

Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Sambungan Las Baja ST 37 Dengan Menggunakan Variasi Elektroda

Deddy Hermanto, I D.G Ary Subagia, I Nyoman Budiarsa
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Normen*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Dalam proses penyambungan ini adakalanya disertai dengan tekanan dan material tambahan (*filler material*). Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik dan kekerasan vickers. Elektroda yang digunakan tipe E 6013 dan E 7016, jarak pengisi logam las 2mm dengan sudut 60. Proses pengelasan pada material ST 37 dengan posisi horisontal dan arus konstan 120A. Sebagai evaluasi dari sambungan las digunakan Non Destructive Testing (NDT), NDT yang digunakan adalah NDT Radiografi dan Ultrasonik. Pada jenis elektroda E 6013 nilai kekuatan tarik lebih tinggi dengan nilai kekuatan tariknya yaitu $\sigma_u=38,166 \text{ kg/mm}^2$ sedangkan untuk jenis elektroda E 7016 nilai kekuatan tariknya $\sigma_u=37,514 \text{ kg/mm}^2$ selisih nilai kekuatan tarik sebesar $0,652 \text{ kg/mm}^2$. Dari grafik nilai kekerasan vickers pada base metal dan HAZ sama yaitu VHN rata-rata = 1,9 untuk setiap sambungan las pada jenis elektroda E 6013 dan E 7016. Nilai kekerasan vickers pada logam las memiliki nilai terbesar, untuk jenis elektroda E 6013 yaitu VHN rata-rata = 2,2 sedangkan untuk jenis elektroda E 7016 yaitu VHN rata-rata = 2,3. Untuk evaluasi hasil las dengan menggunakan NDT menunjukkan bahwa pada NDT radiografi menunjukkan cacat yang terjadi pada material. Sedangkan pada NDT ultrasonik tidak menunjukkan cacat yang terjadi karena cacat pada NDT radiografi masih masuk dalam standart. Hasil uji metalografi pada patahan spesimen uji memperlihatkan material ferrite dan pada spesimen patahan uji tarik memperlihatkan patahan ductile.

Kata Kunci : Pengelasan, kekuatan tarik, kekerasan, NDT, cacat

Abstract

Definition of welding according to DIN (*Deutsche Industrie Normen*) is a metallurgical bond at the junction of the metal or metal alloy that is carried out in the molten or liquid state. In other words, the weld is the local connection of several metal rods by using heat energy. In this connection process is sometimes accompanied by pressure and additional material (*filler material*). This experiment is tensile test and hardness vickers. Electrodes used type E 6013 and E 7016, a distance of 2 mm weld filler metal with an angle of 60. The welding process in ST 37 material with a horizontal position and a constant current of 120 A. As an evaluation of welded joints used Non Destructive Testing (NDT), NDT is used NDT Radiography and Ultrasonic. On the type of electrode E 6013 value higher tensile strength with its strength values are $\sigma_u = 38.166 \text{ kg/mm}^2$ while for the type of electrode E 7016 the value of its strength $\sigma_u = 37.514 \text{ kg/mm}^2$ tensile strength increment of 0.652 kg/mm^2 . Vickers hardness value of the graph in base metal and HAZ same that VHN average = 1.9 for each weld joints on the type of electrode E 6013 and E 7016. vickers hardness value in the weld metal has the greatest value, for this type of electrode E 6013 is VHN mean = 2.2, while for the type of electrode E 7016 is VHN average = 2.3. For the evaluation of welds using NDT shows that in NDT radiography showed defects that occur in the material. While the NDT ultrasonic does not indicate defects that occur due to defects in the radiographic NDT is still included in the standard. Metallographic test results in the fracture test specimens showed ferrite material and the tensile test specimens fracture showed ductile fracture.

Keyword: Welding, tensile strength, hardness, NDT, defects

1. Pendahuluan

Teknologi pengelasan dengan elektroda terbungkus dipergunakan secara luas dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan karena bangunan dan mesin yang dibuat dengan mempergunakan teknik penyambungan ini menjadi lebih ringan dan proses pembuatannya juga lebih sederhana, sehingga biaya keseluruhannya menjadi lebih murah. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, dan lain sebagainya. (Wiriyosumarto, 1988)

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Normen*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Dalam proses penyambungan ini adakalanya disertai dengan tekanan dan material tambahan (*filler material*).

