



ANALISA STRUKTUR MIKRO DAN PENINGKATAN SIFAT MEKANIS PENGELASAN SMAW BAJA ST 37

Mustasyar Perkasa¹, Muhammad Awwaluddin², Wahyu Sulistiyo¹, Kusdi Prijono²

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl.Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

²Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur BRIN, Gd.220 PUSPITEK, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail: dosen00784@unpam.ac.id

Masuk : 23 Agustus 2021

Direvisi : 8 September 2021

Disetujui : 19 September 2021

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tentang pengaruh elektroda las terhadap struktur mikro dan sifat mekanis pada pengelasan SMAW baja ST37. Pengelasan menggunakan 3 variasi elektroda E 7016 LB 52, E 6013 RD 260 dan E 6013 RB 26 dan 3 variasi kampuh las yaitu: Square Groove (I), Single V dan double V (K). Pengujian las meliputi uji komposisi kimia, uji metallografi, kekerasan, pengujian tarik. Pada pengujian metallografi didapatkan bahwa struktur logam las terdiri dari ferrit perlit dan pada pengujian struktur makro didapat bahwa terdapat cacat las pada logam las. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada material yang dilas dengan menggunakan elektroda 7016. Hasil uji tarik tertinggi terdapat pada pengelasan menggunakan elektroda RB 26 kampuh I. Dari hasil ini dapat dijadikan sebagai panduan pada proses pengelasan selanjutnya.

Kata kunci: SMAW, Elektroda las, Baja ST37, Pengelasan, single V.

Abstract: This study aims to find the cause of weld electrode to Microstructure and mechanical properties of ST37 with SMAW welding. Welding using 3 variation of electrode welds are LB 52 E 7016, E 6013 and E 6013 RD 260 RB 26 and 3 variation of groove welds are Square Groove, Single V and double V (K). Welding tests are metallografi, hardness, and tensile test. At metallografi test found that the weld metal structure consisting of ferrite and pearlite. At macro-structure test found that there were defects in the weld metal. The highest hardness values contained in the material are welded using electrodes 7016. The highest tensile test contained in welding using RB 26 electrodes Groove I. These results can be used as a guide for the next welding process.

Keywords: SMAW, Welding Electrodes, ST37 Steel, Welding, V single groove

PENDAHULUAN

Penelitian ini dilatar belakangi terjadinya patah las yang sering terjadi pada salah satu komponen mesin bor Jacro TDZ untuk tambang batu bara, emas dan nickel pada CV Jaya Teknik Cibinong Bogor sehingga diperlukan kajian dan analisa mendalam untuk menemukan penyebab terjadinya patah dan menemukan solusi atas permasalahan tersebut. Material yang digunakan pada komponen tersebut adalah ST37. Baja ST 37 merupakan golongan baja karbon rendah karena mempunyai kandungan karbon $\leq 0.3\%$ [1,2]. Baja karbon rendah termasuk kedalam baja yang mempunyai kemampuan las tinggi, yaitu kemampuan material untuk dapat dilas dibawah kondisi

perakitan khusus sehingga sesuai dengan desain struktur dan dapat menunjukkan performa yang memuaskan di lapangan (ANSI / AWS A3.0). Angka 37 berarti bahwa maksimum kekuatan putus tarik adalah 37 Kg/mm² [3-5].

Pada penelitian ini akan dikaji pengaruh kampuh las dan elektroda las terhadap struktur mikro dan peningkatan sifat mekanis pada pengelasan SMAW. Hal ini dilakukan karena hasil proses pengelasan memungkinkan terjadinya retak las yang diakibatkan oleh terjadinya hidrogen difusi dan tegangan sisa. Hidrogen difusi diakibatkan pada waktu logam las mencair, logam tersebut menyerap hidrogen dengan jumlah besar yang dilepaskan dengan cara difusi pada suhu rendah karena pada suhu tersebut kelarutan hidrogen menurun. Sumber dari hidrogen yang diserap adalah air dan zat organik yang terkandung didalam fluks dan logam induk. Sedangkan tegangan sisa adalah timbulnya lonjakan tegangan yang lebih besar karena terjadinya perubahan sifat-sifat bahan pada sambungan terutama pada daerah terpengaruh panas atau HAZ (Heat Affected Zone), karena daerah tersebut adalah daerah logam yang bersebelahan dengan daerah logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus thermal pemanasan dan pendinginan cepat. Hal ini menyebabkan kekuatan tarik dan kekerasan pada sambungan las mengalami penurunan.

