

**ANALISIS STRUKTUR HASIL REPAIR WELDING
TENTANG SIFAT FISIK DAN MEKANIK
PADA CAST WHEEL ALUMINIUM
DENGAN METODE PENGELASAN MIG**

Awi Andoko¹⁾ Budi Harjanto²⁾ Yuyun Estriyanto³⁾

Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan,
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia, Tlp/Fax 0271 718419
E-mail: alazmiandoko@gmail.com

Abstraksi

Penelitian ini dilakukan untuk tujuan: mengetahui komposisi kimia paduan aluminium, struktur mikro, tingkat kekerasan dan kekuatan impak sebelum dan sesudah dilakukan pengelasan dengan metode pengelasan MIG pada cast wheel aluminium menggunakan elektroda ER 5356.

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah cast wheel aluminium dengan spesifikasi, jenis E35 dimensi 16x7, PCD 4x120. Alat yang digunakan dalam uji komposisi kimia, uji struktur mikro, uji kekerasan dan uji impak secara berturut-turut adalah Spectrometer Metal Scan, Olympus Metallurgical Microscope, Brinell Hardness Tester dan Charpy Tester.

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 (α -Al) dan butiran Si membentuk paduan Si primer diantara α -Al. Hasil uji kekerasan pada spesimen pada raw material 57,56 kgf/mm², pada daerah las 44,20 kgf/mm² dan daerah HAZ 37,73 kgf/mm². Hasil uji impak pada raw material 0,118 Joule/mm² sedangkan daerah las adalah 0,067 Joule/mm².

Kata Kunci : Cast Wheel, las aluminium, las MIG, repair welding, uji material.

Abstract

This research aim to determine the chemical composition of the aluminum alloys, microstructure, hardness and impact strength before and after MIG welding method on the aluminum cast wheel. The electrodes used in the welding process is ER 535.

The material used in this study is aluminum cast wheel with specifications: dimensions 16x7, PCD 4x120 product type of E35. The testing methods conducted in this study are chemical composition, microstructure test, hardness test and impact test. The equipment used are Spectrometer Metal Scan, Olympus Metallurgical Microscope, Brinell Hardness Tester and Charpy Tester.

The test results showed that the chemical composition of the aluminum cast wheel contains elements of 91.36% Al, 7.38% Si, and 0.803% Fe as well 0.05% Cu and Mg. The test results show that the microstructure of Al grain structure in the HAZ region fused with primary aluminum (α -Al) and grain Si Si alloy formed between the primary α -Al. The results of hardness test show that in the raw materials specimens is 57.56 kgf/mm², in the weld area is 44.20 kgf/mm² and the HAZ is 37.73 kgf/mm². The results of impact test on the raw material is 0.118 Joule/mm², while the weld area is 0.067 Joules/mm². The results of the test show that, hardness and impact strength due to welding less than the raw material on the aluminum cast wheel.

Keywords: Cast wheel, aluminium welding, MIG welding, repair welding, material testing.

PENDAHULUAN

Dalam pengelasan logam aluminium, bengkel las umumnya hanya menyediakan elektroda tertentu yang tidak selalu sesuai dengan logam dasar yang dilas.

Untuk menyesuaikan komposisi elektroda dengan komposisi aluminium sebagaimana pada *cast wheel* aluminium tidaklah mudah, karena harus dilakukan uji komposisi terlebih dahulu. Terlebih lagi biaya yang digunakan untuk pengujian pun sangat mahal, sehingga tidak dimungkinkan dilakukan uji komposisi terlebih dahulu.

Selain itu pengelasan aluminium paduan pun, khususnya pada aluminium tuang atau cor sebagaimana *cast wheel* aluminium tidak semua elektroda aluminium dapat digunakan. Menurut *Aluminium Federation of Southern Africa (AFSA)*, pengelasan aluminium *cast alloy* hanya direkomendasikan menggunakan

filler aluminium wrought alloy seri 4043 dan 5356.

Penelitian ini dilakukan untuk tujuan: mengetahui komposisi kimia dan standar kodifikasi paduan aluminium, struktur mikro, tingkat kekerasan dan kekuatan impak sebelum dan sesudah dilakukan pengelasan dengan metode pengelasan *MIG* pada *cast wheel* aluminium.

TINJAUAN PUSTAKA

1. 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. Berbeda halnya dengan *product welding*, jika

product welding adalah pembuatan produk atau barang dari bahan mentah atau logam menjadi suatu bentuk konstruksi yang baru, sehingga memiliki fungsi yang baru atau berbeda dari sebelum dilakukan pengelasan.

