

PENGARUH POLARITAS PENGELASAN DAN JENIS ELEKTRODA TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETANGGUHAN LAS SMAW (SHIELDED METAL ARC WELDING)

Akhmad Rhomadhoni Tri Putra

S1 Pendidikan Teknik Mesin Produksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: akhmadrhomadhoni@gmail.com

Diah Wulandari

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: diahwulandari@unesa.ac.id

Abstrak

Faktor yang sangat menunjang kualitas suatu produk dalam memproduksi suatu kapal adalah dari sisi kekuatan pengelasan kapal yang dapat menunjukkan kekuatan, ketahanan, keuletan dari material besi/baja ketika memperoleh tekanan dari luar berupa serangan maupun gaya gesek dengan air laut yang berlangsung secara terus menerus. Oleh karena itu diperlukan perlakuan dalam mengelas dan memeriksa hasil pengelasan untuk memperoleh hasil pengelasan yang maksimal. Perlakuan dalam proses pengelasan antara lain memperhatikan tegangan mesin las yang digunakan, polaritas pengelasan, jenis elektroda, ampere mesin las, pemanasan awal material, dan sudut kampuh. Hasil dari proses pengelasan dapat diketahui dengan menggunakan uji DT yaitu menguji material dengan cara merusak material, diantaranya uji tarik dan uji ketangguhan material untuk mengetahui kekuatan material ketika menerima gaya dari luar sampai mengalami kerusakan. Penelitian ini menggunakan bahan baja paduan rendah ASTM A36 yang diberi perlakuan pengelasan menggunakan polaritas lurus (DCSP) dan polaritas terbalik (DCRP) dengan variasi Elektroda E6013 dan E7018 dengan diameter 3,2 mm. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut 70° . Hasil analisa menunjukkan bahwa setelah dilakukan Uji Tarik nilai Tegangan Tarik untuk Raw Material, E7018 DC(-), E7018 DC(+), E7016 DC(-), E7016 DC(+) masing-masing adalah 565.56 MPa, 366.67 MPa, 522.22 MPa, 590 MPa, 583.33 MPa. Dari hasil tersebut pengelasan dengan elektroda E7016 dengan polaritas DC (-) mempunyai hasil Tegangan Tarik tertinggi yaitu 590 MPa, yang merupakan nilai tertinggi jika dibandingkan dengan RAW Material dan Variasi Pengelasan Elektroda E7018. Tetapi dalam pengujian Impact, nilai Tegangan Patah untuk RAW Material mempunyai nilai yang paling tinggi yaitu 144 Joule/mm^2 jika dibandingkan dengan Elektroda E7016 dan E7018 dengan variasi Polaritas Tegangan Pengelasan. Hasil analisa menunjukkan bahwa setelah dilakukan Uji Impact nilai Tegangan Patah untuk Raw Material, E7018 (-), E7018 DC(+), E7016 DC(-), E7016 DC(+) masing-masing adalah 144 Joule/mm^2 , 32 Joule/mm^2 , 112 Joule/mm^2 , 44 Joule/mm^2 , $134.50 \text{ Joule/mm}^2$.

Kata Kunci : Polaritas Pengelasan, Kekuatan Tarik, Ketangguhan Impact.

Abstract

Factors that greatly support the quality of a product in producing a vessel are in terms of the strength of the ship's welding which can indicate the strength, durability, ductility of the iron /steel material when it comes to external pressure in the form of a seizure or frictional force with continuous seawater. Therefore it is necessary to treat weld and check welding results to obtain maximum welding results. Treatment in the welding process, among others, pay attention to the welding machine voltage used, welding polarity, electrode type, ampere welding machine, preheating material, and corner of the camp. The results of the welding process can be known by using DT test that is testing the material by damaging the material, such as tensile test and material toughness test to determine the strength of the material when receiving the force from the outside until damaged. This research uses low alloy steel ASTM A36, given welding treatment using straight polarity (DCSP) and reverse polarity (DCRP) with variation of E6013 and E7018 Electrodes with diameter 3.2 mm. The type of camp used is a V-compound with an angle of 70° . The result of the analysis shows that after the Tensile Test, the value of Tensile Strength for Raw Material, E7018 DC (-), E7018 DC (+), E7016 DC (-), E7016 DC (+) are 565.56 MPa, 366.67 MPa, 522.22 MPa, 590 MPa, 583.33 MPa. From this result the welding with E7016 electrode with DC polarity (-) has the highest Tensile Strength yield of 590 MPa, which is the highest value when compared to RAW Material and Variation of E7018 Electrode Welding. But in Impact Test the Energy Impact value for RAW Material has the highest value that is 144 Joule / mm^2 when compared with Elektroda E7016 and E7018 with Variation of Polarity of Welding Voltage. The results of the analysis show that after the Impact Test of the Energy Impact value for Raw Material, E7018 (-), E7018 (+), E7016 (-), E7016 (+) are 144 Joule / mm^2 , 32 Joule / mm^2 , 112 Joule / mm^2 , 44 Joule / mm^2 , $134.50 \text{ Joule / mm}^2$.

Keywords: Polarity Welding, Tensile Strength, Impact Toughness.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pembangunan konstruksi sebuah kapal dengan bahan dasar logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi pembangunan sebuah kapal sangat luas meliputi pembuatan lambung kapal, pembuatan pipa, badan kapal, instalasi peralatan kapal, penyambungan tiap bagian badan kapal. Hampir 70% menggunakan sambungan pengelasan.

Faktor yang mempengaruhi kualitas dari hasil las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las, pemilihan polaritas pengelasan, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) (Wiriosumarto, 2000)

Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau Direct Current (DC), mesin las arus bolak-balik atau Alternating Current (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC). Mesin las arus DC dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Mesin las DC polaritas lurus (DC-) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC+) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif

Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, jenis elektroda dan polaritas listrik. Penentuan tegangan mesin las yaitu AC dan DC, dan polaritas mesin DC+ dan DC- serta jenis elektroda mempengaruhi hasil dari kekuatan tarik, dan ketangguhan bahan. Penentuan jenis mesin las yang digunakan, dan jenis elektroda yang digunakan dalam

pengelasan ini untuk pembandingan penelitian diatas, mencari tahu seberapa besar pengaruh polaritas pengelasan yang digunakan dalam las SMAW dengan jenis elektroda yang dipakai.

