



# NOZEL

## Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



### **KUALITAS REPAIR WELDING MENGGUNAKAN METODE PENGELASAN TIG DENGAN PERLAKUAN PREHEATING DAN POST WELD HEAT TREATMENT PADA CAST WHEEL ALUMINIUM**

**Dewi Rima Ratri Siwi<sup>1</sup>, Budi Harjanto<sup>1</sup>, Nyenyep Sriwardani<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Sebelas Maret, Surakarta  
E-mail : [dewirima26.dr@gmail.com](mailto:dewirima26.dr@gmail.com)

#### **Abstract**

*The Purpose of this research are to know chemical composition, find micro structure, find impact strength, find specimen's hardness level on alluminium cast wheel before and after Tungsten Inert Gas welding. The specimen on this research is aluminum cast wheel or aluminum velg. The data analysis on this research is a comparative descriptive method, that the observation result is analyzed by description. And then compare the observation result between the data before TIG welding or before conducted preheating and PWHT. The parameter of analyze data are included: the testing of chemical composition, microstructure, hardness and impact. Based on the result of this research, it can be concluded that the cast wheel material is aluminum type cast alloy AA.445.2 which has non-heat treatable characteristic. The research results show that the microstructure of Al grain in the HAZ region fused with primary aluminum ( $\alpha$ -Al) and grain Si alloy formed between the primary  $\alpha$ -Al. The impact strength value on the welded specimen is higher than impact strength value before welding those are 0.0616 J/mm<sup>2</sup> and 0.0384 J/mm<sup>2</sup>. Hardness level on the specimen before welding processes is 103,381 VHN. The number is higher than after on the welding area, the hardness level is lower too that is 44,051 VHN, whereas the hardness level an the HAZ is a 37,943 VHN and 35,465 VHN on the base material.*

**Keywords:** TIG Welding, Repair Welding, Cast Wheel, Preheating, PWHT

#### **A. PENDAHULUAN**

Semakin meningkatnya pemakaian kendaraan bermotor dalam kehidupan sehari-hari, maka terjadi peningkatan pula kerusakan pada kendaraan. Oleh sebab itu, pencarian solusi yang dilakukan industri otomotif dalam

mengatasi permasalahan tersebut yakni dengan memproduksi *spare part* yang dibutuhkan dengan kualitas tinggi, awet dan murah. *Spare part* kendaraan yang ada saat ini sebagian besar terbuat dari bahan logam. Namun yang banyak digunakan untuk *spare part* adalah aluminium. Salah satunya

adalah dalam pembuatan *cast wheel* atau velg.

Dalam kendaraan bermotor *cast wheel* memiliki fungsi yang sangat penting yaitu menumpu roda kendaraan. Sehingga jika terjadi kerusakan pada *cast wheel* harus segera diatasi, jika kerusakan yang terjadi hanya retak maka masih dapat diatasi dengan cara pengelasan. Hal tersebut memungkinkan jika kekuatan hasil pengelasan mendekati kekuatan *cast wheel* utuh. Upaya untuk meningkatkan hasil pengelasan salah satunya dapat dilakukan dengan penerapan perlakuan panas.

Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui komposisi kimia, struktur mikro, nilai kekerasan, kekuatan impak yang terjadi sebelum dan sesudah dilakukan pengelasan pada *cast wheel* aluminium dengan metode pengelasan *TIG* menggunakan perlakuan *preheating* dan *Post Weld Heat Treatment (PWHT)*.

Perbaikan yang dilakukan dengan menggunakan teknik pengelasan yang bertujuan memperbaiki bentuk konstruksi yang terjadi kerusakan untuk dikembalikan seperti semula bentuk, fungsi dan tetap mempertahankan sifat logam dasarnya disebut *Repair Welding*.

Proses *repair* dapat terjadi pada material yang mengalami pengerjaan ulang

akibat kesalahan di lapangan (Prasetyo, 2010: 2).

Menurut Wiryosumarto (Prasetyo, 2010) las merupakan beberapa batang logam yang disambungkan dengan memanfaatkan energi panas.

