.*

Abstrak. *Stainless Steel 316 merupakan logam baja dengan paduan utamanya yaitu Chromium (Cr) dan Nickel (Ni). Kedua paduan inilah yang membuat Stainless Steel tahan korosi (karat). Karena Stainless Steel 316 tahan korosi maka logam ini banyak digunakan pada industri penerbangan, industri kimia dan industri makanan. Pengelasan merupakan proses penyambungan dua logam dengan cara mencairkan logam pengisi dan logam pelindung ke benda yang dilakukan proses pengelasan. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah penulis akan melakukan pengelasan pada material Stainless Steel 316. Latar belakang pemilihan material Stainless Steel 316 ini adalah untuk mendapatkan data terbaru tentang tingkat kekerasan dan kekuatan tarik pada hasil pengelasan. Pengelasan menggunakan las SMAW dengan elektroda Nikko Steel NSN 316 L diameter 3,2 mm, variasi arus yang digunakan 75A, 95A, dan 115A. Kampuh las tirus tunggal yang digunakan, posisi pengelasan yang dilakukan adalah posisi Vertical Up dan Vertical Down. Tebal pelat yang digunakan adalah 8mm. Pengujian yang dilakukan pada hasil pengelasan adalah pengujian kekerasan dan pengujian tarik. Hasil pengujian kekerasan mendapatkan daerah Base Metal menjadi titik terkeras daripada titik HAZ dan Weld Metal. Hasil pengujian tarik tertinggi terdapat pada arus 115A Vertical Up spesimen III sebesar 3323 Kgf.*

Kata Kunci - *Stainless Steel 316, Pengelasan SMAW, Vertical UP, Vertical Down, Pengujian Tarik, Pengujian Kekerasan Rockwell.*

I. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan industri saat ini teknologi pengelasan sangat berkembang pesat seiring dengan kebutuhan dunia industri untuk memenuhi kebutuhan prodak yang cukup baik dalam persaingan pasaran masa kini. Pelat baja merupakan komponen yang sangat sering digunakan dalam industri terutama dalam industri otomotif, industri perkapalan, alat transportasi, keperluan alat rumah tangga bahkan keperluan bangunan. Pada proses penyambungan baja ringan gerakan elektroda dan posisi pengelasan sangat mempengaruhi hasil pengelasan terutama pada nilai kekerasan pada daerah pengaruh panas.

Afriani, menjelaskan bahwa posisi pengelasan yaitu pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Ada 4 (empat) posisi pengelasan pada las busur listrik yaitu posisi pengelasan dibawah tangan (*Down Hand Position*), posisi pengelasan mendatar (*Horizontal Position*), posisi pengelasan tegak (*Vertical Position*), dan posisi pengelasan di atas kepala (*Over Head Position*). Jika gerakan tangan pada saat melakukan pengelasan tidak stabil maka akan menyebabkan cacat las pada hasil pengelasan tersebut.

Irzal dkk menyatakan bahwa bukan hanya posisi atau sikap pengelasan yang berpengaruh terhadap hasil pengelasan, tetapi kuat arus dan jenis elektroda yang digunakan juga sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan tingkat kekerasan hasil pengelasan. Irzal dkk juga melakukan penelitian pengelasan baja karbon rendah TRS 400 dengan menggunakan elektroda E 7016 dan posisi pengelasan yang digunakan adalah posisi *Vertical*, posisi bawah tangan (*Down Hand Position*) dan posisi *Horizontal*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengelasan baja karbon rendah TRS 400 dengan posisi pengelasan *Vertical* memiliki hasil lebih baik daripada posisi pengelasan *Down Hand Position* dan posisi pengelasan *Horizontal*.

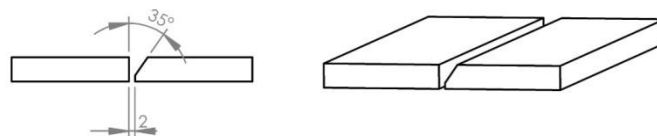
Pada sebuah penelitian tentang pengelasan baja karbon rendah S355JO dengan menggunakan elektroda E7018-1 dengan kuat arus pengelasan 70 *Ampere* mendapatkan hasil lebih tinggi pada pengujian kekerasan daripada kuat arus pengelasan 75 *Ampere* dan 80 *Ampere*. Nilai pengujian kekerasan tersebut didapatkan dari persamaan interpolasi yang sudah di konversikan ke *Tensile Strength*.