Berdasarkan uraian di atas, maka masih perlu dikembangkan penelitian yang berkaitan dengan parameter-parameter yang berpengaruh dalam hasil pengelasan, yaitu **pengaruh polaritas pengelasan dan jenis elektroda terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan las smaw (shielded metal arc welding)**.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka masalah-masalah dalam penelitian ini dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- Polaritas pengelasan pada mesin las SMAW akan berpengaruh pada nilai kekuatan tarik las pada material.
- Polaritas pengelasan pada mesin las SMAW akan berpengaruh pada nilai ketangguhan las pada material.
- Besarnya sudut kampuh pada material berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik dan ketangguhan las pada material.
- Besarnya arus listrik berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik dan ketangguhan las pada material.
- Jenis elektroda yang digunakan akan berpengaruh pada nilai kekuatan tarik las dan ketangguhan las.
- Posisi pengelasan mempengaruhi nilai kekuatan Tarik dan ketangguhan las pada material.
- Pemanasan awal material (*pre-heating*) mempengaruhi kekerasan dan nilai kekuatan tarik pada material.

Batasan Masalah

Mengingat kompleksnya permasalahan dan keterbatasan alat uji, maka dalam pembahasan ini ditetapkan batasan sebagai berikut:

- Material yang digunakan adalah baja karbon rendah tipe ASTM A36
- Pengelasan yang dilakukan tanpa menggunakan *Pre-Heating*.
- Penggunaan polaritas mesin las SMAW adalah mesin las DC dengan polaritas DC + dan DC -
- Variasi elektroda yang dipakai adalah elektroda jenis E7016 dan E7018
- Hasil pengelasan dengan pemeriksaan Kekuatan Tarik (*Tensile Test*) dan Ketangguhan (*Impact Test*)

Rumusan Masalah

Berlandaskan dari latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu:

- Bagaimanakah pengaruh penggunaan Elektrode E7016 menggunakan polaritas mesin las SMAW dengan DC+ dan DC- terhadap nilai kekuatan tarik bahan?
- Bagaimanakah pengaruh penggunaan Elektrode E7016 menggunakan polaritas mesin las SMAW dengan DC+ dan DC- terhadap nilai ketangguhan bahan?
- Bagaimanakah pengaruh penggunaan Elektrode E7018 menggunakan polaritas mesin las SMAW dengan DC+ dan DC- terhadap nilai kekuatan tarik bahan?
- Bagaimanakah pengaruh penggunaan Elektrode E7018 menggunakan polaritas mesin las SMAW dengan DC+ dan DC- terhadap nilai ketangguhan bahan?
- Bagaimana penggunaan elektroda dan tegangan pengelasan yang mempunyai tegangan luluh, tegangan tarik, dan ketangguhan impact yang paling baik ?

Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- Mengetahui pengaruh penggunaan Elektrode E7016 menggunakan polaritas mesin las SMAW dengan DC+ dan DC- terhadap nilai tegangan luluh, tegangan tarik, dan regangan bahan?
- Mengetahui pengaruh penggunaan Elektrode E7016 menggunakan polaritas mesin las SMAW dengan DC+ dan DC- terhadap nilai ketangguhan bahan?
- Mengetahui pengaruh penggunaan Elektrode E7018 menggunakan polaritas mesin las SMAW dengan DC+ dan DC- terhadap nilai tegangan luluh, tegangan tarik, dan regangan bahan?
- Mengetahui pengaruh penggunaan Elektrode E7018 menggunakan polaritas mesin las SMAW dengan DC+ dan DC- terhadap nilai ketangguhan bahan?
- Mengetahui penggunaan elektroda dan tegangan pengelasan yang mempunyai tegangan luluh, tegangan tarik, dan ketangguhan impact yang paling baik ?

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berguna bagi perkembangan ilmu pengetahuan diantaranya adalah:

Manfaat bagi umum

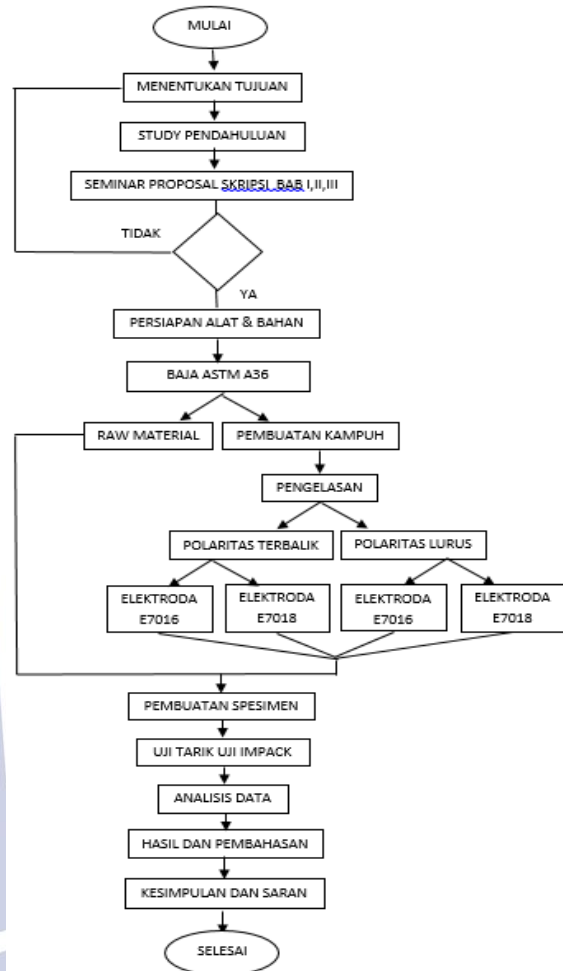
- Memberikan sumbangan pemikiran tentang pengaruh polaritas pengelasan dan jenis elektroda pada mesin las SMAW terhadap sifat fisik dan mekanik pada logam.