Proses pengelasan *TIG/GTAW* terjadi dengan busur nyala listrik ditimbulkan pada benda kerja logam yang dilakukan oleh elektroda *tungsten*. Dengan melakukan proses pengelasan *TIG*, akan diperoleh kualitas hasil pengelasan yang lebih baik dan jenis ini cocok untuk pengelasan pada pelat tipis maupun tebal (Dadang, 2013: 6). Salah satunya pengelasan pada aluminium.

Paduan aluminium dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu *wrought aluminium alloy* dan *cast aluminium alloy*. Standarisasi paduan aluminium dalam beberapa Negara di dunia digunakan untuk menggolongkan logam aluminium berdasarkan komposisi kimia. Komposisi utama penomoran dengan kode 4 angka, (xxxx) merupakan jenis *wrought aluminium* dan (xxx.x) merupakan *cast alloy* berdasarkan standar *Aluminium Association (AA)*.

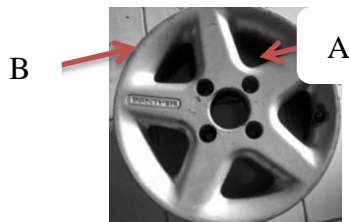
Pada dasarnya paduan aluminium adalah logam yang bersifat *non heat-treatable*, dikarenakan aluminium murni merupakan logam *non heat-treatable*. Oleh

sebab itu, untuk meningkatkan kekuatannya diperlukannya menambahkan unsur lain.

## B. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan suatu metode yang dilakukan dengan mencari hubungan sebab-akibat melalui pengkajian suatu kelompok yang telah diberi perlakuan dengan kelompok yang belum diberikan perlakuan.

Populasi menggunakan *cast wheel* aluminium, dan untuk sampel penelitiannya ditunjukkan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. *Cast Wheel* Aluminium  
Keterangan Gambar :

- a) Sampel untuk uji impact
- b) Sampel untuk pengujian komposisi kimia, kekerasan dan struktur mikro

Spesimen penelitian ini menggunakan ukuran yang sama antara spesimen sebelum dan setelah pengelasan yang digunakan sebagai uji impact, uji komposisi kimia, uji struktur mikro, dan kekerasan.

Dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif

komparatif. Data yang diperoleh dari penelitian dianalisis dengan cara mendeskripsikan hasil pengamatan kekuatan spesimen dari penelitian yang telah dilakukan. kemudian membandingkan hasil pengamatan antara kedua spesimen.

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melakukan pengujian pada *cast wheel* aluminium yang tujuan untuk mengetahui komposisi kimia, struktur mikro, kekerasan dan kekuatan impact dengan pengamatan sebelum dan sesudah dilakukan pengelasan dengan perlakuan *preheating* dan *PWHT*. Data komposisi kimia diperoleh melalui uji *spectrometri*, data struktur mikro diperoleh melalui pengujian metalografi, nilai kekerasan diperoleh melalui pengujian kekerasan *Vicker* dan nilai pengujian kekuatan impact diperoleh melalui pengujian impact *Charpy*.

### Uji Komposisi Kimia

Dengan analisa uji komposisi kimia dapat diketahui kandungan unsur kimia pada *cast wheel* sebelum dan sesudah dilakukan pengelasan dengan perlakuan *preheating* dan *PWHT*. Dari analisa tersebut dapat diketahui ada tidaknya perbedaan unsur kimia dari kedua spesimen.

Data pengujian komposisi kimia menghasilkan jumlah prosentase unsur

kimia yang terkandung pada spesimen yang diuji.

