

## PENGARUH MASUKAN PANAS (*HEAT INPUT*) TERHADAP KETANGGUHAN IMPAK SAMBUNGAN LAS TIG Al-13,5Si

**Wijoyo**

Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Surakarta  
Email: joyowi@yahoo.co.id

**Bayu Indriyanto**

Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Surakarta  
Email: bayu.indriyanto1993@gmail.com

### ABSTRAK

Sambungan las masih menjadi pilihan utama pada bidangomotif. Hal ini dikarenakan kendaraan menjadi ringan, murah dan cepat dalam proses pengerjaannya. Kekuatan las sangat dipengaruhi oleh komposisi dan sifat logam induk maupun logam pengisi, proses pengelasan, pemanasan serta adanya tegangan sisa. Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh masukan panas (*heat input*) terhadap ketangguhan impak sambungan las TIG Al-13,5Si. Penelitian menggunakan bahan Al-13,5Si dan logam pengisi ER5356, dengan variasi masukan panas (*heat input*) berturut-turut adalah 2970 J/mm, 3300 J/mm dan 3630 J/mm. Pengujian ketangguhan impak dengan menggunakan mesin uji impak charpy, serta didukung dengan foto makro penampang patahan uji impaknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada masukan panas (*heat input*) 3300 J/mm, ketangguhan impak las lebih tinggi dibandingkan dengan ketangguhan impak pada masukan panas (*heat input*) 2970 J/mm dan 3630 J/mm. Hasil foto makro penampang patahan uji impak pada masukan panas (*heat input*) 3300 J/mm, menunjukkan bentuk patahan lebih didominasi oleh patahan ulet yang ditandai dengan steriasi.

**Kata kunci:** *heat input*, TIG, ketangguhan, Al-Si.

### ABSTRACT

*Weld joint is still the main choice in the automotive field. This is because the vehicle to be lighter, cheaper and faster in the working process. Weld strength is strongly influenced by the composition and properties of the raw material and filler, welding process, the heating and the presence of residual stresses. The purpose of this study was to investigate the effect of heat input of the TIG welded joints impact toughness Al-13,5Si. Research using Al-13,5Si materials and filler ER5356, with variations in heat input in a row is 2970 J/mm, 3300 J/mm and 3630 J/mm. Impact toughness testing using the Charpy impact test machine, and supported by a cross-fault macro photo impact test. The results showed that the heat input 3300 J/mm, weld impact toughness higher than the impact toughness in the heat input 2970 J/mm and 3630 J/mm. The results of the macro image cross-sectional fracture impact test on the heat input 3300 J/mm, shows the fracture is more dominated by ductile fracture characterized by steriasi.*

**Keywords:** *heat input*, TIG, toughness, Al-Si.

### 1. PENDAHULUAN

Sambungan las banyak digunakan dengan pertimbangan bahwa konstruksi ringan, murah dan pengerjaan cepat. Perancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta keadaan disekitarnya [1]. Komposisi dan sifat logam yang dilas, komposisi dan sifat logam pengisi (elektroda), proses pengelasan, daerah pemanasan langsung, daerah yang terkena pengaruh panas serta adanya tegangan sisa pada daerah las sangat berpengaruh terhadap kekuatan sambungan las.

Proses pengelasan adalah proses penyambungan dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Energi panas pada pengelasan tersebut akan menimbulkan terjadinya siklus termal. Adanya siklus termal tersebut akan mengakibatkan terjadinya tegangan sisa, distorsi serta laju pendinginan pada logam las dan daerah sekitarnya. Struktur mikro logam las yang terjadi sangat dipengaruhi oleh laju pendinginan dan komposisi kimia bahan (logam induk dan elektroda). Pada akhirnya tegangan sisa dan

struktur mikro logam las tersebut akan mempengaruhi sifat mekanis dari logam lasan, terutama terjadinya penurunan sifat fatik [2].