Pada penelitian pengelasan baja JIS G 3131 dengan *Stainless Steel* 201 dengan menggunakan elektroda *Stainless Steel* NSN-308 AWS A5.4 E308-16 diameter 2.6 mm. Mendapatkan hasil pengujian tarik tertinggi terdapat pada posisi pengelasan *Vertical* daripada posisi pengelasan *Horizontal* dan *Down Hand Position*. Pada pengujian kekerasan posisi pengelasan *Vertical* mendapatkan hasil yang paling tinggi.

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah untuk mendapatkan data terbaru dari pengelasan *Stainless Steel* 316 terhadap kekuatan tarik dan tingkat kekerasan. Pengelasan menggunakan las SMAW dan posisi pengelasan yang digunakan adalah posisi pengelasan *Vertical Down*. Elektroda yang digunakan adalah *Nikko Steel* NSN-316 L diameter 3,2 mm dan arus pengelasan yang digunakan 75 *Ampere*, 95 *Ampere*, dan 115 *Ampere*.

II. METODE

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pemotongan material *Stainless Steel* 316 dengan ukuran panjang 100 mm x lebar 100 mm. Ketebalan material *Stainless Steel* 316 yang digunakan adalah 8 mm. Setelah material di potong sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah proses pembuatan kampuh las tirus tunggal. Pembuatan kampuh las tirus tunggal ini dilakukan dengan menggunakan mesin frais konvensional. Bentuk dari kampuh las tirus tunggal mirip dengan kampuh V yang membedakan hanyalah pada kampuh las tirus tunggal hanya satu bagian yang dilakukan penirusan bagian yang lain dibiarkan tegak lurus. Tingkat kemiringan sudut yang digunakan pada penirusan kampuh las tirus tunggal dalam penelitian ini sebesar 35°. kampuh las tirus tunggal dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Kampuh Las Tirus Tunggal

Jika pembentukan kampuh las tirus tunggal telah selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah proses pengelasan dilakukan. Pengelasan dilakukan sebanyak enam kali percobaan. Dengan memperhatikan cacat las yang terjadi terutama cacat las *Undercut* dan cacat las porositas. Proses pendinginan pada hasil pengelasan dilakukan dengan menggunakan udara sekitar (*Normalizing*). Enam kali percobaan pengelasan dan cacat las yang terjadi tersaji dalam tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Validasi Hasil Pengelasan

| No. | Variasi Pengelasan | Cacat Las Undercut | | Cacat Las Porositas | | Keterangan |
|-----|---------------------------------------------|--------------------|-------|---------------------|-------|--------------------------|
| | | Ya | Tidak | Ya | Tidak | |
| 1 | <i>Vertical Up</i> Arus 75 <i>Ampere</i> | | ✓ | | ✓ | Tidak terdapat cacat las |

| | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|---|---|---|----------------------------|
| 2 | Vertical Down Arus 75 Ampere | | ✓ | | ✓ | Tidak terdapat cacat las |
| 3 | Vertical Up Arus 95 Ampere | | ✓ | ✓ | | Travel Speed terlalu cepat |
| 4 | Vertical Down Arus 95 Ampere | | ✓ | | ✓ | Tidak terdapat cacat las |
| 5 | Vertical Up Arus 115 Ampere | | ✓ | ✓ | | Travel Speed terlalu cepat |
| 6 | Vertical Down Arus 115 Ampere | | ✓ | | ✓ | Tidak terdapat cacat las |