Manfaat bagi lembaga

- Hasil penelitian yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan referensi untuk penelitian yang sejenis.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Populasi dan Sampel

Populasi adalah keseluruhan subyek penelitian (Suharsimi, 2002). Populasi dalam penelitian ini adalah semua hasil pengelasan material plat baja karbon rendah tipe ASTM A36 di las SMAW dengan elektroda E7016 dan E7018.

Sampel adalah sebagian data atau wakil dari populasi yang akan diteliti (Suharsimi, 2002). Sampel dalam penelitian ini adalah hasil pengelasan material baja karbon rendah tipe ASTM A36 yang dilas SMAW polaritas pengelasan lurus dan terbalik dengan elektroda E7016 dan E7018. Jumlah sampel dalam penelitian ini ada 15 buah.

Variabel Penelitian

Variabel adalah sesuatu yang dapat berubah atau beragam. Variabel yang termasuk dalam penelitian ini adalah: Variabel Bebas.

Variabel bebas (variabel prediktor) dapat disebut penyebab. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi Tegangan Mesin Las (Polaritas Lurus dan Terbalik) dan Elektroda dengan Tipe E6013 dan E7018.

Variabel Kontrol

Pada penelitian ini yang menjadi variabel kontrol adalah:

- Benda kerja dengan specimen yang sama dalam setiap pengujian.
- Pendinginan hasil pengelasan menggunakan suhu temperature kamar.
- Beban pengujian uji tarik sama untuk setiap spesimen uji
- Beban pengujian uji impact sama untuk setiap spesimen uji

Variabel Terikat

Variabel terikat (variabel respon) disebut juga obyek penelitian. Variabel terikat pada penelitian ini adalah uji Ampere, Sudut Kampuh, Posisi Pengelasan, Kecepatan Pengelasan, kekuatan tarik dan ketangguhan baja karbon rendah

Peralatan, Bahan dan Instrumen Penelitian

Persiapan Penelitian

- **Bahan**
Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah tipe ASTM A36, tebal 10 mm. Elektroda jenis E7016 dan E7018 dengan diameter 3,2 mm.
- **Peralatan**
Peralatan untuk melakukan penelitian antara lain : Mesin Gergaji, Mesin Skrap, Mesin Frais, Peralatan Pengelasan, Mesin Las SMAW DC, Penggaris, Mesin Amplas, Kikir, Mesin Uji Tarik Hydraulic Servo Pulser, Mesin Uji Ketangguhan, *Stopwatch*, Pengukur Sudut, Dial Indikator, Dll.
- **Instrumen Penelitian**
Alat Uji Tarik
Alat yang digunakan untuk mengukur tegangan luluh, tegangan tarik, dan regangan pada material.

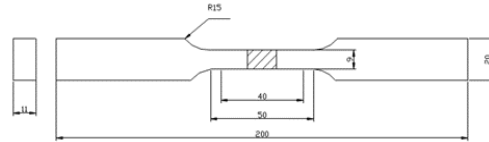


Gambar 2. Mesin Uji Tarik

Uji Tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu [Askeland, 1985]. Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan

dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil,1955). Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji.

Bila kita terus menarik suatu bahan (dalam hal ini suatu logam) sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva yang menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang.



Gambar 3. Spesimen JIS Z 2201 1981

Alat Uji Impact

Alat untuk mengukur nilai ketangguhan material dalam menahan gaya/tumbukan dari luar sampai patah. Hasil uji impact menghasilkan tegangan patah dalam satuan joule.

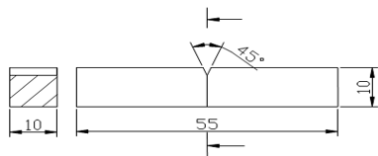


Gambar 4. Mesin Uji Impact

Uji impact adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Pengujian impact merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut.

Prinsip dasar pengujian Charpy ini adalah besar gaya kejut yang dibutuhkan untuk mematahkan benda uji dibagi dengan luas penampang patahan. Mula-mula bandul Charpy disetel dibagian atas, kemudian dilepas sehingga menabrak benda uji dan bandul terayun sampai ke kedudukan bawah. Jadi dengan demikian, energi yang diserap untuk mematahkan benda uji ditunjukkan oleh selisih perbedaan tinggi bandul pada kedudukan atas dengan tinggi bandul pada kedudukan bawah (*tinggi ayun*). Segera setelah benda uji diletakkan, kemudian bandul dilepaskan sehingga batang uji akan melayang (*jatuh akibat gaya gravitasi*). Bandul ini akan memukul benda uji yang

diletakkan semula dengan energi yang sama. Energi bandul akan diserap oleh benda uji yang dapat menyebabkan benda uji patah tanpa deformasi (getas) atau pun benda uji tidak sampai putus yang berarti benda uji mempunyai sifat keuletan yang tinggi.



Gambar 5. Spesimen JIS 2202 1981

Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu

Penelitian eksperimen ini dilakukan setelah melakukan ujian seminar proposal skripsi.

Tempat

- Proses pengelasan dan pembuatan specimen dilakukan di Bengkel Las SMK 1 Widang Babat Lamongan
- Pengujian Kekuatan Tarik dilakukan di Lab Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya
- Pengujian Ketangguhan Las dilakukan di laboratorium Uji DT/NDT Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini diperoleh dengan cara melakukan eksperimen melalui pengujian terhadap obyek yang akan diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan. Data-data yang diperlukan hasil uji tarik dan uji impact pengelasan benda uji dengan variasi tegangan pengelasan dan jenis elektroda yang berbeda.

Pelaksanaan Penelitian

Persiapan Pengelasan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah:

- Mempersiapkan mesin las SMAW DC sesuai dengan pemasangan polaritas terbalik dan polaritas lurus.
- Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas pada meja las.
- Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan mendatar atau bawah tangan.
- Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, dengan sudut 70° , dengan lebar celah 2 mm.
- Mempersiapkan elektroda jenis E7016 dan E7018 dengan diameter elektroda 3,2 mm.
- Menyetel polaritas lurus dimana kabel (-) dihubungkan ke elektroda dan kabel (+) ke benda kerja dan dilakukan pengelasan ke benda kerja menggunakan elektroda E7016 dan E7018.
- Menyetel polaritas terbalik dimana kabel (+) dihubungkan ke elektroda dan kabel (-) ke benda kerja dan dilakukan pengelasan ke benda kerja

menggunakan elektroda E7016 dan E7018.