No	Unsur	Jumlah ( % )	
		Sebelum dilas	Las TIG
1	Al	91,47	94,94
2	Si	7,41	3,42
3	Fe	0,235	0,235
4	Cu	0,155	0,155
5	Mn	<0,0200	0,0427
6	Mg	<0,0500	0,734
7	Cr	<0,0150	0,0120
8	Ni	0,0763	0,0766
9	Zn	0,272	0,272
10	Sn	0,0894	0,0894
11	Ti	0,0559	0,0559
12	Pb	<0,0300	0,0300
13	Be	0,0001	0,0001
14	Ca	0,0091	0,0047
15	Sr	<0,0005	0,0003
16	V	0,0139	0,0143
17	Zr	0,109	0,109

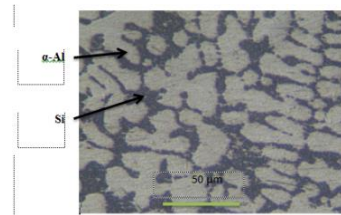
Tabel 1. Hasil Uji Komposisi Kimia (Sumber: Dokumen Pribadi)

Berdasar jumlah berat penyusun utama, *cast wheel* aluminium dikategorikan dalam aluminium jenis cast alloy dengan seri 4xxx.x. Menurut AA (*Aluminium Association*), jenis tersebut tergolong dalam seri AA 445.2 yang memiliki unsur tambahan utama Si antara 6,5% - 7,5 %. Perubahan yang terjadi pada beberapa unsur diatas dapat berasal dari *filler* yang digunakan saat proses pengelasan, yaitu ER 4043.

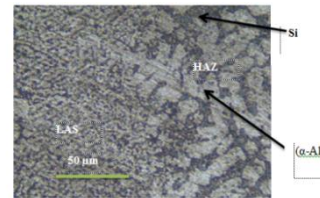
### Uji Struktur Mikro

Pengujian ini dilakukan dengan mengamati permukaan spesimen yang telah dipoles dengan autosol dan dietsa dengan menggunakan *nitrid acid* (HNO<sub>3</sub>) 2,5 ml, HF 1,5 ml. HCl 1,5 ml dan 0,5 ml *aquades* selama 5-10 detik dengan mikroskop *optic* pembesaran 50 dan 100 kali. Pengamatan

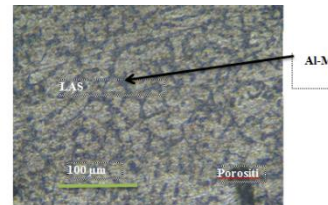
dilakukan pada bagian tanpa las, bagian las, HAZ dan juga pada *base material*.



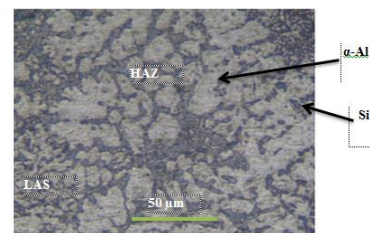
Gambar 2. Struktur Mikro Spesimen Sebelum Pengelasan



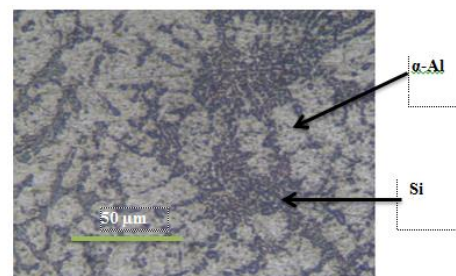
Gambar 3. Struktur Mikro Las-HAZ



Gambar 4. Struktur Mikro Daerah Las



Gambar 5. Struktur HAZ skala mikro



Gambar 6. Struktur Mikro Base Material – HAZ

Hasil pengamatan pada spesimen tanpa las muncul struktur Si dan alumunium ( $\alpha$ -Al). Spesimen yang berwarna terang mengkilap merupakan Alumunium. Spesimen tanpa las terlihat butiran Si yang menyebar mengelilingi alumunium ( $\alpha$ -Al) berwarna abu-abu gelap.

Gambar 2 menunjukkan *cast wheel* alumunium merupakan paduan utama yang terdiri dari alumunium primer ( $\alpha$ -Al) dengan butiran Si dan Al digunakan sebagai matrik yang saling berdekatan.

Gambar 3 terlihat bahwan daerah Las dan HAZ yang berasal dari sebagian unsur Si terjadi difusi melalui celah-celah antara Al-Mg.

