

**STUDI KUALITAS REPAIR WELDING  
MENGUNAKAN METODE OXY-ACETYLENE DENGAN PWHT  
PADA CAST WHEEL ALUMINIUM**

**Irman Azis Wilopo, Budi Harjanto, Yuyun Estriyanto.**

Prodi. Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, FKIP, UNS

Kampus UNS Pabelan JL. Ahmad Yani 200, Surakarta, Tlp/Fax 0271 718419

Email : iwelove@yahoo.co.id

**ABSTRACT**

*The purposes of this research are: (1) To determine the chemical composition and aluminum alloy standard codification of cast wheel aluminum. (2) To determine the microstructure before and after welding with oxy - acetylene welding method with PWHT on the cast aluminum wheel. (3) To determine the level of hardness and level of impact strength before and after welding with oxy - acetylene welding method with PWHT on the cast wheel aluminum. The research was conducted in the laboratory INLASTEK Surakarta. The Object in this research used are aluminium cast wheels. Techniques of data analysis in this research using descriptive data analysis that is directly observed experimental results and then analyzed and summing up the results of the research. As an input parameter in analyzing the data include:the testing of chemical composition, microstructure, hardness and impact. From the research, we can conclude that the chemical composition on aluminium cast wheel including Aluminium Silicon alloy, because the element Si alloy is the largest with 4.61% Si. Microstructure on base metal granules the spread equally on the surface of Al. Specimen hardness value of raw material is higher than oxy-acetylene welding specimens. The average value of raw material hardness results 42.69 BHN while the average value of oxy-acetylene welding results 34.34 BHN. Average hardness oxy-acetylene welding specimens in the HAZ area 31.81 BHN. The average value of raw material impact results 0,092 J/mm<sup>2</sup> while the average value of oxy-acetylene welding results 0,078 J/mm<sup>2</sup>. Post-weld heat treatment (PWHT) was effect on the mechanical properties and microstructural that characterized by nearly changes in the microstructure between the weld region, HAZ , and base material after PWHT process .*

**Keywords:** *oxy-acetylene welding, aluminium aloys, cast wheels aluminium, PWHT, physical and mechanical properties.*

**PENDAHULUAN**

Banyaknya kendaraan bermotor dan alat transportasi yang diproduksi di Indonesia, semakin banyak pula jumlah *spare part* yang diproduksi sebagai pengganti komponen kendaraan yang sudah rusak atau tidak layak digunakan.

Pabrik maupun industri manufaktur selalu memproduksi *spare part* cadangan sebagai pengganti komponen-komponen pada kendaraan yang mudah terjadi kerusakan.

Dunia industri otomotif dewasa ini banyak menggunakan material aluminium sebagai bahan utama dalam

proses produksi komponen-komponen otomotif salah satunya adalah velg. Velg merupakan salah satu komponen penyusun dari kendaraan bermotor yang berfungsi sebagai roda. Velg kendaraan roda empat pada umumnya dapat dibagi menjadi dua yaitu velg aluminium dan velg besi.

Setiap velg kendaraan pada umumnya memiliki risiko kerusakan baik penyok, retak, bahkan pecah. Tiap - tiap velg memiliki kapasitas beban yang berbeda-beda. Kapasitas beban velg yang lebih kecil dari pada bobot mobil akan membahayakan sebab sewaktu-waktu velg bisa pecah saat dalam perjalanan.

Jika velg mengalami kerusakan, biasanya pemilik mobil cenderung mengganti velg tersebut dengan velg mobil baru atau velg mobil bekas yang masih layak pakai. Akan tetapi karena dengan perbaikan dinilai lebih murah, masih banyak pemilik kendaraan yang memilih untuk melakukan perbaikan. Banyak bengkel perbaikan velg dengan pengelasan yang dapat dijumpai di berbagai daerah yang sebenarnya bukan merupakan bengkel resmi yang direkomendasikan.

Perbaikan velg dengan cara pengelasan tentunya tidak dapat mencapai kualitas yang sama dengan velg baru. Perlakuan *PWHT* terhadap velg setelah pengelasan menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas velg hasil pengelasan.