Kegiatan *welding* atau pengelasan umumnya digunakan pada *wrought metal* atau logam dasar yang sudah melalui proses rolling maupun tempa. Akan tetapi, dalam aplikasinya proses *welding* dapat juga dilakukan pada *cast metal* atau *cast metal alloy*. Proses *welding* yang dilakukan pada *cast metal* sering dilakukan pada produk hasil pemesian yang mengalami cacat akibat kesalahan proses *machining* dengan mesin perkakas. Seperti kesalahan pada letak lubang pengeboran, kesalahan penyayatan dan kesalahan akibat benturan maupun yang disebabkan kesalahan manusia itu sendiri.

2. Sifat Fisik dan Mekanik

Bahan teknik umumnya digunakan karena memiliki sifat-sifat tertentu yang dibutuhkan. Sifat bahan teknik tersebut 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 fisik pada suatu benda dapat diketahui secara langsung tanpa perlu mengubah atau memodifikasi benda tersebut, akan tetapi tidak semua sifat fisik dapat diketahui secara langsung. Contoh sifat fisik suatu benda atau unsur antara lain, wujud atau fasa zat, warna, berat jenis, berat atom, titik leleh, titik didih, tahanan listrik, daya hantar listrik dan ketahanan korosi.

Sifat mekanik merupakan sifat dari suatu benda yang berkaitan dengan kemampuan benda tersebut dalam menerima beban atau gaya berat. Sifat mekanik dapat diketahui

dengan dilakukan pengujian terlebih dahulu. Sifat mekanik suatu material antara lain: kekerasan, kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan tekan, kekuatan impak, ketahanan/ kekuatan leleh dan mampu mesin (*machinability*).

3. 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 *whell* 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*.

Aluminium dikenal sebagai logam dengan kekuatan mekanik yang kurang baik. Oleh sebab itu banyak dilakukan rekayasa terhadap aluminium atau aluminium paduan guna memperoleh sifat unggul yang lebih baik. Aluminium dirancang untuk memenuhi persyaratan produk tertentu, dengan jenis dan spesifikasi paduan yang berbeda. Oleh karena itu paduan aluminium diklasifikasikan dengan pemberian kode atau nomor seri. Kode tersebut dimaksudkan untuk menunjukkan jenis dan komposisi utama pada aluminium paduan. Adapun unsur utama yang biasa digunakan sebagai tambahan pada aluminium paduan antara lain Cu, Si, Mg, Zn, Tin (Sn), dan unsur lain seperti Mn, Ti, Ni dan Fe. Berdasarkan standar AA (*Aluminium Association*) komposisi utamanya penomoran pada kode aluminium ditulis dengan kode empat angka, (xxxx) untuk jenis *wrought-aluminium alloy* dan (xxx.x) untuk *cast-aluminium alloy*.

Berdasarkan standar AA (*Aluminium Association*) komposisi utamanya penomoran pada kode aluminium ditulis dengan kode empat angka, (xxxx) untuk jenis *wrought-aluminium alloy* dan (xxx.x) untuk *cast-aluminium alloy*.

Tabel 1. Daftar Seri Paduan Aluminium *Wrought Alloy*

Seri	Unsur Paduan Utama
1xxx	≥ 99.000% Aluminium
2xxx	Tembaga / <i>Copper</i> (Cu)
3xxx	Mangan (Mn)
4xxx	Silikon (Si)
5xxx	Magnesium (Mg)
6xxx	Magnesium dan Silikon
7xxx	Seng (Zn)
8xxx	Unsur lain

(*American Society for Metal*)

Tabel 2. Daftar Seri Paduan Aluminium *Cast Alloy*

Seri	Unsur Paduan Utama
1xx.x	≥ 99.000% Aluminium
2xx.x	Tembaga / <i>Copper</i> (Cu)
3xx.x	Silikon-Tembaga-Magnesium
4xx.x	Silikon (Si)
5xx.x	Magnesium (Mg)
6xx.x	Tidak digunakan
7xx.x	Seng (Zn)
8xx.x	Timah/ Tin (Sn)
9xx.x	Unsur lain

(*American Society for Metal*)

Paduan aluminium pada umumnya merupakan logam yang bersifat *non heat-treatable* karena pada dasarnya aluminium murni merupakan logam yang bersifat *non-heat-treatable*. Oleh karena itu, perlu dilakukan pepaduan aluminium

dengan menambahkan unsur lain, agar memiliki sifat unggul yang lebih baik, termasuk kemampuan *heat-treatable* dan mampu las (*weldability*).