Setelah semua proses pengelasan dilakukan langkah selanjutnya adalah pemotongan benda kerja menjadi ukuran panjang 200 mm x lebar 30 mm. Tujuan dari pemotongan ini adalah untuk proses pembuatan spesimen uji tarik. Garis pemotongan kali ini berlawanan dengan garis pengelasan. Pemotongan dilakukan dengan mesin gerinda *Cutting* besar karena panjang material setelah di las bertambah panjang 2 kali lipat. Jika pemotongan telah selesai dilakukan langkah selanjutnya adalah proses pembuatan spesimen uji tarik. Proses pembuatan spesimen uji tarik ini menggunakan mesin frais konvensional dengan ukuran yang telah ditetapkan oleh standart ASTM E8. Hasil dari pembuatan spesimen uji tarik standart ASTM E8 dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2 Spesimen Uji Tarik Standart ASTM E8

Jika pembuatan spesimen uji tarik telah selesai, langkah selanjutnya adalah proses pengujian kekerasan dilakukan. Uji kekerasan dilakukan terlebih dahulu karena hasil indentasi yang terjadi tidak sampai merusak spesimen uji. Metode uji kekerasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Rockwell*. Langkah pertama dalam uji kekerasan dengan menggunakan metode *Rockwell* ini operator memasang indenter uji terlebih dahulu. Jika indenter telah terpasang dengan baik langkah selanjutnya adalah proses pengujian dilakukan. Pengujian dilakukan dalam waktu 12 detik dan beban yang diberikan adalah 1471 N. Alat uji kekerasan yang digunakan adalah *CV Instruments* seri 700 *Universal Hardness Tester*. Proses pengambilan data uji kekerasan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Proses uji kekerasan dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Uji Kekerasan Pada Titik *Base Metal*

Jika data uji kekerasan telah didapatkan, langkah selanjutnya adalah pengujian tarik dilakukan. Uji tarik dilakukan setelah uji kekerasan dikarenakan hasil uji tarik yang bersifat merusak material uji. Langkah awal dalam pengujian tarik ini adalah operator uji menyiapkan alat – alat yang dibutuhkan pada saat uji tarik. Alat uji tarik yang digunakan dalam penelitian ini adalah GOTECH seri GT-7001-LCU *Universal Testing Machine*. Proses pengambilan data pengujian tarik dilakukan di Balai Lahan Kerja (BLK) Surabaya. Proses Uji tarik dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4 Uji Tarik Pada Hasil Pengelasan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

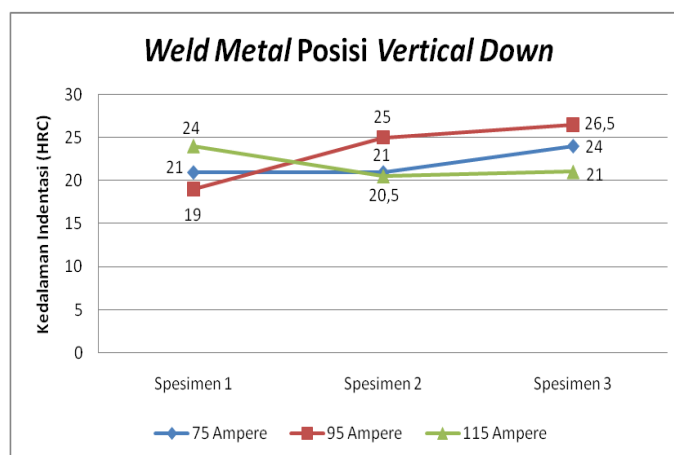
A. Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dengan menggunakan alat uji kekerasan *CV Instrumens* seri 700 *Universal Hardness Tester*. Pengujian dengan menggunakan metode *Rockwell*. Beban yang diberikan 1471 N, waktu pembebanan adalah 12 detik. Hasil uji kekerasan diunjukkan pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Hasil Uji Kekerasan