METODOLOGI

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah ST37 (DIN)/AISI 1015 dengan komposisi kimia Karbon (C) 0.15-0.2 %, Fosfor (P) ≤ 0.04 %, Sulfur (S) ≤ 0.05 % dan mangan (Mn) 0.6 – 0.9 % dengan tebal 10 mm produksi PT. Krakatau Steel [6,7]. Untuk pengelasan menggunakan kampuh sambungan square groove “I”, single bevel “V”, dan double bevel “K” dengan spesimen mengikuti standar ASTM [8-12]. Elektroda yang digunakan dalam pengelasan sambungan adalah electrode E 6013 (RD 260), E 7016 (LB 52), dan E 6013 (RB 26). Pengujian komposisi kimia menggunakan SEM JEOL JSM-6390A untuk mengetahui unsur yang ada pada sampel yang digunakan. Pengujian metallografi dilakukan secara makro dan mikro, untuk struktur mikro pada penelitian ini menggunakan optical mikroskop BX51 untuk mengetahui morfologi permukaan hasil pengelasan. Untuk pengujian kekerasan menggunakan HV1000 dan pengujian Tarik menggunakan Shimadzu dengan kapasitas 5kN. Sampel pada pengujian ini dibagi pada 2 jenis sampel yaitu sampel dari row material dan material yang telah dilakukan proses pengelasan.

HASIL PENELITIAN

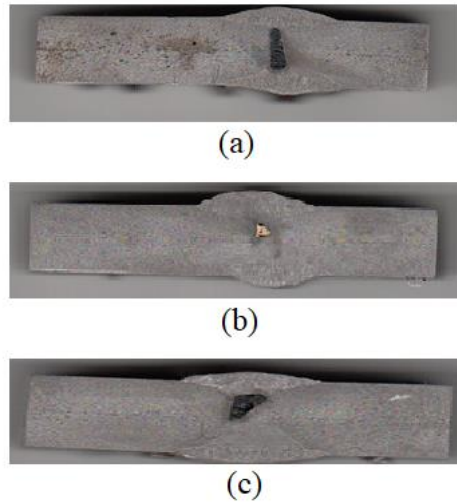
Hasil pengujian komposisi kimia material ST37 dapat dilihat pada Tabel 1. Dimana unsur yang paling dominan pada sampel yang akan kita uji adalah Fe dengan komposisi 98.61% sisanya adalah unsur paduan lainnya.

Tabel 1. Komposisi kimia baja karbon rendah ST37 yang digunakan dalam penelitian [6].

Material ST37												
Unsur	Fe	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	Ti	S	P
Value (%)	98.61	0,15	0,25	0,81	0,04	0,02	0,002	0,04	0,04	0,003	0,01	0,016

Hasil pengujian Metallografi Makro

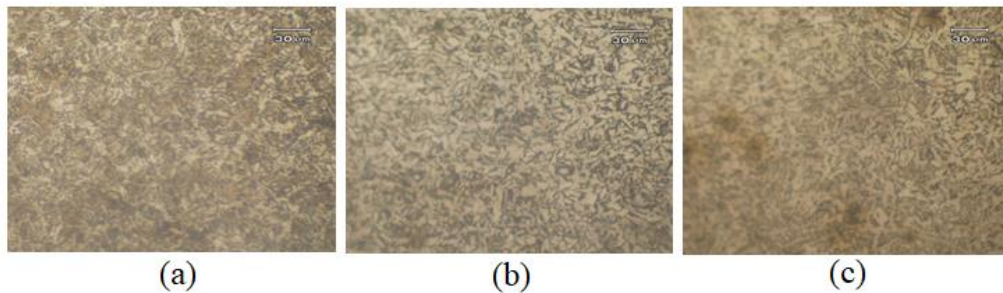
Dari hasil pengujian metallografi makro ditemukan cacat las jenis incomplete fusion seperti pada Gambar 1a, 1b, dan 1c. Cacat ini merupakan cacat akibat terjadinya "discontinuity" yaitu ada bagian yang tidak menyatu antara logam induk dengan logam pengisi dikarenakan panas yang dihasilkan pada proses las terlalu rendah. Cacat jenis ini dapat pula terjadi pada pengelasan berlapis (*multipass welding*) yaitu terjadi antara lapisan las yang satu dan lapisan las yang lainnya. Selain itu adanya pengotoran alur akibat dari pembersihan kerak las yang tidak sempurna juga dapat menyebabkan cacat ini [13]. Adanya cacat ini maka dapat mempengaruhi hasil pengujian mekanis dari sambungan las.