*Heat input* sangat berpengaruh terhadap struktur mikro logam las. Hal ini terjadi disebabkan oleh kuat arus yang besar akan meningkatkan masukan panas, sehingga memperlambat laju pendinginan. Peningkatan *heat input* meningkatkan jumlah prosentase *ferrite acicular* dan ketangguhan sambungan las [3]. *Preheat* pada proses pengelasan mempengaruhi struktur mikro hasil pengelasan, yaitu terbentuk struktur mikro berupa *ferrite* batas butir. Kekuatan impact optimum pada suhu transisi -15°, dengan energi serap sebesar 125 Joule pada *preheat* 100°C sambungan las GTAW baja A283C [4].

Ketangguhan impact HAZ pada baja HQ130 menurun dengan masukan panas las (*heat input*) dari 9,2 kJ/cm ke 26,4 kJ/cm. Sedangkan waktu pendinginan ( $t_{8/5}$ ) antara 10-20 detik pada masukan panas (*heat input*) antara 13,1-18,6 kJ/cm meningkatkan ketangguhan impact HAZ hasil pengelasan GMAW baja HQ130 [5].

Penelitian yang dilakukan [6] bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia paduan aluminium, struktur mikro, tingkat kekerasan dan kekuatan impact sebelum dan sesudah dilakukan pengelasan dengan metode pengelasan MIG pada *cast wheel* aluminium menggunakan elektroda ER 5356, memperoleh hasil sebagai berikut. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa *cast wheel* aluminium mengandung unsur Al 91,36%, Si 7,38% dan Fe 0,803% serta Cu dan Mg sekitar 0,05%. Dari hasil uji struktur mikro menunjukkan bahwa struktur butiran Al pada daerah HAZ menyatu dengan aluminium primer ( $\alpha$ -Al) dan butiran Si membentuk paduan Si primer diantara  $\alpha$ -Al. Hasil uji kekerasan spesimen pada *raw material* adalah sebesar 57,56 kgf/mm<sup>2</sup>, pada daerah las sebesar 44,20 kgf/mm<sup>2</sup> dan daerah HAZ sebesar 37,73 kgf/mm<sup>2</sup>. Hasil uji impact pada *raw material* adalah sebesar 0,118 Joule/mm<sup>2</sup>, sedangkan daerah las adalah sebesar 0,067 Joule/mm<sup>2</sup>.

Nilai kekerasan tertinggi hasil pengelasan oksidasi asetilin sebesar 54,80 BHN pada daerah lasan dan 38,69 BHN pada daerah HAZ. Nilai kekerasan terendah pada hasil pengelasan MIG yaitu sebesar 44,18 BHN pada daerah lasan dan hasil las TIG yaitu sebesar 30,47 BHN pada daerah HAZ. Dari ketiga proses pengelasan yang dilakukan diperoleh hasil bahwa nilai kekuatan impact tertinggi yaitu hasil pengelasan TIG dengan kekuatan impact rata-ratanya sebesar 0,114 Joule/mm<sup>2</sup>. Kekuatan impact terendah yaitu hasil pengelasan oksidasi asetilin dengan kekuatan impact rata-rata sebesar 0,085 Joule/mm<sup>2</sup> [7].

Penelitian tentang kekuatan sambungan las Aluminium seri 1100 terhadap variasi kuat arus listrik pada proses las *metal inert gas* (MIG) pernah dilakukan. Spesimen uji menggunakan standar ASTM E 8. Variasi kuat arus yang dipakai adalah 150 A, 165 A, 180 A, 195 A dan 210 A, dengan tegangan konstan 24 V dan kecepatan konstan 25 inci/menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa; kuat arus listrik mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik sambungan las Aluminium seri 1100 dengan proses las MIG; pola hubungan yang paling mendekati antara kuat arus dengan kekuatan tarik sambungan las Aluminium seri 1100 dengan proses las MIG adalah model hubungan polinomial orde 2; kekuatan sambungan las tertinggi diperoleh pada pengelasan dengan menggunakan kuat arus 180 Ampere, dengan kekuatan sambungan las yang dihasilkan sebesar 11,900 kgf/mm<sup>2</sup> [8].