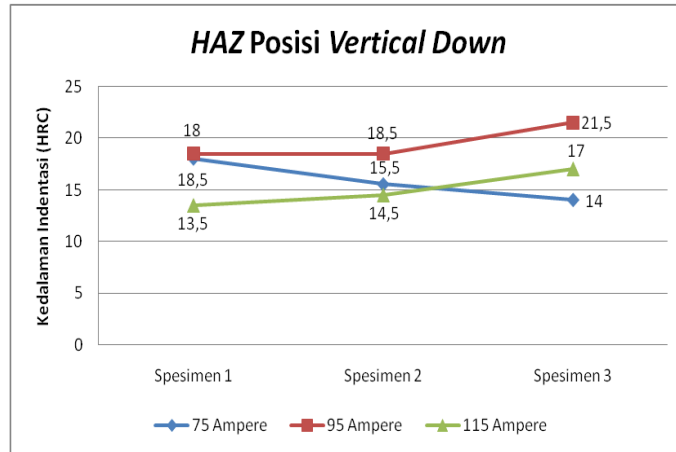
| No Sampel | Arus Pengelasan | Titik Pengujian | Hasil (<i>Rockwell</i>) |
|------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------|
| Spesimen No I | 75 Ampere | 1. <i>Welding Metal</i> | 21 HRC |
| | | 2. HAZ | 18 HRC |
| | | 3. <i>Base Metal</i> | 14,5 HRC |
| Spesimen No II | 75 Ampere | 1. <i>Welding Metal</i> | 21 HRC |
| | | 2. HAZ | 15,5 HRC |
| | | 3. <i>Base Metal</i> | 12 HRC |
| Spesimen No III | 75 Ampere | 1. <i>Welding Metal</i> | 24 HRC |
| | | 2. HAZ | 14 HRC |
| | | 3. <i>Base Metal</i> | 13,5 HRC |
| Spesimen No IV | 95 Ampere | 1. <i>Welding Metal</i> | 19 HRC |
| | | 2. HAZ | 18,5 HRC |
| | | 3. <i>Base Metal</i> | 8 HRC |
| Spesimen No V | 95 Ampere | 1. <i>Welding Metal</i> | 25 HRC |
| | | 2. HAZ | 18,5 HRC |
| | | 3. <i>Base Metal</i> | 12 HRC |
| Spesimen No VI | 95 Ampere | 1. <i>Welding Metal</i> | 26,5 HRC |
| | | 2. HAZ | 21,5 HRC |
| | | 3. <i>Base Metal</i> | 14,5 HRC |
| Spesimen No VII | 115 Ampere | 1. <i>Welding Metal</i> | 24 HRC |
| | | 2. HAZ | 13,5 HRC |
| | | 3. <i>Base Metal</i> | 6 HRC |
| Spesimen No VIII | 115 Ampere | 1. <i>Welding Metal</i> | 20,5 HRC |
| | | 2. HAZ | 14,5 HRC |
| | | 3. <i>Base Metal</i> | 10 HRC |
| Spesimen No IX | 115 Ampere | 1. <i>Welding Metal</i> | 21 HRC |
| | | 2. HAZ | 17 HRC |
| | | 3. <i>Base Metal</i> | 10 HRC |

Dari tabel diatas dapat ditarik menjadi diagram agar lebih spesifik pembacaannya. Gambar 5 dibawah ini merupakan diagram yang menjelaskan pada titik *Weld Meal*. Gambar 6 dibawah ini merupakan diagram yang menjelaskan pada titik HAZ. Gambar 7 dibawah ini merupakan diagram yang menjelaskan pada titik *Base Metal*.



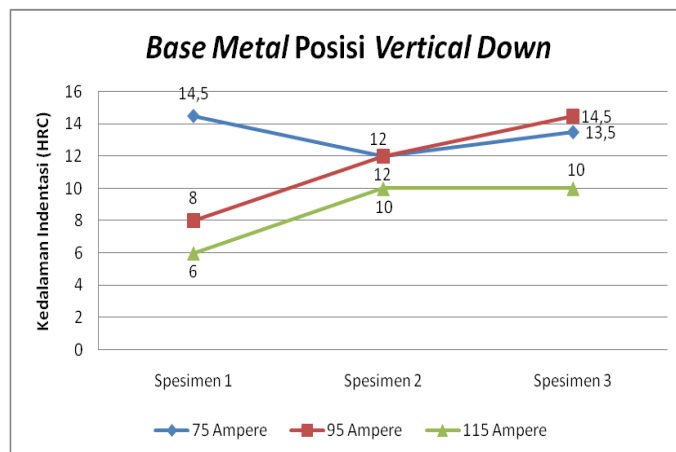
Gambar 5 Diagram Uji Kekerasan *Rockwell* Titik *Weld Metal*

Daerah *Weld Metal* terkeras terdapat pada spesimen I arus 95 Ampere dengan hasil sebesar 19 HRC. Daerah *Weld Metal* terluak terdapat pada spesimen III arus 95 Ampere dengan hasil sebesar 26,5 HRC.