Material logam yang dapat disambung dengan teknik las diantaranya yaitu baja, logam paduan, logam coran dan lain-lain. Salah satu material yang banyak dipakai dalam pengelasan adalah baja, ada beberapa jenis baja yang dipakai salah satunya baja

karbon rendah. Pada penelitian ini material yang dipakai baja karbon rendah tipe ST 37. Selain harga material ini murah, baja ST 37 banyak digunakan pada konstruksi baja, rangka jembatan, tiang transmisi dan menara air. Oleh karena itu peneliti ingin meneliti kekuatan tarik dan kekerasan hasil sambungan las dengan baja ST 37 dengan variasi elektroda E 6013 dan E 7016.

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

1. Bagaimana kekuatan tarik hasil pengelasan dengan elektroda E 6013 dan E 7016?
2. Bagaimana kekerasan hasil pengelasan pada elektroda E 6013 dan E 7016?
3. Bagaimana struktur pada patahan uji tarik hasil pengelasan dengan elektroda E 6013 dan E 7016?
4. Bagaimana kualitas pengelasan dengan menggunakan NDT ultrasonik dan radiografi?

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

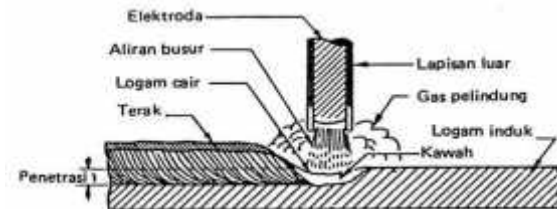
1. Pembuatan spesimen setiap variasi elektrodadilakukan sebanyak 5kali.
2. Suhu disekitar daerah pengelasan dianggap sama dengan suhu ruang dan konstan.
3. Selama pengelasan diameter elektroda, arus dan tegangan konstan.
4. Elektroda yang digunakan E 6013 dan E 7016.
5. Pengelasan dilakukan dari atas kebawah dengan arah melingkar.
6. Posisi pengelasan horisontal dengan sudut 10 - 25 .
7. Pengujian kekerasan yang dilakukan adalah uji vickers.
8. Uji metalografi padapatahan material pengujian tarik.
9. Spesimen uji tanpa perlakuan mekanis maupun kimia.

2. Dasar teori

2.1 Las Busur Listrik

Las merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menyambung dua bagian logam menjadi satu bagian yang kuat dengan memanfaatkan energi panas. Pada alas busur nyala listrik ini, panas diambil dari arus listrik yang mengalir diantara dua logam. Energi panas disalurkan pada ujung-ujung bagian logam yang akan disambung hingga bagian tersebut meleleh. Pada saat yang sama bahan tambah (yang juga berada dalam kondisi meleleh) ditambahkan ke dalam lelehan kedua bagian logam yang akan disambung. Bahan tambah beserta kedua bagian logam yang dilelehkan berpadu membentuk ikatan metalurgi sehingga setelah dingin membeku dan dihasilkan ikatan sambungan yang kuat. Selama di dalam proses pengelasan terjadi peleburan dan perpaduan antara bahan tambah dan kedua bagian

logam yang akan disambung, kekuatan sambungan yang dihasilkan proses pengelasan sama dengan kekuatan bahan dasar logam yang disambung. Las busur nyala listrik merupakan metode pengelasan yang memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber panas. Arus listrik yang cukup tinggi dimanfaatkan untuk menciptakan busur nyala listrik (*Arc*) sehingga dihasilkan suhu pengelasan yang tinggi, mencapai 4000C.