Pengelasan TIG dengan kuat arus 100 A, 125 A dan 150 A berdasarkan variasi sudut kampuh dengan kuat arus 100 A sudut kampuh 90° mempunyai tegangan tarik rata-rata lebih baik dibandingkan sudut kampuh 80° dan 70°. Tegangan tarik yang dihasilkan untuk sudut kampuh 70° adalah sebesar 78.85 MPa, sudut kampuh 80° sebesar 96.82 MPa dan sudut kampuh 90° adalah sebesar 135.04 MPa. Pengujian pada pengelasan TIG untuk paduan Al-Mg 5083, faktor kuat arus sangat mempengaruhi hasil lasan (kekuatan tarik). Kuat arus 100 A dapat menghasilkan kekuatan las yang lebih baik dibandingkan 125 A dan 150 A. Secara umum penampakan struktur makro pada setiap variasi arus pengelasan dan sudut kampuh memiliki bentuk butir yang sama, pengamatan dilakukan pada bagian tengah dan tepi pada patahan Al-Mg 5083 hasil pengujian tarik dengan pembesaran 50x [9].

Kuat arus pengelasan sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik dan struktur mikro paduan aluminium AA-5083. Pengelasan dari tiga arus las yang digunakan adalah 70 A, 75 A dan 80 A. Kuat arus 75 A mempunyai hasil pengelasan yang optimal baik dari struktur mikro dan sifat mekaniknya [10].

Masukan panas (*heat input*) adalah besarnya energi panas tiap satuan panjang las ketika sumber panas bergerak. Besarnya masukan panas (*heat input*) pada proses pengelasan dapat dihitung dengan persamaan (1) berikut [11]:

$$q = \frac{\eta EI}{v} \quad (1)$$

dengan : q = masukan panas (*heat input*) (J/mm), v = kecepatan pengelasan (mm/s),  $\eta$  = efisiensi, E = potensial listrik (volt) dan I = arus listrik (*ampere*)

Proses pembekuan logam cair sangat sensitif terhadap kecepatan pendinginan. Pada umumnya waktu pendinginan (*cooling time*) antara temperatur 800°C - 500°C dipakai sebagai acuan pada

pengelasan baja karbon rendah, karena pada interval suhu tersebut terjadi transformasi fasa dari *austenite* menjadi *ferrite* atau *bainite* yang dipengaruhi oleh kecepatan pendinginannya. Struktur mikro baja yang terbentuk selama pendinginan antara temperatur 800°C – 500°C ( $\Delta t_{8/5}$ ) ditentukan oleh laju pendinginan.

Waktu pendinginan dapat dihitung dari persamaan (2) berikut [11]:

$$\Delta t_{8/5} = \frac{q/v}{2\pi k} \left[ \frac{1}{500 - T_0} - \frac{1}{800 - T_0} \right] \quad (2)$$

dengan :  $\Delta t_{8/5}$  = waktu pendinginan antara temperatur 800°C - 500°C (s), k = konduktifitas panas (J/mms<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>) dan T<sub>0</sub> = suhu awal (°C)

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh masukan panas (*heat input*) terhadap ketangguhan impact sambungan las TIG Al-13,5Si.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Bahan

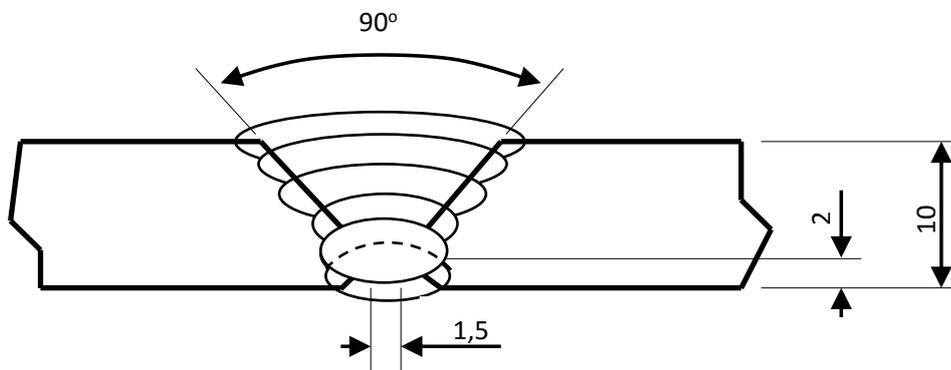
Bahan material yang digunakan adalah Aluminium Silicon (Al-13,5Si). Sedangkan *filler* yang digunakan adalah 5356. Tabel 1, menunjukkan komposisi material yang digunakan dalam penelitian ini.