Gambar 6 Diagram Uji Kekerasan Rockwell Titik HAZ

Daerah HAZ terkeras terdapat pada spesimen I arus 115 Ampere dengan hasil sebesar 13,5 HRC. Daerah HAZ ter lunak terdapat pada spesimen III arus 95 Ampere dengan hasil sebesar 21,5 HRC



Gambar 7 Diagram Uji Kekerasan Rockwell Titik Base Meal

Daerah Base Metal terkeras terdapat pada spesimen I arus 115 Ampere dengan hasil sebesar 6 HRC. Daerah Base Meal ter lunak terdapat pada spesimen III arus 95 Ampere dengan hasil sebesar 14,5 HRC.

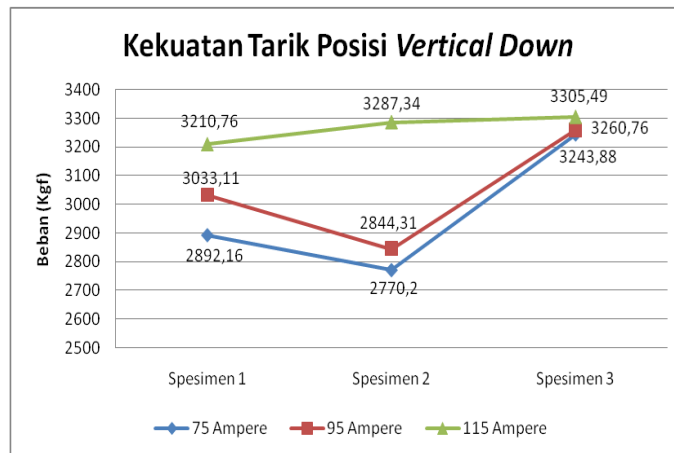
B. Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik dengan menggunakan mesin uji tarik GOTECH seri GT-7001-LCU *Universal Tesing Machine*. Hasil uji tarik ditunjukkan pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Hasil Uji Tarik

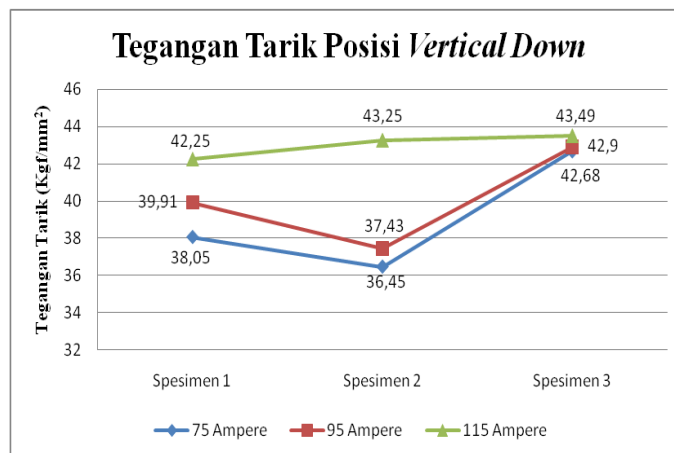
| No | Arus Pengelasan | Posisi Pengelasan | Beban (Kgf) | Tegangan Tarik (Kgf/mm ²) | Regangan (%) |
|----|-----------------|-------------------|-------------|---------------------------------------|--------------|
| 1 | 75 Ampere | Verical Down | 2892,16 | 38,05 | 22,89 |
| 2 | 75 Ampere | Verical Down | 2770,20 | 36,45 | 19,32 |
| 3 | 75 Ampere | Verical Down | 3243,88 | 42,68 | 587,59 |
| 4 | 95 Ampere | Verical Down | 3033,11 | 39,91 | 35,18 |
| 5 | 95 Ampere | Verical Down | 2844,31 | 37,43 | 18,22 |
| 6 | 95 Ampere | Verical Down | 3260,76 | 42,90 | 44,11 |
| 7 | 115 Ampere | Verical Down | 3210,76 | 42,25 | 51,13 |
| 8 | 115 Ampere | Verical Down | 3287,34 | 43,25 | 58,01 |
| 9 | 115 Ampere | Verical Down | 3305,49 | 43,49 | 58,83 |