Gambar 1. Pelelehan elektroda

Sumber: mechanicalsains.blogspot.com

2.2 Elektroda

Pada dasarnya bila ditinjau dari logam yang dilas kawat elektroda dibedakan menjadi lima, yaitu : baja lunak, baja karbon tinggi, baja paduan, besi tuang dan logam *non ferro*. Karena *filler metal* harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam induk, maka sekaligus ini berarti bahwa tiada elektroda yang dapat dipakai untuk semua jenis dari pengelasan. Elektroda terbungkus sudah banyak yang distandarkan penggunaannya pada tabel.

Tabel 1. Spesifikasi Elektroda dari Baja Lunak (AWS A5.1-64T) Harsono W. 1988

Kualifikasi AWS-ASTM	Jenis Fluka	Posisi Pengelasan	Jenis Listrik	Kekuatan Tarik (MPa)	Kekuatan Lelah (MPa)	Perpanjangan (%)
E6010	Rigit Cellulose	F,V,O,H,H	DC PolarsitasBa lik	310	430	27
E6013	Rigit Tyanita	F,V,O,H,H	AC/DC PolarsitasGa ntil	310	430	25
E6019	Dimeksi	F,V,O,H,H	AC/DC PolarsitasGa ntil	480	410	32
E7016	Low Hydrogen	F,V,O,H,H	AC/DC PolarsitasBa lik	370	500	32
E7018	Iron Powder Low Hydrogen	F,V,O,H,H	AC/DC PolarsitasBa lik	560	500	31
E7024	Iron Powder Tyanita	B,S,F	AC/DC PolarsitasGa ntil	340	480	29

Tabel 2. Hubungan Diameter Elektroda dengan Arus Pengelasan (Howard B.C,1998)

Diameter Elektroda (mm)	Arus (Ampere)
2.5	60-90
2.6	60-90
3.2	80-130
4.0	130-190
5.0	180-250

3. Metode Penelitian

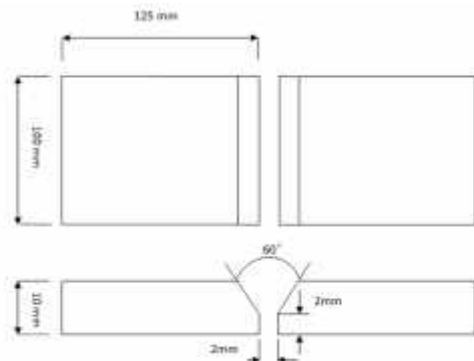
Penelitian dilakukan di Lab. Metalurgi Jurusan Metalurgi ITS dan Lab. Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Udayana. Waktu Penelitian dilaksanakan selama 5 bulan.

Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan Baja ST 37, jenis elektroda E 6013 dan E 7016. Adapun komposisi dan ukuran spesimen las sebagai berikut.

Tabel 3. Komposisi Baja ST 37

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	89,310	S	0,015
Mn	0,375	Co	0,007
C	0,218	Nb	0,006
Si	0,055	Cu	Max. 0,008
W	0,016	Sn	Max. 0,005
Ni	0,008	Al	Max. 0,002
Cr	0,001	V	Max. 0,001
P	0,017	-	-



Gambar 1. Spesimen Las

Tabel 4. Komposisi Elektroda

Elektroda	C	Si	Mn	P	S
E 6013	0,08	0,30	0,37	0,012	0,010
E 7016	0,08	0,60	0,94	0,011	0,006

Alat Uji

- Uji tarik
- Uji kekerasan Vickers
- NDT ultrasonik
- NDT radiografi
- Mikroskop

Metode Analisa Data

Pengujian Tarik

- Tegangan Tarik : $\sigma = \frac{F}{A_0}$(1)
- Regangan : $= \frac{\Delta l}{L_0} \times 100\%$(2)
- Modulus Elastisitas : $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$(3)

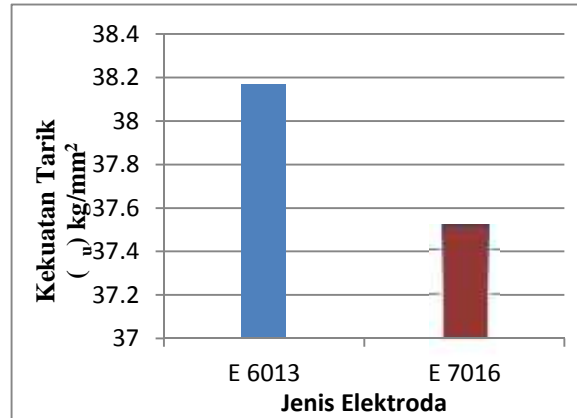
Kekerasan Vickers

• $VHN = \frac{2P \sin(\frac{\theta}{2})}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2}$(4)

5. Hasil dan Pembahasan

4.1 Uji Tarik

Data hasil uji tarik dituliskan dalam bentuk graik sebagai berikut.