**Tabel 1. Komposisi kimia material induk logam las dan filler 5356**

Unsur Material	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Be
Material Induk	Balance	13,5	0,202	0,147	<0,020	<0,050	<0,015	0,14	0,000
Filler ER5356	Balance	<0,25	<0,40	<0,01	0,05-0,20	4,5-5,5	0,05-0,20	<0,10	<0,0008
Unsur Material	Ti	Sn	Pb	Ca	V	Zr	Ni	Sr	
Material Induk	<0,010	0,0715	<0,060	0,005	<0,010	<0,006	<0,020	0,0384 0	
Filler ER5356	0,06-0,20	.	.	.	.	.	.	.	

### 2.2 Proses Pengelasan

Pengelasan menggunakan pelat Aluminium AL-13,5Si dan *filler* 5356. Pengelasan TIG dilakukan dengan variasi masukan panas (*heat input*) berturut-turut adalah 2970 J/mm, 3300 J/mm dan 3630 J/mm, mesin las TIG AC frekuensi tinggi (ACHF) dengan polarisasi bolak-balik, debit gas argon 2,5 sampai 5 ltr/menit. Tebal pelat yang digunakan adalah 10 mm, alur las dibuat bentuk V ganda dengan sudut 90° dan las *multirun* seperti terlihat pada Gambar 1. Dimensi plat adalah 300 mm x 100 mm x 10 mm.