Dari tabel diatas dapat ditarik menjadi diagram agar lebih spesifik pembacaannya. Gambar 8 dibawah ini merupakan diagram yang menjelaskan tentang kekuatan tarik. Gambar 9 dibawah ini merupakan diagram yang menjelaskan Tegangan Tarik. Gambar 10 dibawah ini merupakan diagram yang menjelaskan tentang Regangan.



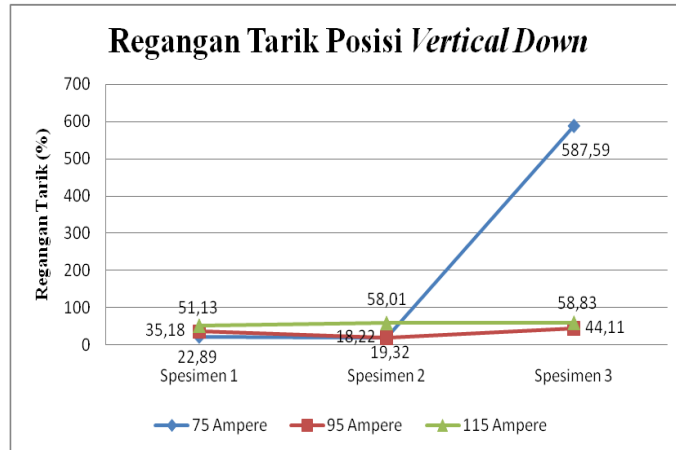
Gambar 8 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen III arus 115 *Ampere* yaitu sebesar 3305,49 Kgf. Kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen II arus 75 *Ampere* yaitu sebesar 2770,2 Kgf. Arus pengelasan 115 *Ampere* memiliki hasil yang konstan dari spesimen I sampai III, yaitu sebesar 3210,76 Kgf, 3287,34 Kgf, dan 3305,49 Kgf.



Gambar 9 Tegangan Tarik

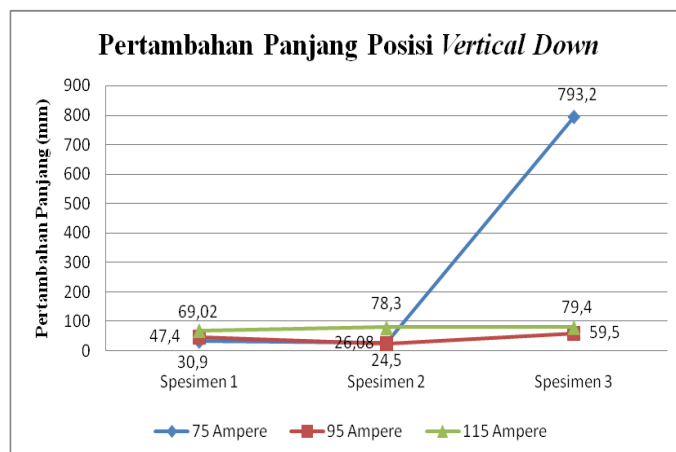
Tegangan tarik tertinggi terdapat pada spesimen III arus 115 *Ampere* yaitu sebesar 43,49 Kgf/mm². Tegangan tarik terendah terdapat pada spesimen II arus 75 *Ampere* yaitu sebesar 36,45 Kgf/mm². Arus pengelasan 115 *Ampere* memiliki hasil yang konstan dari spesimen I sampai III, yaitu sebesar 42,25 Kgf/mm², 43,25 Kgf/mm², 36,45 Kgf/mm².