Gambar 1. Hasil pengujian makri visual: a) Electrode E6013 (RD260); b) Electrode E7016 (LB 52); c) Electrode E6013 (RB 26).

Hasil Pengujian Metallogrfi Mikro

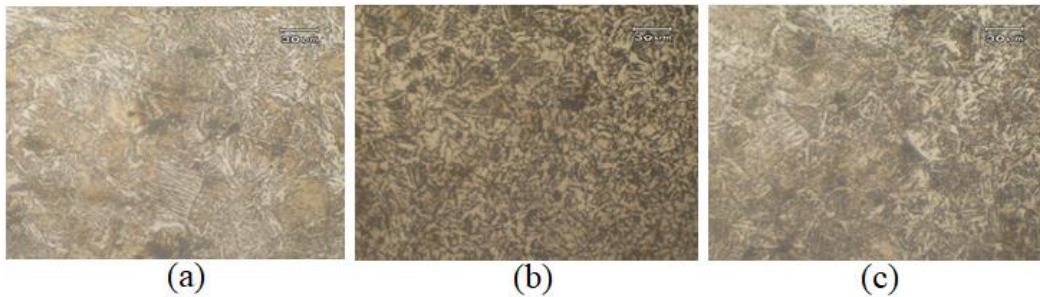
Perubahan metalurgi yang paling penting dalam pengelasan adalah perubahan struktur mikro pada *Heat Affected Zone* (HAZ) maupun daerah las. Perubahan struktur mikro yang terjadi akan menentukan sifat mekanik pada sambungan las, seperti kuat tarik dan kekerasannya. Diharapkan perubahan struktur mikro dan sifat mekanik yang terjadi masih dalam batas aman dan menghasilkan sambungan las yang kuat, sehingga pada waktu pengujian Tarik, bahan tidak putus pada sambungan lasnya namun pada logam induk atau HAZ. HAZ yang biasa disebut daerah terpengaruh panas adalah daerah dengan jarak tertentu dari sambungan las yang mengalami pemanasan akibat adanya panas dari pengelasan dan mengalami pendinginan yang lebih lambat. Pengamatan perubahan struktur mikro akibat pengelasan diamati dengan pengujian metalografi yang dilakukan pada daerah logam induk, batas antara logam induk dan HAZ. Pada Gambar 2. adalah hasil pengujian metalografi mikro pada daerah *base metal*, Pada daerah ini didominasi oleh fasa ferit dan perlit dengan butiran yang lebih kecil [13].



Gambar 2. Hasil pengujian struktur mikro pada daerah *base metal*: a) Electrode E6013 (RD260); b) Electrode E7016 (LB 52); c) Electrode E6013 (RB 26).

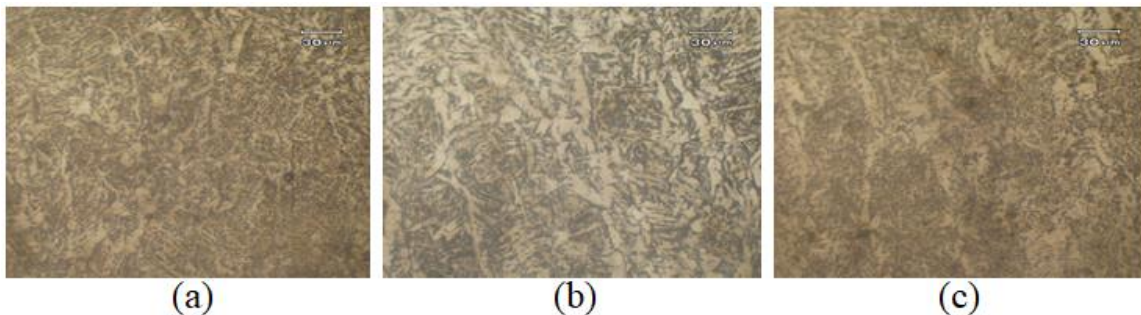
Hasil pengujian metallografi mikro pada daerah HAZ dapat dilihat pada Gambar 3. Pada daerah ini didominasi oleh fasa ferit dan perlit tetapi pada daerah ini terjadi perbesaran butir. Perbesaran butir ini menyebabkan nilai kekerasan turun. Adapun fasa yang pertama adalah fasa ferit terlihat berwarna putih dan fasa kedua adalah pearlit yang terlihat lebih gelap. Apabila semakin besar warna putih pada suatu struktur mikro baja, maka semakin banyak