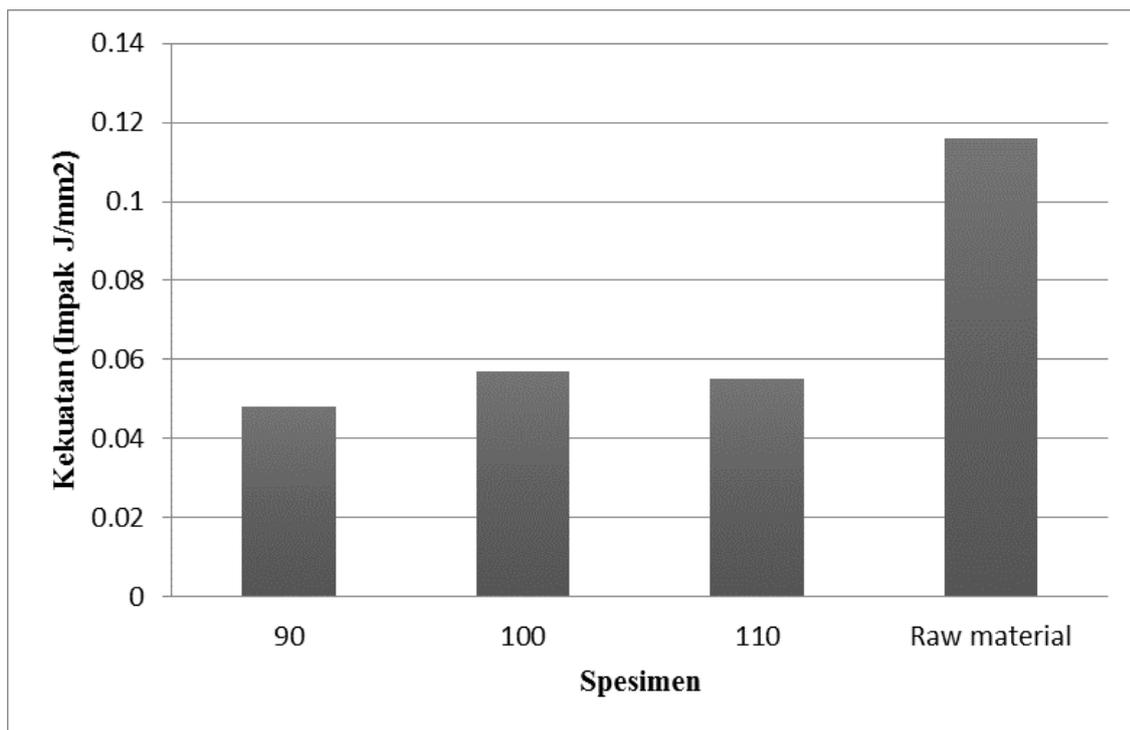
**Gambar 1. Bentuk Alur Las**

### 2.3 Pengujian

Pengujian ketangguhan impak menggunakan mesin uji impak charpy. Pengamatan penampang patahan uji impak pada masing-masing hasil las dengan variasi masukan panas (*heat input*) juga dilakukan untuk mendukung hasil uji ketangguhan impak.

## 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian ketangguhan impak dilakukan pada daerah las dan logam induk. Hasil pengujian ketangguhan impak dapat dilihat pada Gambar 2, yang menunjukkan bahwa ketangguhan impak logam las mengalami penurunan yang cukup signifikan dibandingkan dengan logam induknya. Penelitian ini hanya terfokus pada daerah las, sehingga pembahasan mengenai pengujian ketangguhan impak hanya pada daerah las saja.



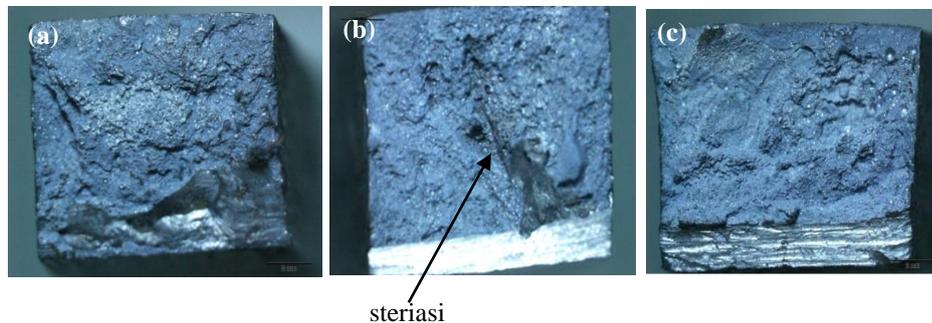
**Gambar 2. Hubungan Kuat Arus Pengelasan Dengan Nilai Ketangguhan Impak**

Dari Gambar 2, diperoleh nilai ketangguhan impak paling tinggi terjadi pada masukan panas (*heat input*) pengelasan 3300 J/mm, yaitu mencapai 0,057 J/mm<sup>2</sup>. Sedangkan ketangguhan impak pada logam induk (*raw material*) memiliki ketangguhan impak sebesar 0,116 J/mm<sup>2</sup>. Hal ini berarti ketangguhan impak logam induk (*raw material*) lebih tinggi dari ketangguhan impak logam las pada setiap variasi masukan panas (*heat input*). Hasil ini sejalan dengan [3], [4] dan [5], bahwa peningkatan arus listrik akan meningkatkan *heat input* pada pengelasan yang berdampak pada memperlambat laju pendinginan dan peningkatan kekuatan sambungan las, tetapi ketangguhannya menjadi turun, selain itu akibat adanya pemanasan dan pendinginan yang mendadak pada proses pengelasan mengakibatkan rusaknya struktur mikro di sekitar logam las. Begitu juga dengan [6], [7], [8], [9] dan [10], bahwa proses pengelasan mengakibatkan terjadinya penurunan sifat mekanik logam hasil las khususnya ketangguhan impak dari logam induknya. Sedangkan masukan panas (*heat input*) berpengaruh terhadap laju pendinginan pada proses pengelasan yang sangat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik logam las.