Pembuatan Spesimen Uji Tarik

- Menyiapkan Mesin frais dan peralatannya.
- Ganti pahat dengan pahat rata.
- Meratakan alur hasil pengelasan dengan mesin frais.
- Bahan difrais sehingga terbentuk ukuran panjang 205 mm dan lebar 22 mm.
- Ganti pahat endmil diameter 25 mm
- Dilakukan pengefraisan untuk membuat ukuran sesuai dengan standart JIS yaitu panjang 200 mm dan lebar 20 mm
- Ganti pahat endmill dengan diameter 15 mm untuk membuat jari- jari cekung
- Sayat masuk kedalam sampai kedalaman 5.5 mm baik sisi kiri dan kanan sehingga tebal daerah tengah 9 mm
- Bahan yang sudah terbentuk tersebut dirapikan permukaannya dengan kikir yang halus, selanjutnya benda diampelas sampai halus.

Pembuatan Spesimen Uji Impact

- Meratakan alur pengelasan menggunakan mesin frais.
- Bahan dipotong dengan lebar 58 x 12 x 12 mm. Setelah itu difrais untuk mendapatkan ukuran sesuai standar JIS Z 2202 1980.
- Setelah proses selesai kemudian benda kerja dirapikan dengan kikir dan dihaluskan menggunakan ampelas.
- Setelah diampelas untuk mendapatkan permukaan yang lebih halus maka diberi autosol.
- Benda yang telah diberi autosol dimasukkan kedalam cairan etza dan kemudian dibilas dengan alkohol dan air sehingga kita dapat melihat daerah logam lasnya.
- Setelah didapat daerah logam lasnya maka pada daerah itu diberi takikan sesuai dengan standar JIS Z 2202 1980.

Analisis Data

Analisis data menggunakan metode statistika deskriptif. Statistika deskriptif adalah fase statistika dimana hanya berusaha melukiskan dan menganalisis kelompok yang diberikan tanpa membuat atau menarik kesimpulan tentang populasi atau kelompok yang lebih besar (Sudjana, 2005:7). Data yang diperoleh dari hasil eksperimen dimasukan ke dalam tabel, dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang kemudian akan dianalisa dan ditarik kesimpulannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Tarik (Tensile Test)

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material baja paduan rendah sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil pengujian tarik pada umumnya adalah parameter kekuatan (kekuatan tarik dan kekuatan luluh), parameter keliatan atau keuletan yang ditunjukkan dengan adanya persentase

perpanjangan dan persentase kontraksi atau reduksi penampang.

Data-data hasil pengujian tarik pada kelompok raw materials dan kelompok variasi elektroda dan polaritas pengelasan yang sudah diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah

Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik untuk Kualitas Kekuatan Tarik Baja ASTM A36

MATERIAL	GAYA/ BEBAN		PERPANJANGAN	REGANGAN
	TEGANGAN LULUH	TEGANGAN TARIK		
RAW	36000	50900	18.5	0.4625
E7018 (-)	23300	33000	7	0.1750
E7018(+)	34800	47000	10	0.2500
E7016(-)	31300	53100	14.5	0.3625
E7016(+)	31000	52500	15.5	0.3875

Tegangan Tarik adalah tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (fracture). Nilai kekuatan tarik maksimum ditentukan dari Beban/ Gaya maksimum dibagi Luas Penampang.

Regangan adalah pertambahan panjang oleh material yang diakibatkan karena adanya beban Tarik yang diberikan kepada material. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.

Dari penjelasan diatas berikut adalah persamaan/ rumus untuk mencari Tegangan Luluh, Tegangan Tarik, dan Regangan :

Rumus Tegangan Luluh, Tegangan Maksimal

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A} \quad (1)$$

Dimana :

P_u = Beban/ Gaya (N)

σ_u = Tegangan *ultimate* (MPa)

A_0 = luas mula-mula (mm²)

Rumus Regangan

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana :

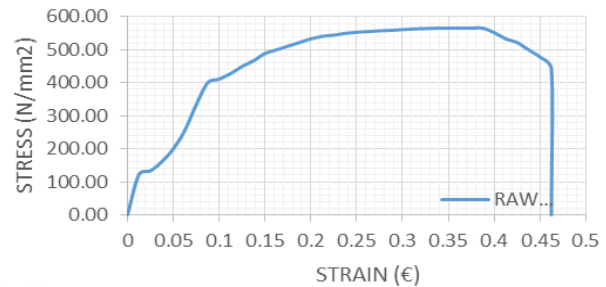
E = *elongation* (%)

L = Panjang setelah ditarik (mm)

L_0 = Panjang sebelum ditarik (mm)

Dari persamaan 1 dan 2 dan dimasukkan hasil uji tarik didapatkan kurva uji tarik sebagai berikut :

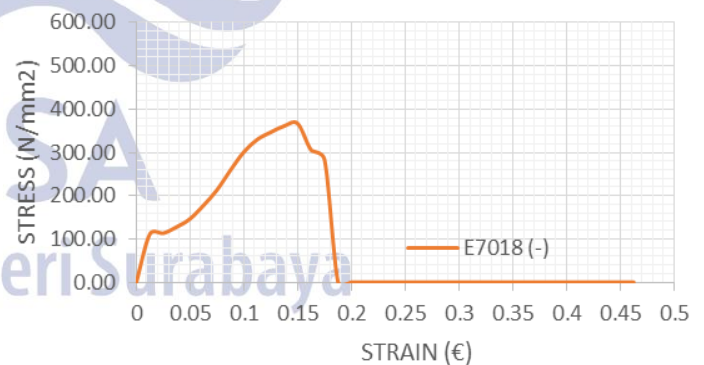
Grafik Uji Tarik untuk Raw Material



Gambar 6. Kurva SS Raw Material

Dari kurva diatas sudah jelas bahwa batas Tegangan Luluh adalah pada 400 MPa, karena pada tegangan itu akhir dari deformasi elastis menuju daerah landing sebelum material berubah menjadi permanen (deformasi plastis).dimana batas proporsional yaitu pertambahan beban yang searah dengan pertambahan panjang berakhir pada tegangan 400 MPa.Untuk tegangan Tarik Maksimum berada pada 565.56 MPa.karena disitu titik puncak pemberian Beban yang disertai pertambahan panjang material.setelah melewati 565.56 MPa beban sudah berangsur turun tetapi pertambahan panjang material masih berlanjut sampai putus pada pertambahan panjang material sebesar 18.5 mm dan menghasilkan regangan sebesar 46.25 %.