ferit yang terbentuk yang berarti bahwa material tersebut menjadi semakin lunak. Ini disebabkan karena ferit mempunyai sifat yang lunak dan liat. Pada fasa pearlit terdiri dari lapisan-lapisan halus yang bersifat kuat dan keras.



Gambar 3. Hasil pengujian struktur mikro pada daerah HAZ: a) Electrode E6013 (RD260); b) Electrode E7016 (LB 52); c) Electrode E6013 (RB 26).

Hasil pengujian metallografi mikro pada daerah *weld metal* dapat dilihat pada Gambar 4. Fasa putih menunjukkan fasa ferit sedangkan fasa hitam menunjukkan fasa perlit. Dari struktur mikro ketiga jenis pengelasan di dominasi oleh fasa ferit dan perlit dengan kerapatan butir yang padat. Dengan kerapatan butir yang padat akan menghasilkan kekerasan yang tinggi pada daerah logam las. Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui bentuk, susunan, dan ukuran butir pada bahan. Struktur mikro logam las ditentukan pada saat proses pembekuan (*solidification*) dan transformasi γ (austenit) ke α (ferit). Beberapa faktor yang mempengaruhi struktur mikro logam las antara lain: proses pengelasan, komposisi akhir logam las, masukan panas, dan siklus termal. Selain pengujian secara mikro, pada bab ini akan disajikan pula bentuk struktur makro untuk setiap perlakuan pengelasan. Besarnya masukan panas (*heat input*) yang sangat tergantung pada kecepatan pengelasan, ternyata memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap luasan yang terpengaruh oleh panas, baik luasan pada daerah lasan (*fusion zone*) maupun pada daerah *Heat Affected Zone (HAZ)*. Pengamatan terhadap hasil foto struktur mikro memperlihatkan pengaruh masukan panas terhadap logam yang dilas; daerah ferit berwarna terang dan struktur perlit berwarna gelap. Ferit mempunyai sifat yang lebih lunak bila dibandingkan dengan perlit. Juga dari foto struktur mikro di atas dapat dianalisa bahwa akibat masukan panas maka terjadi perubahan butir dan fasa. Apabila arus listrik, waktu las, dan gaya elektroda makin tinggi maka timbul fasa bainit dan martensit yang kekerasannya tinggi [13]. Akibat kekerasan yang tinggi ini, maka kekuatan geser sambungan las menjadi berkurang.



Gambar 4. Hasil pengujian struktur mikro pada daerah weld metal: a) Electrode E6013 (RD260); b) Electrode E7016 (LB 52); c) Electrode E6013 (RB 26).

Hasil Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada Tabel 2. Beban yang digunakan sebesar 200 gf dan Indentor Iantan 120°.

Tabel 2. Hasil uji kekerasan

Posisi	No	Kekerasan Mikro Vickers (HV)		
		Electroda E 6013 (RD 260)	Electroda E 7016 (LB 52)	Electroda E 6013 (RB 26)
Base Metal	1	164,4	164,4	164,4
	2	165,8	161,0	164,4
	3	161,0	163,9	161,0
	4	167,9	165,3	164,4
	5	157,7	165,3	164,4
Rata - rata		163,36	163,98	163,7
HAZ	1	162,3	183,2	167,9
	2	167,9	187,3	175,3
	3	164,4	191,6	175,3
	4	175,3	183,2	179,1
	5	164,4	183,2	187,3
Rata - rata		166,86	185,7	177,0
Logam Las	1	173,0	187,3	186,3
	2	175,3	187,3	185,6
	3	171,5	187,3	184,7
	4	169,3	187,3	186,0
	5	187,3	187,3	187,3
Rata - rata		175,28	187,3	185,98