*Post Weld Heat Treatment (PWHT)* merupakan salah satu proses *heat treatment* yang tujuan utamanya untuk menghilangkan tegangan sisa pada hasil *welding*. Material akan mengalami perubahan struktur karena proses pemanasan dan pendinginan. Struktur yang tidak homogen inilah yang menyebabkan tegangan sisa pada material pasca pengelasan (*welding*).

## **KAJIAN PUSTAKA**

### ***Repair Welding***

*Repair welding* merupakan perbaikan dengan menggunakan teknik *welder* (pengelasan). Tujuan dari *repair welding* adalah memperbaiki bentuk suatu konstruksi yang mengalami kerusakan agar menjadi bentuk yang seperti bentuk asalnya dan memiliki fungsi yang sama sebagai mana logam dasarnya.

### **Kualitas Sifat Fisik dan Mekanik**

Kualitas sifat bahan teknik dibedakan menjadi dua yaitu sifat fisik dan sifat mekanik. Sifat fisik merupakan sifat yang menunjukkan keadaan fisik suatu benda atau unsur tanpa dipengaruhi beban atau gaya. Sifat mekanik merupakan sifat dari suatu benda yang berkaitan dengan kemampuan benda tersebut dalam menerima beban atau gaya berat.

### ***Cast Wheel Aluminium dan Paduan Aluminium (Aluminium Alloy)***

*Cast wheel* adalah salah satu produk hasil pengecoran logam yang berbentuk silinder atau bulat, adapun yang dimaksud *wheel* dalam hal ini adalah *wheel* pada kendaraan atau biasa disebut velg atau roda. *Cast wheel* aluminium merupakan velg mobil yang proses pembuatannya menggunakan proses *die casting*.

Pada *cast-aluminium alloy*, angka pertama menunjukkan jenis komposisi utama paduan. Angka kedua dan ketiga menunjukkan nomor seri dari paduan tersebut. Angka keempat di belakang decimal menunjukkan bentuk produk, dimana 0 adalah spesifikasi coran, 1 adalah spesifikasi ingot, dan 2 adalah spesifikasi ingot yang lebih spesifik.

### **Pengelasan *Oxy-acetylene***

Las *oxy-acetylene* adalah proses pengelasan secara manual dengan memanaskan permukaan yang akan dilas atau disambung sampai mencair dengan percampuran 2 jenis gas sebagai pembentuk nyala api dan sumber panas dengan atau tanpa logam pengisi, dimana proses penyambungan tanpa penekanan. Dalam proses las *oxy-acetylene*, gas yang digunakan adalah campuran dari gas oksigen ( $O_2$ ) dengan gas asetilin ( $C_2H_2$ ) sebagai gas bahan bakar.



Gambar 1. Las *Oxy-acetylene*

### **Perlakuan *PWHT***

*Post Weld Heat Treatment (PWHT)* merupakan salah satu proses *heat treatment* yang tujuan utamanya untuk menghilangkan tegangan sisa pada hasil pengelasan. Material akan mengalami perubahan struktur karena proses pemanasan dan pendinginan. Struktur yang tidak homogen inilah yang menyebabkan tegangan sisa pada material pasca pengelasan (*welding*). Dampak dari tegangan sisa ini material akan menjadi lebih keras akan tetapi ketangguhannya kecil. Ini tentu sifat yang tidak diharapkan. Oleh sebab itu, material harus dikembalikan ke sifat semula dengan cara pemanasan dengan suhu dan tempo waktu (*holding time*) tertentu.

### **Uji Komposisi**

Pengujian komposisi berfungsi untuk mengetahui seberapa besar atau seberapa banyak jumlah kandungan unsur kimia yang terdapat pada suatu logam, baik logam *ferro* maupun logam *non-ferro*. *Spectrometer Metal Scan* adalah suatu tipe mikroskop elektron yang menggambarkan permukaan sampel melalui proses scan dengan menggunakan pancaran energi yang tinggi dari elektron dalam suatu pola *scan raster*.

### **Uji Struktur Mikro (Metalografi)**

Struktur bahan dalam orde kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang sering disebut struktur mikro. Alat untuk mengamati struktur mikro diantaranya mikroskop cahaya, mikroskop metalografi, mikroskop *electron*, mikroskop *field on*, mikroskop *field emission* dan mikroskop *sinar-X*. Manfaat dari pengamatan struktur mikro adalah untuk mempelajari hubungan antara sifat-sifat bahan dengan struktur dan cacat pada bahan serta memperkirakan sifat bahan jika hubungan tersebut sudah diketahui.