Grafik Uji Tarik untuk Variasi Elektroda E7018 (-)

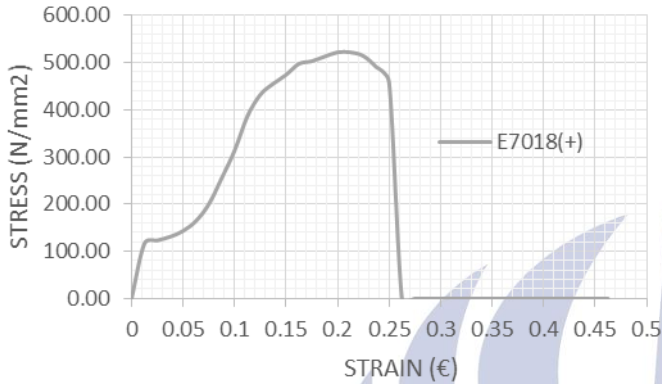


Gambar 7. Kurva SS E7018 (-)

Dari kurva diatas batas Tegangan Luluh Maksimal terjadi pada tegangan 258.89 MPa, pada kurva ini memperlihatkan bahwa material bersifat getas, sehingga tidak terlihat daerah landing (daerah deformasi elastis menuju daerah deformasi plastis). Kondisi seperti ini biasanya disebabkan karena kurangnya suplai panas pada material.Tetapi suplay panas justru lebih banyak di elektroda.sehingga elektroda meleleh sebelum material melebur. Untuk tegangan Tarik Maksimum berada pada

366.67 MPa. karena disitu titik puncak pemberian Beban yang disertai pertambahan panjang material. setelah melewati 366.67 MPa beban sudah berangsur turun tetapi pertambahan panjang material masih berlanjut sampai putus pada pertambahan panjang material sebesar 7 mm dan menghasilkan regangan sebesar 17.50 %.

Grafik Uji Tarik untuk Variasi Elektroda E7018 (+)

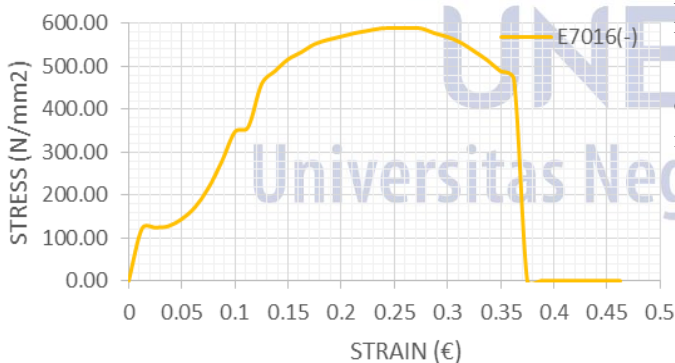


Gambar 8. Kurva SS E7018 (+)

Dari kurva diatas batas Tegangan Tarik Maksimal terjadi pada tegangan 522.22 MPa, pada kurva ini memperlihatkan bahwa material bersifat ulet, sehingga tampak daerah deformasi elastis yang membentuk menyerupai huruf U terbalik.

Tidak terlihat daerah landing (daerah deformasi elastis menuju daerah deformasi plastis) tetapi berdasarkan perhitungan proporsional didapatkan daerah Tegangan Luluh maksimal pada 386.67 MPa. Pertambahan panjang material maksimal sebesar 10 mm dan menghasilkan regangan sebesar 25%.

Grafik Uji Tarik untuk Variasi Elektroda E7016 (+)

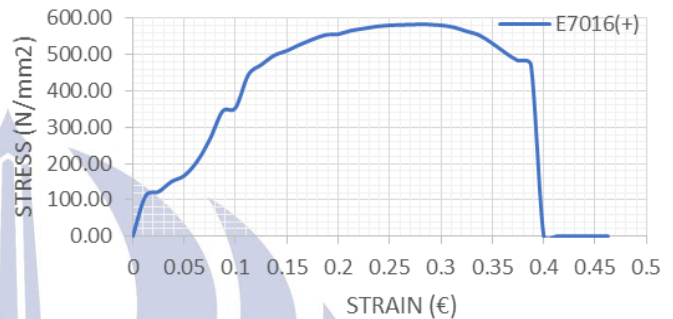


Gambar 9. Kurva SS E7016 (-)

Dari kurva diatas sudah jelas bahwa batas Tegangan Luluh adalah pada 347.78 MPa, karena pada tegangan itu akhir dari deformasi elastis menuju daerah landing sebelum material berubah menjadi permanen (deformasi plastis). dimana batas proporsional yaitu pertambahan beban yang searah dengan pertambahan panjang berakhir

pada tegangan 347.78 MPa. Untuk tegangan Tarik Maksimum berada pada 590 MPa. karena disitu titik puncak pemberian Beban yang disertai pertambahan panjang material. setelah melewati 590 MPa beban sudah berangsur turun tetapi pertambahan panjang material masih berlanjut sampai putus pada pertambahan panjang material sebesar 14.50 mm dan menghasilkan regangan sebesar 36.25 %.