Daerah las merupakan daerah yang terkena panas dari proses pengelasan TIG dan mendapat perlakuan *preheating* dan *PWHT* yang kemudian membeku sehingga akan terjadi perubahan struktur mikro. Perubahan struktur mikro pada daerah lasan tersebut dapat dilihat pada gambar 2 dan 4 dimana pada daerah las Mg dan Al berwarna mengkilap dengan struktur yang lebih rapat.

Struktur mikro daerah *HAZ* dan *base material* menunjukkan adanya batasan antara posisi Al dan Si. Daerah tersebut terjadi difusi yang terlihat pada berpindahannya Al menuju Al primer ( $\alpha$ -Al).

Penyebab terjadinya difusi unsur Al dan Si tersebut dipengaruhi oleh besarnya panas pada saat pengelasan.

Adanya perubahan fisik daerah HAZ terjadi pada butiran Si yang menjadi Si primer dapat dimungkinkan berubahnya sifat mekanik yang terjadi pada kekerasan *cast wheel* aluminium.

### Uji Kekuatan Impak

Pengujian impak yang dilakukan dengan menggunakan metode impak tipe *charpy*. Pengujian dilakukan menggunakan beban pendulum sebesar 150 J dan panjang lengan pendulum 83 cm sudut awal sebelum pembebanan ( $\alpha$ ) sebesar  $156^\circ$ . Pengujian dilakukan terhadap pengamatan sebelum dan sesudah dilakukannya pengelasan pada *cast wheel* aluminium.

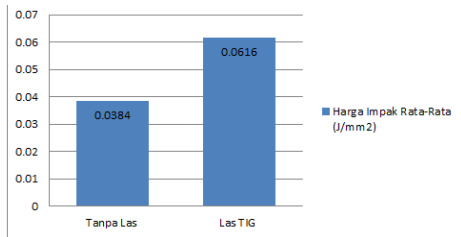
Tabel 2. Besar Sudut Impak ( $\alpha$ ) dan Sudut Kenaikan Pendulum ( $\beta$ )

Pengujian	Besar Sudut $\alpha$ ( $^\circ$ )		Besar Sudut $\beta$ ( $^\circ$ )	
	Tanpa Las	Las TIG	Tanpa Las	Las TIG
Spesimen 1	156	156	151	149
Spesimen 2	156	156	151.5	148
Spesimen 3	156	156	152	147

Berdasar hasil pengujian impak pada tabel 2 maka besarnya energi yang diserap oleh spesimen uji (E) dan harga Impak spesimen (HI) dapat diketahui pada tabel 3.

Tabel 3. Penyerapan Nilai Energi dan Harga Kekuatan Impak

Jenis Spesimen	Usaha (J)	Usaha Rata-Rata (J)	Luas ( $\text{mm}^2$ )	Harga Impak ( $\text{J}/\text{mm}^2$ )	Harga Impak Rata-Rata ( $\text{J}/\text{mm}^2$ )
Tanpa Las 1	3,5	3	80	0,0437	0,0384
Tanpa Las 2	3		80	0,0375	
Tanpa Las 3	2,5		72	0,0347	
Las TIG 1	4	5	80	0,05	0,0616
Las TIG 2	5		84	0,0595	
Las TIG 3	6		78,4	0,0765	



Gambar 7. Uji Impak Sampel

Pada perhitungan harga impak, spesimen tanpa las memiliki harga impak yang lebih kecil daripada harga impak pada *cast wheel* aluminium. Terjadinya perubahan harga impak ini disebabkan adanya perlakuan *PWHT* meskipun pada *cast wheel* aluminium juga menerima perlakuan *preheating*. Karena paduan yang digunakan merupakan paduan *non heat treatable* yang pada dasarnya tidak dapat dilaku panaskan. Paduan tersebut mempunyai sifat kemampuan pengelasan yang baik dengan diikuti perlakuan panas kembali. Perlakuan *PWHT* mengakibatkan terjadinya pelepasan tegangan yang menghilangkan tegangan sisa pada daerah las. Bertambahnya komposisi unsur Mg setelah dilakukannya pengelasan juga mempengaruhi sifat ketangguhan *cast wheel* aluminium sehingga harga impaknya menjadi lebih tinggi jika dibandingkan *cast wheel* sebelum pengelasan.

### Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan dengan metode *vicker*. Beban yang digunakan ketika pengujian sebesar 100 g dengan

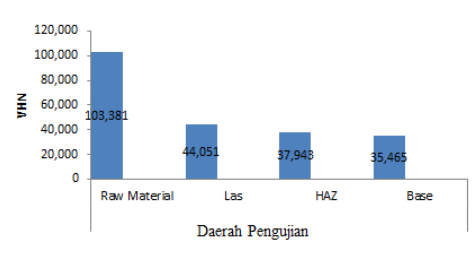
pembesaran 200 kali dan *load time* yang diterapkan adalah 15 s. Pengujian dilakukan di daerah las, *HAZ*, *base material* dan *cast wheel* sebelum pengelasan.

Tabel 4. Diagonal Injakan Indentor (D)

Pengujian	Diagonal Injakan Indentor (D) dalam $\mu\text{m}$							
	Tanpa Las		Daerah Las		HAZ		Base Material	
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>
Pengujian 1	41	42	57,5	63,5	75	74	73	72
Pengujian 2	40	38	68	70	70,5	74	71,5	79
Pengujian 3	45	51	64,5	67,5	65	63,5	68	71

Tabel 5. Nilai Kekerasan

Pengujian	Harga Vicker (VHN)			
	Tanpa Las	Las	HAZ	Base Material
Spesimen 1	107,79	50,652	33,403	35,272
Spesimen 2	121,893	38,941	35,516	32,741
Spesimen 3	80,46	42,561	44,912	38,383
Rata-Rata	103,381	44,051333	37,9436667	35,46533333



Gambar 8. Histogram Nilai Kekerasan

Uraian di atas menunjukkan bahwa tingkat kekerasan pada spesimen *cast wheel* aluminium hasil pengelasan *TIG* yang lebih kecil dari spesimen sebelum pengelasan.

Menurunnya nilai kekerasan pada spesimen hasil pengelasan dikarenakan adanya perubahan struktur mikro, yaitu menurunnya kandungan unsur Si, terlihat lebih sedikit, dan penyebaran yang kurang menyeluruh pada permukaan unsur Al.

Berdasarkan pernyataan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa perlakuan

PWHT yang diberlakukan pada spesimen hasil pengelasan tidak mampu mengembalikan nilai kekerasan pada spesimen mendekati nilai kekerasan dari *cast wheel* utuh..

#### D. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian kualitas *repair welding* menggunakan *filler* ER 4043, dapat ditarik kesimpulan:

- a. Berdasar komposisi penyusun, *cast wheel* yang digunakan termasuk golongan *cast alloy* pada jenis AA.445.2 memiliki sifat *non heat-treatable*.
- b. Spesimen sebelum pengelasan pada struktur mikro menunjukkan paduan Al primer ( $\alpha$ -Al) dikelilingi oleh butiran Al dan Si yang tersebar. Perpindahan Al menuju Al primer ( $\alpha$ -Al) terjadi pada daerah HAZ mengakibatkan butiran Si membentuk paduan Si primer diantara ( $\alpha$ -Al).
- c. Pengujian kekuatan impak pada *cast wheel* menunjukkan hasil setelah pengelasan lebih tinggi dibandingkan pada *cast wheel* sebelum pengelasan.

Hasil uji kekerasan pada spesimen tanpa las menunjukkan hasil yang lebih tinggi jika dibanding dengan nilai kekerasan pada daerah las, HAZ dan base material.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASM International. (2012). *Aluminium and aluminium alloy*.
- AWS. (2006). *Structural Welding Code-Steel D1.1/D1.1*
- Dadang. (2013). *Teknik Pengelasan GTAW*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Prasetya, B.D. (2014). *Studi Variasi Pengelasan Ulang Terhadap Cacat Las dan Kekerasan Material Aluminium 5083*. Jurnal Penelitian Teknik
- Wirjosumarto, H., Okumura, T. (2004). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT Pradnya