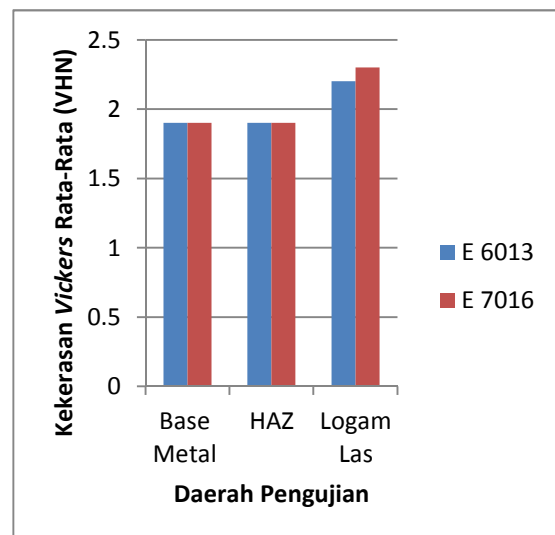


Gambar 2. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik

Pada jenis elektroda E 6013 nilai kekuatan tarik lebih tinggi dari pada jenis elektroda E 7016. Ini disebabkan oleh nilai beban maksimal yang diterima sambungan las jenis elektroda E 6013 lebih besar yaitu dengan rata-rata nilai $P_{maks} = 7633,3$ kg. Sedangkan nilai jenis elektroda E 7016 nilai rata-rata $P_{maks} = 7502,8$ kg. Sehingga jika dibagi dengan luas penampang menghasilkan nilai kekuatan tarik, untuk E 6013 nilai kekuatan tariknya $\sigma_u = 38,166$ kg/mm² sedangkan untuk jenis elektroda E 7016 nilai kekuatan tariknya $\sigma_u = 37,514$ kg/mm². Nilai kekutan tarik jenis elektroda E 6013 lebih besar dari pada jenis elektroda E 7016 dengan selisih nilai kekuatan tarik sebesar 0,652 kg/mm².

4.2 Uji Kekerasan Vickers

Data hasil uji kekerasan vickers dituliskan dalam bentuk graik sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kekerasan Vickers Rata-Rata

Dari grafik nilai kekerasan vickers pada base metal dan HAZ sama yaitu VHN rata-rata = 1,9 untuk setiap sambungan las pada jenis elektroda E

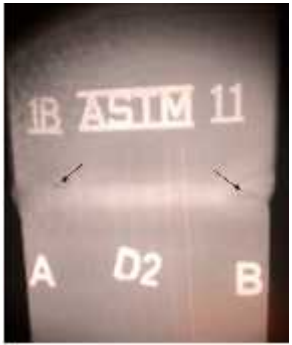

6013 dan E 7016. Nilai kekerasan *vickers* pada logam las memiliki nilai terbesar, untuk jenis elektroda E 6013 yaitu VHN rata-rata = 2,2 sedangkan untuk jenis elektroda E 7016 yaitu VHN rata-rata = 2,3. Nilai kekerasan jenis elektroda E 7016 lebih besar dari pada jenis elektroda E 6013 dengan selisih 0,1. Perbedaan nilai VHN rata-rata pada logam las disebabkan dari spesifikasi dari jenis elektroda.

4.3 Pengujian NDT (Non Destructive Testing)

Pengujian NDT Radiografi dan Ultrasonik dilakukan setelah proses pengelasan untuk mengevaluasi hasil proses pengelasan. Cacat terbesar pada masing-masing jenis elektroda sebagai berikut.