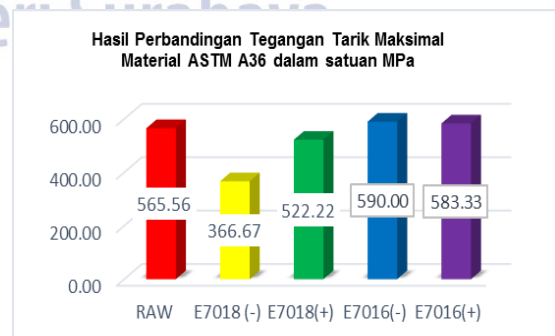
Grafik Uji Tarik untuk Variasi Elektroda E7016 (-)



Gambar 10. Kurva SS E7016 (-)

Dari kurva diatas sudah jelas bahwa batas Tegangan Luluh adalah pada 344.44 MPa, karena pada tegangan itu akhir dari deformasi elastis menuju daerah landing sebelum material berubah menjadi permanen (deformasi plastis). dimana batas proporsional yaitu pertambahan beban yang searah dengan pertambahan panjang berakhir pada tegangan 344.44 MPa. Untuk tegangan Tarik Maksimum berada pada 583.33 MPa. karena disitu titik puncak pemberian Beban yang disertai pertambahan panjang material. setelah melewati 583.33 MPa beban sudah berangsur turun tetapi pertambahan panjang material masih berlanjut sampai putus pada pertambahan panjang material sebesar 15.5 mm dan menghasilkan regangan sebesar 38.75 %.

Data Tabel 1 dari hasil Uji Tarik selanjutnya dimasukkan ke dalam diagram batang seperti di bawah ini:



Gambar 11. Diagram Batang untuk Kekuatan Tarik Maksimal baja ASTM A36

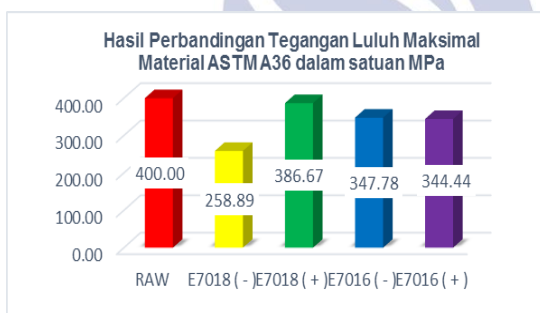
Nilai Tegangan Tarik untuk kelompok raw materials adalah 565.56 MPa. Nilai kekuatan tarik

untuk kelompok elektroda E7018 (-) adalah 366.67 MPa, ini berarti mengalami penurunan yang relative sangat besar yakni 198.89 MPa dari kelompok raw materials.

Nilai kekuatan tarik untuk kelompok elektroda E7018 (+) adalah 522.22 MPa, ini berarti mengalami penurunan tetapi relative jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan elektroda E7018 (-), penurunan hanya sebesar 43.33 MPa dari kelompok raw materials.

Berbeda halnya dengan elektroda E7016, kedua polaritas pengelasan mengalami peningkatan kekuatan tarik. Nilai kekuatan tarik untuk elektroda E7016 (-) adalah 590.00 MPa, hal ini berarti mengalami kenaikan sebesar 24.44 MPa dari kelompok raw materials dan elektroda E7016 (+) mengalami kenaikan sebesar 17.78 MPa dari raw material.

Perbedaan polaritas pengelasan antara elektroda E7018 (-) dan E7018 (+) mempunyai selisih nilai Kekuatan Tarik yang cukup besar, yaitu 155.56 MPa pada kondisi pengelasan yang sama, berbeda dengan polaritas elektroda E7016 (-) dan E7016 (+) yang hanya mempunyai selisih 6.67 MPa.



Gambar 12. Diagram Batang untuk Kualitas Tarik Baja Paduan Rendah

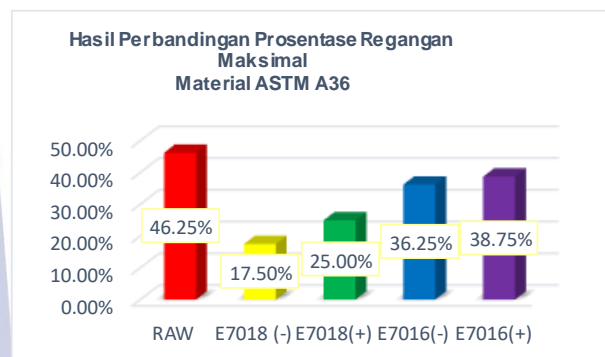
Tegangan Luluh σ_y (yield stress) adalah Tegangan Maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis. Nilai Tegangan Luluh untuk kelompok raw materials adalah 400 MPa. Nilai Tegangan Luluh untuk kelompok elektroda E7018 (-) adalah 258.89 MPa, ini berarti mengalami penurunan yang relative sangat besar yakni 141.11 MPa dari kelompok raw materials.

Nilai Tegangan Luluh untuk kelompok elektroda E7018 (+) adalah 386.67 MPa, ini berarti mengalami penurunan tetapi relative jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan elektroda E7018 (-), penurunan hanya sebesar 13.33 MPa dari kelompok raw materials.

Berbeda halnya dengan elektroda E7016, kedua polaritas pengelasan ini mengalami penurunan tetapi relative masih sama antara polaritas (-) dan polaritas (+). Nilai Tegangan Luluh untuk elektroda E7016 (-) adalah 347.78 MPa, hal ini berarti mengalami penurunan

sebesar 52.22 MPa dari kelompok raw materials dan elektroda E7016 (+) mengalami penurunan sebesar 55.56 MPa dari raw material.

Perbedaan polaritas pengelasan antara elektroda E7018 (-) dan E7018 (+) mempunyai selisih nilai Kekuatan Tarik yang sangat besar, yaitu 127.7 MPa pada kondisi pengelasan yang sama, berbeda dengan polaritas elektroda E7016 (-) dan E7016 (+) yang hanya mempunyai selisih 3.34 MPa.