Hasil di atas menunjukkan bahwa pada pengelasan TIG untuk paduan Al-13,5Si, faktor masukan panas (*heat input*) sangat mempengaruhi hasil lasan, dalam hal ini adalah ketangguhan impaknya. Masukan panas (*heat input*) 3300 J/mm menghasilkan kekuatan las yang lebih baik daripada masukan panas (*heat input*) 2970 J/mm dan 3630 J/mm.

Foto makro penampang patahan hasil uji impak juga menguatkan hasil pengujian ketangguhan impak yang dilakukan. Hasil penampang patahan pada logam las dengan masukan panas (*heat input*) 3300 J/mm, menunjukkan adanya steriasi-steriasi yang lebih dominan dibandingkan dengan patahan logam las pada masukan panas (*heat input*) 2970 J/mm dan 3630 J/mm. Bentuk penampang patahan

dengan steriasi adalah menunjukkan bahwa patahan yang terjadi adalah patah ulet. Sedangkan bentuk patahan yang cenderung datar tanpa adanya steriasi menunjukkan terjadinya patah adalah patah getas. Ketangguhan impak dapat digunakan untuk mengetahui sifat material tersebut berkaitan dengan keuletan dan kekuatannya. Ketangguhan yang tinggi berarti material tersebut selain ulet juga kuat, begitu juga sebaliknya. Foto makro penampang patahan hasil uji impak dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



**Gambar 3. Foto Makro Penampang Patahan Hasil Uji Impak Pada Variasi Masukan Panas (*Heat Input*) Las :**

(a) 2970 J/mm, (b) 3300 J/mm, (c) 3630 J/mm

#### 4. KESIMPULAN

- 1) Masukan panas (*heat input*) pada pengelasan sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik logam las khususnya ketangguhan impaknya.
- 2) Bentuk penampang patahan juga dapat digunakan untuk mengenali suatu material tersebut patah ulet atau patah getas.
- 3) Sifat-sifat mekanis yang lain hasil pengelasan pada variasi masukan panas (*heat input*) sangat mungkin dipengaruhi oleh ketangguhan impak dan bentuk penampang patahan dari hasil lasan tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wiryosumarto, H. dan Okumura, T. 1996. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradya Paramita.
- [2] Radaj, D. 1992. *Heat effects of Welding: Temperature Field, Residual Stress, Distortion*. Berlin: Springer-Verlag.
- [3] Subekti, N. 2005. "Pengaruh Heat Input Terhadap Ketangguhan dan Struktur Mikro Pada Pengelasan Busur Terendam Pipa Spiral". *Simetris* 4. 10-18.
- [4] Sembiring, A.S.F. et al. 2005. "Pengaruh Preheat Terhadap Struktur Mikro dan Ketangguhan Impak Sambungan Las GTAW Pada Pengelasan Baja A283C". *Simetri* 4. 1-9.
- [5] Juang, W., et al. 2003. "Effect of Weld Heat Input on Toughness and Structure of HAZ of a New Super-high Strength Steel". *Indian Academy of Sciences* 26. 3, 301-305.
- [6] Andoko, Awi., dkk., 2012. "Analisis Struktur Hasil *Repair Welding* Tentang Sifat Fisik Dan Mekanik Pada *Cast Wheel* Aluminium Dengan Metode Pengelasan MIG". Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [7] Kusmanto., dkk., 2013. "Studi Tentang Kualitas Hasil *Repair Welding* Pada *Cast Wheels* Aluminium Dengan Metode Pengelasan Oksi Asetilin, TIG Dan MIG Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis". Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [8] Muku, I Dewa Made Krishna. 2009. "Kekuatan Sambungan Las Aluminium Seri 1100 dengan Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG)". Tugas Akhir, Universitas Udayana, Bali.
- [9] Aljufri. 2008. "Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Tunggal Dan Kuat Arus Pada Sambungan Logam Aluminium-Mg 5083 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan TIG". Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [10] Mayur S., dkk., 201). "Effect of Welding Current on the Mechanical and Structural Properties of TIG Welded Aluminium Alloy AA-5083". *International Journal of Mechanical Engineering and Research*, 3. 5, 431-438.

[11] Kou, S. 1987. *Welding Metallurgy*. New York: John Willey, Sons, Inc.