4.3.1 NDT Radiografi

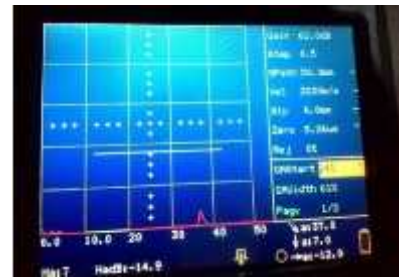
Tabel. 5. Gambar Hasil Uji NDT Radiografi

Kode Spesimen	Gambar	Keterangan
D2		Pada spesimen D2 ada cacat yang terjadi pada B terlihat garis hitam. Cacat ini berjenis IP atau penetrasi tidak sempurna
E3		Pada Spesimen E3 terjadi cacat pada ujung material. Cacat ini berjenis porositas.

4.3.2 NDT Ultrasonik



Gambar 4. Indikasi layar spesimen D2 Elektroda E 6013



Gambar 5. Indikasi layar spesimen E3 Elektroda E 7016

Dari gambar 4 dan 5 hasil NDT Ultrasonik menunjukkan tidak terjadi cacat dilihat dari gelombang pada layar alat NDT ultrasonik. Karena untuk pengujian ultrasonik cacat lasan yang terjadi pada pengujian radiografi sangat kecil.

4.4 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro

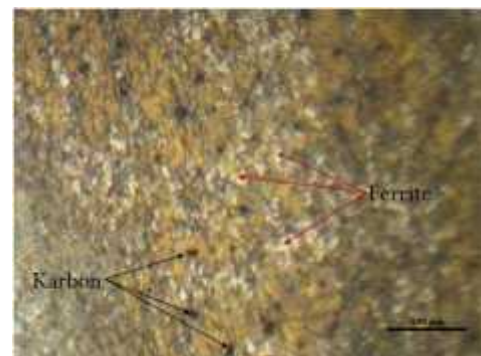
Pengujian struktur mikro dilakukan dengan mengambil dua spesimen dari setiap variasi pada patahan spesimen uji tarik.

4.4.1 Hasil Uji Struktur Mikro Patahan Pada Pengelasan Dengan Elektroda E 6013



Gambar 6. Material patahan uji tarik dengan elektroda E 6013

Pada gambar 6 menunjukkan material uji patah pada material induk, sedangkan sambungan las lebih kuat. Dari patahan uji tarik terlihat ada pengecilan dimensi pada ujung patahan, material ini bersifat *ductile* dilihat dari pengecilan dimensi dari ujung patahan spesimen uji tarik.



Gambar 7. Mikrostruktur patahan uji tarik yang dihaluskan pada sambungan elektroda E 6013

Pada gambar 7 terlihat titik hitam dan yang titik putih. Untuk titik hitam disebut karbon dan

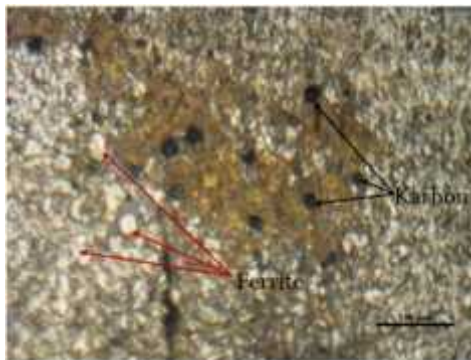
yang titik putih *ferrite*. Dari gambar diatas *ferrite* lebih dominan sebab pada baja karbon rendah unsur karbon lebih sedikit dari pada unsur besi.

4.4.2 Hasil Uji Struktur Mikro Patahan Pada Pengelasan Dengan Elektroda E 7016



Gambar 8. Material patahan uji tarik dengan elektroda E 7016

Pada gambar 8 menunjukkan material uji patah pada material induk, sedangkan sambungan las lebih kuat. Dari patahan uji tarik terlihat ada pengecilan dimensi pada ujung patahan, material ini bersifat *ductile* dilihat dari pengecilan dimensi dari ujung patahan spesimen uji tarik.