### **Uji Kekerasan**

Kekerasan adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

### **Uji Impak**

Dasar pengujian impak ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga

benda uji mengalami deformasi. Secara umum metode pengujian impak terdiri dari dua jenis, yaitu metode *charpy* dan metode *izod*.

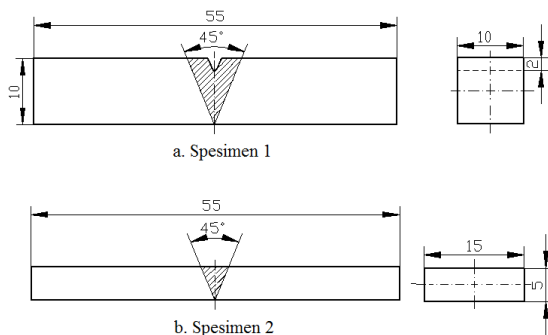
### METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *cast wheel* aluminium original pada mobil Honda Civic Ferio.



Gambar 2. *Cast wheel* Honda Civic Ferio

Proses pengelasan dilakukan pada *cast wheel* aluminium dengan membuat kampuh V sebelum dilakukan pengelasan



Gambar 3. Spesimen uji pengelasan

Pengelasan dilakukan dengan las OAW menggunakan *filler* ER5356 diameter 2 mm, tekanan kerja *oxygen* 0,5 bar dan gas *acetylene* 0,5 bar dengan nyala api karburasi. Kecepatan pengelasan 8-10 cm/menit. Arah pengelasan ke arah kanan dengan posisi pengelasan dibawah tangan posisi datar.

Proses *PWHT* dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Proses *solution heat treatment*, yaitu memanaskan spesimen pada temperatur 510° C dengan waktu

tahan 10 jam menggunakan oven pemanas listrik. ( ASM vol.4 )

- b. Proses *quenching*, yaitu mendinginkan dengan cepat spesimen yang telah dipanaskan. Media yang digunakan untuk *quenching* adalah air dengan temperatur 65-100° C selama 10 – 20 detik. ( ASM vol.4 )
- c. Proses *natural aging*, yaitu dibiarkan selama 24 jam dengan suhu kamar.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Analisis Hasil Uji Komposisi Kimia (*Spectrometri*)

Pengujian komposisi kimia ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan unsur penyusun material *cast wheel* aluminium. Pengujian ini dilakukan dengan menembakkan gas argon pada spesimen, sehingga hasilnya akan terbaca oleh komputer. Alat yang digunakan adalah *Spectrometer Metal Scan* di Politeknik Manufacture Ceper, Klaten. Pengujian ini dilakukan pada spesimen *raw material* dan hasil pengelasan *cast wheel* aluminium. Hasil pengujian komposisi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Komposisi Kimia *Cast Wheel Aluminium*.

No	Unsur	Jumlah (%)	
		<i>Raw Material</i>	Las <i>oxy-acetylene</i>
1	Al	94,93	90,76
2	Si	4,61	6,74
3	Fe	<0,0500	1,01
4	Cu	<0,0500	0,409
5	Mn	<0,0200	0,275
6	Mg	0,101	0,106
7	Cr	0,0736	0,0917
8	Ni	<0,0200	0,0214
9	Zn	<0,0100	0,409

10	Sn	<0,0500	<0,0500
11	Ti	0,0336	0,0142
12	Pb	<0,0300	<0,0300
13	Be	<0,0001	<0,0001
14	Ca	0.0067	0,0078
15	Sr	0,0080	<0,0005
16	V	<0,0100	0,0825
17	Zr	<0,0030	<0,0030

Jenis aluminium ini merupakan aluminium seri AA4643 menurut standar AA (*Aluminium Association*) dengan komposisi seperti pada tabel berikut.