Tabel 2 merupakan hasil uji kekerasan yang dilakukan terhadap 5 titik pada base metal, daerah HAZ, dan logam las. Pada pengujian daerah base metal didapat nilai kekerasan rata-rata pada pengelasan menggunakan elektroda RD 260 adalah 163.36 HV, elektroda LB 52 adalah 163.98 HV dan RB 26 sebesar 163.7 HV. Pada pengujian daerah HAZ didapat nilai kekerasan rata-rata pada pengelasan menggunakan elektroda RD 260 adalah 166.86 HV, elektroda LB 52 185.7 HV, dan elektroda RB 26 didapat 177.0 HV. Pada pengujian daerah logam las didapat nilai kekerasan rata-rata pada pengelasan menggunakan elektroda RD 260 adalah 175.28 HV, elektroda LB 52 adalah 187.3 HV, dan elektroda RB 26 sebesar 185.98 HV.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa kekerasan pada daerah las selalu lebih tinggi dibandingkan dari HAZ dan logam induk. Hal ini terjadi karena pada daerah las, panas yang diterima logam lebih besar dibandingkan dengan daerah HAZ dan daerah logam induk. Demikian juga pendinginan yang terjadi pada daerah las lebih cepat dibandingkan daerah HAZ dan logam induk, sehingga timbul rekristalisasi dan perubahan besar butir. Dari hasil uji kekerasan juga didapat bahwa hasil kekerasan pada pengelasan menggunakan elektroda LB 52 selalu lebih tinggi dibandingkan dengan elektroda RB 26 maupun RD 260, hal ini disebabkan karena elektroda LB 52 mempunyai kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada elektroda RB 26 dan RD 260. Kekuatan tarik selalu berbanding lurus dengan hasil kekerasan.

Hasil Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik sambungan las dapat dilihat pada Tabel 3, dimana terlihat tegangan maksimum terjadi pada hasil pengelasan menggunakan elektoda RB 26 dan jenis kampuh I, dengan nilai sebesar 568.4 N/mm². Tegangan Tarik terendah terjadi pada kampuh V dengan elektroda RD 260 sebesar 442.1 N/mm².

Tabel 3. Hasil pengujian tarik

Electode	Jenis kampuh	A ₀ (mm ²)	L ₀ (mm)	F _{max} (KN)	σ _t (N/mm ²)	ΔL (mm)	ε (%)	A ₁ (mm ²)	Z (%)
RB 26	I	190	250	108	568.4	15	6	90	52
	V			100	526.3	8	3.2	95	50
	K			95	500	5	2	98	48
RD 260	I			100	526.3	8	3.2	95	50
	V			84	442.1	3	1.2	100	47
	K			104	547.36	10	4	91	52
LB 52	I			103	542.1	10	4	91	52
	V			107	563.15	15	6	90	52
	K			102	536.84	10	4	91	52

Keterangan:

- A₀ = Luas penampang awal (p x l)
- L₀ = Panjang Mula
- F_{max} = Gaya maksimum.
- σ_t = Tegangan tarik maksimum (F_{max} / A₀).
- ΔL = Pertambahan panjang.
- ε = Regangan {(ΔL / L₀) x 100% }.
- A₁ = Luas penampang pada saat patah.
- Z = Selisih luas {(A₀ - A₁) / A₀} x 100%.

Pada Tabel 3 didapat bahwa kekutan tarik tertinggi sambungan pengelasan menggunakan elektroda RB 26 terdapat pada kampuh I. Pada elektroda LB 52 terdapat pada kampuh V, electroda RD 260 terdapat pada kampuh K. Pada kondisi pengelasan tanpa cacat seharusnya pengelasan menggunakan electroda LB 52 lebih baik karena pengelasan menggunakan LB 52 mempunyai nilai kekerasan paling tinggi. Electroda LB 52 juga mempunyai kekuatan tarik yang lebih tinggi dari pada RB 26 maupun RD 260. Nilai tegangan tarik paling tinggi juga terjadi pada pengelasan menggunakan kampuh V karena kampuh V mempunyai bidang kontak las lebih banyak dari pada kampuh K maupun kampuh I. kampuh V juga memungkinkan pengelasan menggunakan multi-layer untuk menambah kekuatan las.