Gambar 9. Mikrostruktur patahan uji tarik yang dihaluskan pada sambungan elektroda E 7016

Pada gambar 9 terlihat titik hitam dan yang titik putih. Untuk titik hitam disebut karbon dan yang titik putih *ferrite*. Dari gambar diatas *ferrite* lebih dominan sebab pada baja karbon rendah unsur karbon lebih sedikit dari pada unsur besi.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Pada jenis elektroda E 6013 nilai kekuatan tarik lebih tinggi dari pada jenis elektroda E 7016. Nilai kekuatan untuk E 6013 yaitu $\sigma_u=38,166 \text{ kg/mm}^2$ sedangkan untuk jenis elektroda E 7016 nilai kekuatan tariknya $\sigma_u=37,514 \text{ kg/mm}^2$. Nilai kekuatan tarik jenis elektroda E 6013 lebih besar dari pada jenis elektroda E 7016 dengan selisih nilai kekuatan tarik sebesar $0,652 \text{ kg/mm}^2$. Pada jenis elektroda E 6013 nilai modulus elastisitasnya lebih tinggi dari pada jenis elektroda E 7016. Dari grafik nilai kekerasan *vickers* pada base metal dan HAZ sama yaitu VHN rata-rata = 1,9 untuk setiap sambungan las pada jenis elektroda E 6013 dan E 7016. Nilai kekerasan *vickers* pada logam las

memiliki nilai terbesar , untuk jenis elektroda E 6013 yaitu VHN rata-rata = 2,2 sedangkan untuk jenis elektroda E 7016 yaitu VHN rata-rata = 2,3.

Untuk evaluasi hasil las dengan menggunakan NDT menunjukkan bahwa pada NDT radiografi menunjukkan cacat yang terjadi pada material. Sedangkan pada NDT ultrasonik tidak menunjukkan cacat yang terjadi karena cacat pada NDT radiografi masih masuk dalam standart. Pada gambar struktur material terlihat titik hitam yang menunjukkan karbon dan titik berwarna putih yaitu *ferrite* yang lebih banyak. Karena baja karbon rendah unsur karbon sedikit dari pada unsur besi. Untuk gambar struktur material pada patahan uji tarik menunjukkan material bersifat *ductile* karena patahan yang terlihat rendah dan tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Dieter, G., terjemahan oleh Sriati Djaprie, *Metalurgi Mekanik*, Jilid 1, edisi ketiga, Erlangga, Jakarta, 1987.
- [2] Howard B.C., *Modern Welding Technology*. 4nd edition, Prentice Hall, New Jersey, 1998.
- [3] Pribadi, Y. Siswanto, E. Soenoko, R. *Pengaruh Posisi Pengelasan dan Jenis Elektroda Temper Bead Welding Terhadap Ketangguhan Hasil Las SMAW Pada Baja SS 41*. Penerbit Universitas Brawijaya. Malang
- [4] Imam P. J.S, Sarjito. *Analisis Kekuatan Sambungan Las Smaw (Shielded Metal ARC Welding) Pada Marine Plate ST 42 Akibat Faktor Cacat Porosita dan Incomplete Penetrasion*. Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang, 2008.
- [5] Rusianto & Sigit., *Pengaruh Temperatur Pemanasan Terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan pada Chromizing Baja Karbon Rendah*, Jurnal Teknologi Industri, Vol.VI No,2 April 2002.
- [6] Saripuddin M. Umar Lauw D. 2013. *Pengaruh Pengelasan Terhadap Kekuatan, Kekerasan dan Struktur Mikro Baja ST 42*. Penerbit ILTEK. Makassar.
- [7] Sanhiarsa, I.G. Budiarsa, I.NY. 2008. *Pengaruh posisi pengelasan dan Gerakan Elektroda Terhadap Kekerasan Hasil Las Baja JIS SSC 41*. penerbit Cakram. Denpasar

- [8] Wiryosumarto, H. Toshie, O., *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan ke-4, Penerbit Pradnya Paramitha, Jakarta, 1988.

- [9] mechanicalsains.blogspot.com (Diakses tanggal : 19 Oktober 2016)