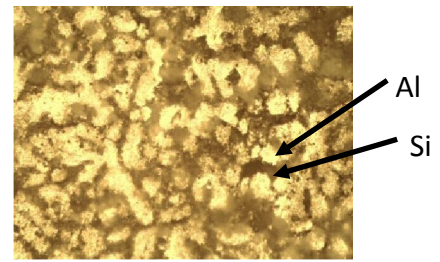
Tabel 3. Komposisi Kimia *Aluminium Alloy* seri AA.4643

Component Elements Properties	Metric (%)	English (%)
Aluminum, Al	93.7 - 96.93	93.7 - 96.93
Beryllium	<= 0.0080	<= 0.0080
Copper, Cu	<= 0.10	<= 0.10
Iron, Fe	<= 0.80	<= 0.80
Magnesium, Mg	0.1 – 0.3	0.1 – 0.3
Manganese, Mn	<= 0.05	<= 0.05
Other, each	<= 0.05	<= 0.05
Other, total	<= 0.15	<= 0.15
Silicon, Si	3.6 – 4.6	3.6 – 4.6
Titanium, Ti	<= 0.15	<= 0.15
Zinc, Zn	<= 0.10	<= 0.10

(Sumber: [www.matweb.com](http://www.matweb.com))

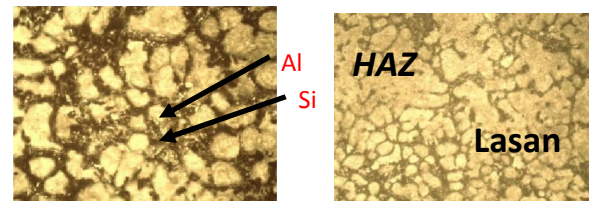
## 2. Analisis Hasil Uji Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan pengamatan pada spesimen uji dengan mikroskop optik setelah spesimen uji dietsa dengan HF, HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>O selama 5-10 detik dengan perbesaran 200x pada permukaan *cast wheel* aluminium dengan pengambilan gambar pada lima titik yaitu, pada bagian *raw material*, antara *raw material* dan *HAZ*, daerah *HAZ*, antara *HAZ* dan las dan daerah las.



Gambar 3. Struktur Mikro Logam Dasar (*Raw material*) 200x

Struktur mikro pada *raw material* dapat dilihat pada Gambar 3. unsur Si tersebar merata pada permukaan Aluminium dan pengaruh penyebaran ini menyebabkan kekerasan permukaan logam lebih tinggi.

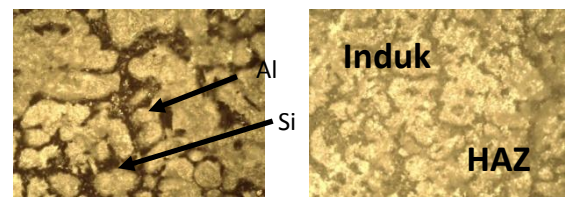


(1) Lasan 200x

(2) Lasan dan HAZ 100x

Gambar 2. Foto Struktur Mikro Bagian Lasan dan *HAZ* dengan perbesaran 200x dan 100x.

Daerah logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. terdiri dari komponen logam induk dan bahan tambah dari elektroda.



(1) HAZ 200x

(2) HAZ dan Induk 100x

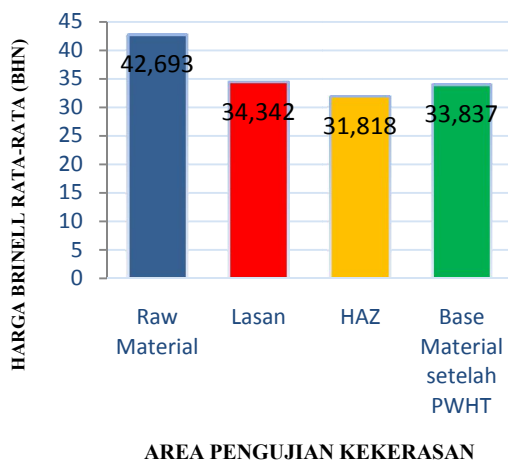
Gambar 4. Foto Struktur Mikro Bagian *HAZ* dan logam induk dengan perbesaran 200x dan 100x.