Gambar 13. Regangan Material

Nilai perpanjangan untuk raw materials adalah sebesar 46.25%. Nilai Perpanjangan untuk material yang mengalami perlakuan perbedaan elektroda dan perbedaan polaritas pada umumnya semua mengalami penurunan perpanjangan / regangan bila dibandingkan dengan raw materials. Besarnya perpanjangan / regangan untuk pengelasan dengan Elektroda E7018 (-) sebesar 17.50% dan menurun sangat drastis sebesar 28.75% dari raw materials. Nilai perpanjangan untuk pengelasan E7018 (+) mengalami penurunan sebesar 25.00%, mempunyai selisih 21.25 % dari raw materials.

Nilai perpanjangan untuk pengelasan dengan elektroda E7016 (-) adalah 36.25% dan elektroda E7016 (+) adalah 38.75%. Hanya turun 10.00% dan 7.50% dari raw material. sangat jauh berbeda jika dibandingkan dengan hasil pengelasan dengan elektroda E7018. Dari kurva kekuatan Tarik – Regangan diatas dapat dijelaskan bahwasanya nilai Tegangan Tarik maksimum terjadi pada elektroda yang di las menggunakan elektroda E7016 (-) sebesar 590.00 MPa dan disusul selanjutnya dengan elektroda E7016 (+) dengan nilai Kekuatan Tarik sebesar 583.33 MPa. Kemudian disusul dengan raw material sebesar 565.56 MPa, dan selanjutnya elektroda E7018 (+) dan E7018 (-) sebesar 522.22 MPa dan 366.67 MPa.

Tetapi regangan paling tinggi di peroleh dari raw material sebesar 46.25%, lalu disusul dengan pengelasan dengan elektroda E7016 (+) sebesar 38,75% dan E7016 (-) sebesar 36.25%. Selanjutnya elektroda E7018 (+) regangan hanya 25% dan elektroda E7018 (-) sebesar 17.5%.

Hasil Pengujian Impact Test

Eksperimen untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan ketangguhan antara bahan yang mengalami perlakuan pengelasan dengan logam induk. Hasil dari pengujian ketangguhan impak berupa tenaga yang diserap (W) dalam satuan Joule dan nilai pukul takik (K) dalam satuan Joule/mm². Hasil yang diperoleh dalam pengujian Impact yang dilakukan di LAB DT/NDT Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 2. Hasil Pengujian Impact

Parameter	a	t	A	Tenaga Patah	Keliatan
	(mm)	(mm)	(mm ²)	(Joule)	(Joule/mm ²)
RAW MATERIAL	10	55	80	155,5	1,94
	10	55	80	132,5	1,66
Rata-rata				144	1,8
E7018 (-)	10	55	80	34,2	0,43
	10	55	80	29,8	0,37
Rata-rata				32	0,4
E7018 (+)	10	55	80	123,7	1,55
	10	55	80	100,3	1,25
Rata-rata				112	1,4
E7016 (-)	10	55	80	47,6	0,60
	10	55	80	40,4	0,51
Rata-rata				44	0,55
E7016 (+)	10	55	80	142	1,78
	10	55	80	127	1,59
Rata-rata				134,5	1,68125

Perhitungan Nilai Ketangguhan

$$Impact\ Strength = \frac{W}{A} \tag{3}$$

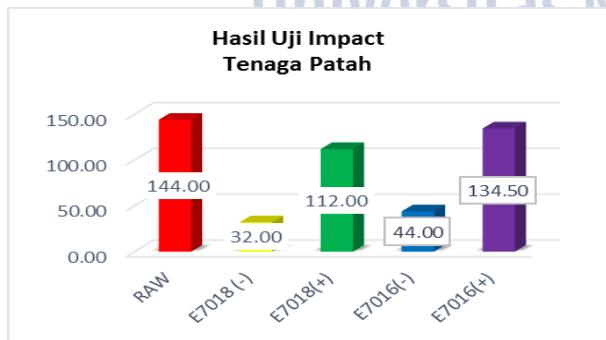
Dimana :

IS= Joule/ mm²

W= Tenaga Patah (Joule)

A= Luas Penampang (mm²)

Data Tabel 2 Perhitungan Pengujian Impact selanjutnya dimasukkan ke persamaan 3 dan disajikan dalam diagram batang seperti di bawah ini untuk menjelaskan perbandingan antar variasi elektroda pengelasan:



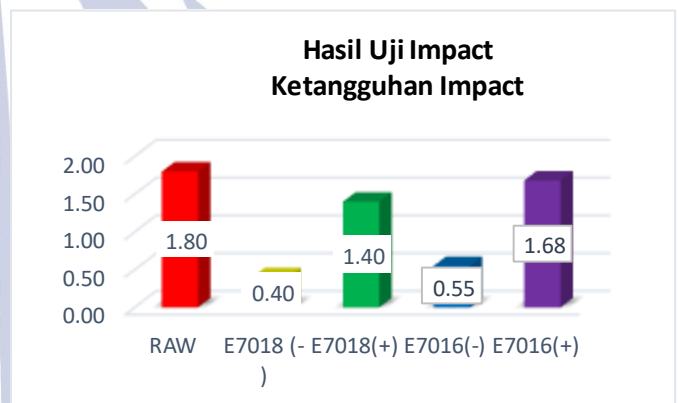
Gambar 14. Diagram Tenaga Patah

Nilai tenaga patah untuk kelompok raw materials sebesar 144 Joule. Nilai tenaga patah pada pengelasan mengalami penurunan secara umum terhadap raw

materials. Perbandingan Elektroda E7016 dan E7018 juga mengalami kenaikan dan penurunan. Kenaikan cenderung pada penggunaan polaritas (+), dan penurunan terjadi pada penggunaan polaritas tegangan (-).

Elektroda E7018 (-) mengalami penurunan yang sangat drastis sebesar 112 Joule atau setara 78 % dari raw material. Sedangkan Elektroda E7018 (+) juga mengalami penurunan sebesar 32 Joule atau setara 22% dari raw material.

Begitu pula sama halnya dengan elektroda E7016, Elektroda E7016 (-) juga mengalami penurunan yang sangat drastis sebesar 100 Joule atau setara 69 % dari raw material. Sedangkan Elektroda E7016 (+) juga mengalami penurunan tetapi hanya sebesar 9.5 Joule atau setara 7% dari raw material.