Gambar 10 Regangan Tarik

Regangan tarik tertinggi terdapat pada spesimen III arus 75 Ampere yaitu sebesar 587,59 %. Regangan tarik terendah terdapat pada spesimen II arus 95 Ampere yaitu sebesar 18,22 %. Regangan tarik terkonstan terdapat pada arus 115 Ampere dimana pada spesimen I sampai III memiliki hasil sebesar 51,13 %, 58,01 %, dan 58,83 %.

Untuk menentukan pertambahan panjang dibutuhkan rumus untuk mengetahuinya. Gambar 11 dibawah ini merupakan diagram yang menjelaskan tentang pertambahan panjang.



Gambar 11 Perambahan Panjang

Pertambahan panjang tertinggi terdapat pada spesimen III arus 75 Ampere yaitu sebesar 793,2 mm. Pertambahan panjang terendah terdapat pada spesimen II arus 95 Ampere yaitu sebesar 24,5 mm. Regangan tarik terkonstan terdapat pada arus 115 Ampere dimana pada spesimen I sampai III memiliki hasil sebesar 69,02 mm, 78,3 mm, dan 79,4 mm.

Persamaan yang digunakan untuk menentukan pertambahan panjang adalah sebagai berikut

$$\Delta L = \frac{\epsilon \times L_0}{100 \%} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: ϵ = Regangan Yang Terjadi
 L_0 = Panjang Awal

C. Pembahasan

Pada hasil pengujian kekerasan yang ditampilkan pada tabel 2 dapat diketahui bahwa titik pengujian dari yang terkeras sampai dengan yang ter lunak jika diurutkan adalah *Base Metal*, *HAZ*, *Weld Metal*. Daerah *Base Metal* menjadi daerah yang memiliki nilai kekerasan paling rendah karena hanya sedikit terdampak panas yang terjadi pada saat proses pengelasan berlangsung. Karena daerah *Base Metal* hanya sedikit terdampak panas dari pengelasan menyebabkan struktur mikro logam induk yang didominasi oleh austenit yang besar dan rapat tidak banyak mengalami perubahan.

Daerah *HAZ* memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dari *Base Metal* namun tidak signifikan. Daerah *HAZ* menjadi daerah yang paling terdampak dari panas proses pengelasan. Karena daerah *HAZ* menjadi titik terdekat dari

pusat las. Hal ini mengakibatkan perubahan ukuran butir austenit yang lebih kecil dan banyak. Selain itu, perbedaan nilai kekerasan yang lebih tinggi juga disebabkan oleh pengambilan titik indentasi yang dilakukan pada daerah HAZ terletak dekat dengan daerah *Weld Metal*.

Daerah *Weld Metal* menjadi daerah yang memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi daripada daerah HAZ dan *Base Metal*. Hal ini terjadi karena struktur mikro yang terbentuk pada sebagian besar *Weld Metal* adalah *Ferrit Vermicular* atau *Skeletal* dan *Lathy* atau kombinasi keduanya (Fajri, 2013). Pada daerah *Weld Metal* ini austenit juga terbentuk dalam ukuran yang kecil dan banyak. Kandungan struktur mikro pada daerah *Weld Metal* juga sangat mempengaruhi tingkat kekuatan tarik pada hasil pengelasan. Jika kandungan ferrit semakin banyak maka tingkat kekuatan tarik akan semakin kecil.

IV. KESIMPULAN

Nilai kekerasan pada posisi pengelasan *Vertical Up* mulai dari yang tertinggi sampai yang terendah adalah *Weld Metal*, *Heat Affected Zone (HAZ)*, dan *Base Metal*. Nilai kekerasan paling tinggi pada daerah *Weld Metal* didapatkan pada arus pengelasan 75 *Ampere* spesimen nomor III yaitu sebesar 26,5 HRC. Nilai kekerasan paling tinggi pada daerah HAZ didapatkan pada arus pengelasan 95 *Ampere* spesimen nomor II yaitu sebesar 18 HRC. Nilai kekerasan paling tinggi pada daerah *Base Metal* didapatkan pada arus pengelasan 75 *Ampere* spesimen nomor III dan 115 *Ampere* spesimen nomor III yaitu sebesar 13,5 HRC.