Pada pengujian tarik ini dikatakan berhasil karena masih diatas tegangan tarik minimum material dasar ST 37 yaitu 37 Kg/mm². Apabila hasil pengelasan didapat tanpa adanya cacat las maka hasil pengujian kekerasan akan berbanding lurus dengan hasil tegangan tariknya. Apabila hasil pengelasan bebas dari cacat las maka hasil pengujian tarik suatu bahan dapat diketahui dengan menggunakan tabel diantaranya AWS 06 setelah dilakukan pengujian kekerasan. Pengujian tarik pada sambungan las dinyatakan berhasil apabila putusnya material tidak pada bagian sambungan las. Ini berarti bahwa kekuatan sambungan las lebih tinggi dari kekuatan material dasar. Apabila pada pengujian tarik putusnya material terjadi pada sambungan las berarti kekuatan tarik sambungan las lebih rendah daripada kekuatan tarik material dasar.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Kualitas hasil pengelasan sangat tergantung kepada kualitas welder (pengetahuan dan pengalaman welder dibidang material dan las), material yang dilas, pemilihan jenis las yang digunakan, pemilihan elektroda las, metode dan cara pengelasan. Hasil pengujian metallografi didapatkan bahwa struktur mikro dari logam las maupun daerah HAZ terdiri dari ferrit dan perlit. Pada daerah HAZ terjadi perbesaran butir yang mengakibatkan kekerasannya menurun. Pada daerah las terdapat cacat las berupa incomplete fusion. Nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada pengelasan menggunakan elektroda LB 52 dan hasil pengujian tarik sangat dipengaruhi oleh adanya cacat las. Hasil kekerasan untuk pengelasan menggunakan elektroda LB 52 mempunyai nilai lebih tinggi dari pada elektroda RB 26 maupun RD 260.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yassyir Maulana (2016). *Analisis Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan Smaw*, Jurnal Teknik Mesin UNISKA Vol. 02 No. 01.
- [2] Badaruddin Anwar (2018). *Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) Kampuh V Ganda pada Baja Karbon Rendah ST37*, Teknologi, Vol. 17 No. 3.
- [3] Saputra, Hendi and Syarief, Akhmad (2014). *Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam, 3 (2). pp. 91-98. ISSN 2338-2236.
- [4] R. R. Aminuddin, A. W. Budi Santosa, and H. Yudo (2020). *Analisa Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Kekuatan Puntir Baja ST 37 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Tempering*, Jurnal Teknik Perkapalan, vol. 8, no. 3, pp. 368-374.
- [5] Gus Gianto, Mulyanef Suryadimal (2021). *Pengaruh Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon St 37 Menggunakan Shield Metal Arc Welding*. Diploma thesis, UNIVERSITAS BUNG HATTA.
- [6] Khurmi, R.S & Gupta, J.K (2001). *Machine Design*. Ram Nagar, New Delhi: Eurasia Publising House (Pvt) LTD.
- [7] Akhmad Herman Yuwono, Dr. Ir. M. Phil. Eng (2009). *Panduan uji merusak*. Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [8] Hesti Istiqlaliyah, Am. Mufarrih, (2016). *Analisa pengaruh variasi kuat arus, media pendingin, dan merk elektroda terhadap kekuatan tarik dan distorsi sudut sambungan baja st 37*, Jurnal Teknik Mesin Indonesia, Vol. 11 No. 1.
- [9] H. S. Rahajo (2012). *Variasi arus Listrik Terhadap Sifat Mekanis Sambungan Las Shilding Metal Arc Welding (SMAW)*, Jurnal Fakultas Teknik.
- [10] Asosiasi Pengelasan Indonesia (2011). *Welding and Joining Technologies*. Jakarta.
- [11] The American Society of Mechanical Engineering (1998). *Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators*. New York.
- [12] Budisantosa, Setyo & Supriyanto, Daud (2011). *Symbol for Joining and Inspection*. Serpong: B2TKS-BPPT.
- [13] Made Angga Priadi, I Nyoman Pasek Nugraha, Gede Widayana (2017) *The Effect of Cooling Media Toward The Hardness And Micro Structure That Result Oxy Acetylene Welding Of Steel St-37 Material*. Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin (JJPTM), Vol: 8 No: 2.