Gambar 15. Diagram Ketangguhan Impact

Data dari gambar menunjukkan nilai Ketangguhan Impact raw materials, kelompok spesimen Elektroda E7018 dengan Polaritas pengelasan DC (-) dan DC (+), dan kelompok spesimen elektroda E7016 dengan Polaritas Pengelasan DC (-) dan DC (+). Nilai Ketangguhan Impact untuk kelompok raw materials sebesar 1,80 Joule/mm². Nilai Ketangguhan Impact pada pengelasan Elektroda E7016 dan E7018 dengan Polaritas Pengelasan DC (-) dan DC (+) mengalami penurunan secara umum terhadap raw materials. Perbandingan Elektroda E7016 dan E7018 juga mengalami kenaikan dan penurunan. Kenaikan cenderung pada penggunaan polaritas (+), dan penurunan terjadi pada penggunaan polaritas tegangan (-).

Elektroda E7018 (-) mengalami penurunan yang sangat drastis sebesar 1.40 Joule/mm² atau setara 78 % dari raw material. Sedangkan Elektroda E7018 (+) juga mengalami penurunan sebesar 0.4 Joule/mm² atau setara 22% dari raw material.

Begitu pula sama halnya dengan elektroda E7016, Elektroda E7016 (-) juga mengalami penurunan yang sangat drastis sebesar 1.25 Joule/mm² atau setara 69 % dari raw material. Sedangkan Elektroda E7016 (+) juga

mengalami penurunan tetapi hanya sebesar 0.12 Joule/mm² atau setara 7% dari *raw material*.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil pengujian, perhitungan dan analisis data yang dilakukan tentang pengaruh Polaritas Pengelasan terhadap Tegangan Tarik, Tegangan Impact pada Baja ASTM A36, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Penggunaan Polaritas Pengelasan pada Elektroda E7016 mempunyai pengaruh yang sangat kecil. Selisih penggunaan Polaritas DC (-) pada Tegangan Luluh, Tegangan Tarik dan Regangan hanya selisih 3.34 MPa, 6.67 MPa, 2.5% jika dibandingkan dengan penggunaan polaritas DC (+).
- Penggunaan Polaritas Pengelasan pada Elektroda E7016 mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap nilai Ketangguhan Impact. Polaritas DC (+) mempunyai selisih 1.13 Joule/mm² jika dibandingkan dengan Polaritas DC (-).
- Penggunaan Polaritas Pengelasan pada Elektroda E7018 mempunyai pengaruh yang besar. Selisih penggunaan Polaritas DC (+) pada Tegangan Luluh, Tegangan Tarik dan Regangan hanya selisih 127.7 MPa, 155.57 MPa, 7.5% jika dibandingkan dengan penggunaan polaritas DC (-).
- Penggunaan Polaritas Pengelasan pada Elektroda E7016 mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap nilai Ketangguhan Impact. Polaritas DC (+) mempunyai selisih 1.00 Joule/mm² jika dibandingkan dengan Polaritas DC (-).
- Dari hasil pengujian Tarik dan Pengujian Impact yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan polaritas pengelasan DC (+) mempunyai nilai yang lebih tinggi pada kekuatan tarik dan ketangguhan impact jika dibandingkan dengan penggunaan polaritas pengelasan DC (-).

Saran

- Perlu dilakukan penelitian lanjutan setelah selesai pengelasan untuk mengetahui arus pengelasan yang pas untuk electrode E7018. Mengingat penyalaan busur untuk electrode E7018 sangat sulit dan mudah mati.
- Secara umum Polaritas pengelasan DC (+) lebih baik digunakan untuk pengelasan, yaitu digunakan pada material yang mempunyai luasan yang sempit. Karena secara umum nilai Uji Tarik polaritas pengelasan dengan DC (+) mempunyai Tegangan Tarik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan DC (-). Begitu juga dengan ketangguhan impact, penggunaan polaritas pengelasan dengan DC (+) mempunyai nilai ketangguhan impact yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan polaritas pengelasan DC (-).

- Dalam pembuatan specimen uji tarik masih ditemui dimensi antar specimen ada yang berbeda dikarenakan kondisi mesin yang sudah aus sehingga terjadi kesalahan ukuran dan kesalahan bentuk. Disarankan dalam membuat specimen menggunakan mesin frais dan skrap yang masih dalam standart dan terkalibrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, 1998, *Optimization of Welding Technology for User*, Yayasan Puncak Sari, Jakarta.
- Alip, M., 1989, *Teori dan Praktik Las*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- ASM, 1989, *Metallurgy and Microstructures*, ASM Handbook Committee, Metal Park, Ohio.
- Bintoro, A. G., 2005, *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*, Kanisius, Yogyakarta.
- Cary, H. B., 1994, *Modern Welding Technology*, A Simon & Schuster Company, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Kenyon, W., Ginting, D., 1985, *Dasar-Dasar Pengelasan*, Erlangga, Jakarta.
- Kou, S., 1987, *Welding of Metallurgy*, A Wiley Interscience Publication, University of Winconsin, Kanada.
- Malau, V., 2003, *Diktat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam*, Yogyakarta. Smith, D., 1984, *Welding Skills and Technology*, McGraw-Hill, New York.
- Sonawan, H., Suratman, R., 2004, *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*, Alfa Beta, Bandung.
- Suharto, 1991, *Teknologi Pengelasan Logam*, Rineka Cipta, Jakarta. Supardi, E., 1996, *Pengujian Logam*, Angkasa, Bandung.
- Suratman, M., 2001, *Teknik Mengelas Asetilen, Brazing dan Busur Listrik*, Pustaka Grafika, Bandung.
- Widharto, S., 2001, *Petunjuk Kerja Las*, Pradnya Paramita, Jakarta. Wiryosumarto, H., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Erlangga, Jakarta.
- Material Testing (Zairyu Shiken). Hajime Shudo. Uchidarokakuho, 1983.
- Material Science and Engineering: An Introduction. William D. Callister Jr. John Wiley&Sons, 2004.
- Strength of Materials. William Nash. Schaum's Outlines, 1998.