Nilai kekerasan pada posisi pengelasan *Vertical Down* mulai dari yang tertinggi sampai yang terendah adalah *Weld Metal*, *Heat Affected Zone (HAZ)*, dan *Base Metal*. Nilai kekerasan paling tinggi pada daerah *Weld Metal* didapatkan pada arus pengelasan 95 *Ampere* spesimen nomor III yaitu sebesar 26,5 HRC. Nilai kekerasan paling tinggi pada daerah HAZ didapatkan pada arus pengelasan 95 *Ampere* spesimen nomor III yaitu sebesar 21,5 HRC. Nilai kekerasan paling tinggi pada daerah *Base Metal* didapatkan pada arus pengelasan 75 *Ampere* spesimen nomor I dan 95 *Ampere* spesimen nomor III yaitu sebesar 14,5 HRC.

Nilai kekuatan tarik paling tinggi pada posisi pengelasan *Vertical Up* didapatkan pada arus pengelasan 115 *Ampere* spesimen nomor III yaitu sebesar 3323 Kgf.

Nilai kekuatan tarik paling tinggi pada posisi pengelasan *Vertical Down* didapatkan pada arus pengelasan 115 *Ampere* spesimen nomor III yaitu sebesar 3305,49 Kgf.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan skripsi ini, ternyata tidak lepas dari bantuan dan dorongan semua pihak. Untuk itu tidak lupa saya ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan proposal skripsi ini:

1. Bapak Wahyu selaku kepala laboran Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
2. Saudara Jakfar selaku operator alat uji kekerasan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
3. Bapak Huda selaku ketua penguji bagian uji tarik di Balai Latihan Kerja (BLK) Surabaya.
4. Ibu dan Keluarga saya yang selalu memberi dorongan motivasi dan do'a.
5. Rekan – Rekan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang memberikan banyak dukungan.

REFERENSI

- [1] Abdillah Aulia Fakhri. 2017. Pengaruh Variasi Arus Dan Kecepatan Pengelasan TIG Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja Tahan Karat SS 316 L. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- [2] Duniawan, Agus. 2015. Pengaruh Gerak Elektroda Dan Posisi Pengelasan Terhadap Uji Kekerasan Dari Hasil Las Baja SSC 41. Yogyakarta: AKPRIND
- [3] Fajri, Muhammad H.A. dkk. 2013. Studi Pengaruh Masukan Panas Pengelasan GTAW Terhadap Bentuk Hasil Lasan Dan Struktur Mikro SS 316L. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [4] Hamid, Abdul. 2016. Analisa Pengaruh Pengelasan SMAW Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan. Batam: Universitas Batam.
- [5] Irzal, Fadhil Muhammad, Syahrul. 2017. Pengaruh Posisi Pengelasan dan Jenis Elektroda E 7016 dan E 7018 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Baja Karbon Rendah TRS 400. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [6] Moslemi, Navid. dkk. 2015. Effect Of Current On Characteristic For 316 Stainless Steel Welded Joint Including Microstructure and Mechanical Properties. Johor: Universiti Teknologi Malaysia.
- [7] Sugiharto Afrian, Subagia Ary DG I, Budiarsa Nyoman I. 2017. Kekerasan Dan Tegangan Tarik Lasan Baja ST-37 Pada Posisi Vertikal Dan Horizontal. Bali: Universitas Udayana.

- [8] Sugestian M Rizaldy. 2019. Analisa Kekuatan Sambungan Las SMAW Vertical Horizontal Down Hand Pada Plate Baja JIS 3131 SPHC dan Stainless Steel 201 Dengan Aplikasi Piles Transfer di Mesin Thermoforming (Stacking Unit). Malang: Institut Teknologi Malang.
- [9] Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, T. 1979. Teknologi Pengelasan Logam, Jakarta: Pradnya Paramita.