## 3. Analisis Hasil Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan dengan pengujian *brinell*. Data uji kekerasan

diperoleh dari penekanan indentor berbentuk bola dengan diameter 2,5 mm pada alat uji ke spesimen *cast wheel* aluminium. Spesimen uji mengalami penekanan dengan beban 62,5 kg dalam waktu 12 detik sehingga menghasilkan diameter injakan indentor tersebut.

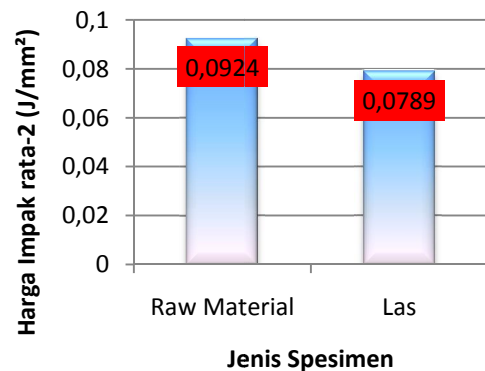
Spesimen uji mengalami penurunan kekerasan setelah mengalami perlakuan *PWHT*. *Cast wheel* aluminium yang dilakukan uji menurut standar AA (*Aluminium Association*) jenis aluminium ini merupakan aluminium seri AA4643. Jenis paduan aluminium ini merupakan jenis paduan aluminium yang tidak memiliki kemampuan *heat-treatable* sehingga perlakuan *PWHT* yang dilakukan pada spesimen uji tidak dapat meningkatkan kualitas dari spesimen uji tersebut.



Gambar 5. Histogram Nilai Rata-rata Hasil Uji Kekerasan *Brinell*

### Analisis Hasil Uji Impak

Pengujian impak ini menunjukkan data berupa sudut kenaikan pendulum ( $\alpha$ ) setelah menabrak spesimen, adapun data tersebut ditunjukkan pada histogram berikut.



Gambar 6. Histogram Nilai Kekuatan Impak.

Tegangan sisa pada daerah lasan dan *HAZ* dapat berkurang karena pengaruh dari perlakuan *PWHT* sehingga kekuatan impak spesimen las tidak jauh berbeda daripada kekuatan impak pada *raw material*. Kekuatan impak hasil pengelasan mencapai 85% dibandingkan dengan kekuatan impak pada *raw material*.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian analisis kualitas hasil *repair welding* pada *cast wheel* aluminium dengan metode pengelasan *oxy-acetylene* dengan perlakuan *PWHT* yang dilakukan menggunakan elektroda ER5356, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. *Cast wheel* aluminium pada mobil Honda Civic Ferio yang digunakan dalam penelitian ini memiliki komposisi utama Al, Si, dan Mg, sehingga dapat disimpulkan bahwa *cast wheel* tersebut terbuat dari bahan aluminium *cast alloy* jenis AA.4643 yang memiliki karakteristik *non heat-treatable*, kekuatan dan keuletan yang sedang namun tahan aus dan tahan terhadap korosi serta memiliki sifat mampu cor yang baik.
2. Bagian logam induk, *HAZ* dan daerah las pada material hasil pengelasan *oxy-acetylene* terlihat berupa butiran unsur

Si yang bertebaran pada matrik Al yang berbeda. Pada daerah logam induk butiran Si lebih kecil dan tersebar merata pada Al. Pada daerah lasan butiran Si lebih besar dan tersebar tidak merata pada Al. Sedangkan pada daerah HAZ butiran Si lebih besar dan tersebar tidak merata pada Al.

3. Pengaruh perlakuan *PWHT* pada spesimen hasil las membuat struktur Si lebih menyebar sehingga struktur mikro pada logam induk, HAZ, dan daerah lasan menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Hal tersebut terlihat dari gambar mikro dimana batas daerah antara logam induk, HAZ, maupun daerah lasan tidak terlihat jelas.
4. Tingkat kekerasan pada *raw material* adalah 42,69 kgf/mm<sup>2</sup> dan pada daerah las memiliki tingkat kekerasan 34,34 kgf/mm<sup>2</sup>, sedangkan pada daerah HAZ memiliki tingkat kekerasan 31,81 kgf/mm<sup>2</sup>, dan pada daerah logam induk setelah perlakuan *PWHT* memiliki tingkat kekerasan 33,83 kgf/mm<sup>2</sup>.
5. Tingkat kekuatan impak pada *raw material* sebesar 0,092 Joule/mm<sup>2</sup> sedangkan hasil pengelasan adalah 0,079 Joule/mm<sup>2</sup>.

## SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian berikutnya dengan penggunaan elektroda yang memiliki komposisi yang mendekati *cast wheel aluminium*, dengan tujuan mengetahui dan memperoleh sifat mekanik hasil *repair welding* yang lebih baik.
2. *Repair welding* pada *cast wheel aluminium* dengan bahan aluminium *cast alloy* jenis AA.4643 menggunakan elektroda ER5356 memiliki kekuatan yang lebih rendah dari pada *raw material*, sehingga tidak dianjurkan. *material*, sehingga tidak dianjurkan.

3. Pendinginan yang diterapkan sebaiknya tidak menggunakan *quenching* karena dapat menurunkan kekerasan yang diakibatkan oleh penyebaran Si yang tidak merata.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, F. (2010). Thesis : *Perlakuan Panas Paduan Al-Si pada Prototipe Piston Berbasis Material Piston Bekas*. Universitas Diponegoro.
- Ambiyar., Arwizet., Erizon, N., Purwantono., Pinat, T. (2008). *Teknik Pembentukan Pelat Jilid 3*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Apelian, D. (2009). *Aluminum Cast Alloys: Enabling Tools for Improved Performance*. North American Die Casting Association.
- ASM International (2012), *Aluminium and Aluminium Alloy*.
- ASME (2001). *ASME Code for Pressure Piping B31.1*.
- Atmaja, G.R. (2011). *Analisis Sifat Mekanik Penambahan Unsur Cu pada Coran Alumunium*. Universitas Hasanuddin.
- Automotive Aluminum Alloys and Applications*. (2008). Diakses 5 Maret 2013, dari [http://www.aluminum.org/Content\\_bk100511/NavigationMenu/-TheIndustry/TransportationMarket/AutoTruck/Old/AutomotiveAluminu-mAl.htm](http://www.aluminum.org/Content_bk100511/NavigationMenu/-TheIndustry/TransportationMarket/AutoTruck/Old/AutomotiveAluminu-mAl.htm).

- AWS (2006). *Structural Welding Code—Steel D1.1/D1.1*.
- Budiarsa, I. N. (2008). *Pengaruh Besar Arus Pengelasan dan Kecepatan Volume Alir Gas pada Proses Las GMAW Terhadap Ketangguhan Aluminium 5083*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram, 2 (2), 112-116.
- Daryanto. (2012). *Teknik Las*. Bandung: Alfabeta.
- Djarmiko, R.D. (2008). *Teori Pengelasan Logam*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Duniawan, A. & Ilman, M.N. (2012). *Pengaruh PWHT Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Tak Sejenis Austenitic Stainless Steel dan Baja Karbon*. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Yogyakarta.
- George, Y. Liu. (2009). *Effect of Ageing Heat Treatment on the Hardness and Tensile Properties of Aluminum A356.2 Casting Alloy*. McMaster University.
- Krishnaa, P. Murali. & Ramanaiahb, N. (2012) *Effect of Post-Weld Heat Treatment on the Mechanical Properties of Friction Stir Welds, of Dissimilar Aluminum Alloys*. International Journal of Engineering Science and Technology.
- Suhariyanto. (2003). *Perbaikan Sifat Mekanik Paduan Aluminium (A356.0) dengan Menambahkan TiC*. Jurnal Teknik Mesin, 3 (1), 20-24.
- Sunaryo, H. (2008). *Teknik Pengelasan Kapal Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Suratman, M. (2011). *Teknik Mengelas Asetilin, Brazing, dan Las Busur Listrik*. Bandung: Pustaka Grafika.
- Surono, B. & Novri, M. (2011). *Perubahan Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Al-Mg-Si Akibat Variasi Temperatur Pemanasan*. Bina Teknika, 7 (2), 93-105.
- Wibowo, H. (2011). *Pengujian Las Merusak (DT)*. Fakultas Teknik : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Widharto, S. (2007). *Menuju Juru Las Tingkat Dunia*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Wirjosumarto, H., Okumura, T. (2004). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.