Heat-treatable adalah kemampuan logam untuk dapat ditingkatkan sifat mekaniknya dengan diberi perlakuan panas. *Non heat-treatable* merupakan sifat logam yang tidak akan bisa ditingkatkan sifat mekaniknya dengan diberi perlakuan panas.

- a. Silikon (Si) merupakan paduan yang paling banyak digunakan pada paduan aluminium *cast alloy*. Silikon dapat membentuk fasa eutektik dengan aluminium dengan kadar Si hingga 11,7%. Paduan Al-Si termasuk kategori *non heat-treatable*, tetapi untuk paduan Al-Si dengan kadar Si kurang dari 1,6% masih memungkinkan Al-Si mencapai fasa tunggal jika dipanaskan di atas garis solvus. Dalam paduan pengecoran seperti A356.2, Si ditambahkan untuk memberikan fluiditas tambahan pada titik leleh untuk memungkinkan kemudahan dalam pengecoran. Dengan adanya Si akan meningkatkan kekerasan paduan akan tetapi keuletan dan sifat *machinability* akan berkurang.
- b. Magnesium (Mg) merupakan unsur paduan utama dalam seri 5xxx paduan aluminium *wrought alloy* dan seri 5xx.x pada aluminium *cast alloy*. Maksimum kelarutan magnesium padat dalam Aluminium adalah 5,5% berat pada sekitar 546 ° C. Menurut George Y. Liu (2009).

Penambahan magnesium dapat meningkatkan kekuatan aluminium tanpa mengorbankan ketangguhan melalui pengendapan fase Mg-Si dalam fase aluminium primer. Kelebihan magnesium juga terdapat pada ketahanan korosi dan mampu las yang

baik. Maksimum ketangguhan dapat dicapai setelah dilakukan *het-treatmen* dan *artificial aging* (penuaan buatan).

- c. Besi (Fe) adalah pengotor yang paling umum ditemukan dalam aluminium. Besi memiliki kelarutan tinggi dalam aluminium cair dan karena itu mudah larut di semua jenis pengecoran. Kelarutan besi dalam keadaan padat sangat rendah (sekitar 0.004%) oleh karena itu, sebagian besar zat besi yang ditambahkan dalam aluminium hingga melebihi dari jumlah tersebut akan muncul sebagai fase intermetalik dalam kombinasi dengan aluminium dan umumnya juga dengan elemen lain seperti Si. Senyawa-senyawa intermetalik yang bersifat rapuh dan bertindak sebagai situs konsentrasi tegangan untuk inisiasi fraktur.
- d. Tembaga (Cu) pada umumnya digunakan pada paduan aluminium dengan kadar tembaga 4,5 %, seperti pada seri 2xx.x dan memiliki sifat – sifat mekanik serta mampu mesin yang baik namun memiliki sifat mampu cor yang kurang baik. Paduan aluminium tembaga-silisium dibuat dengan menambah 4-5 % silisium pada paduan aluminium tembaga untuk memperbaiki sifat mampu cornya.
- e. Titanium (Ti) ditambahkan ke dalam paduan untuk memperbaiki ukuran butir fasa aluminium primer dengan terjadinya nukleasi berlebihan pada temperature fase likuidus.
- f. Strontium (Sr) ditambahkan ke paduan untuk mempengaruhi modifikasi morfologi fase eutektik.
- g. Seng (Zn), seng dalam paduan aluminium merupakan paduan yang memiliki kekuatan tertinggi dibandingkan paduan lainnya, aluminium dengan 5,5% seng dapat

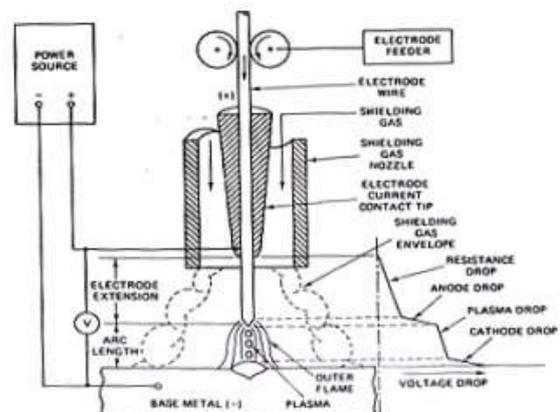
memiliki kekuatan tensil sebesar 580 MPa dengan elongasi sebesar 11% dalam setiap 50 mm bahan. Paduan ini biasa digunakan untuk bahan pembuat badan dan sayap pesawat terbang.

4. Las MIG

Las atau pengelasan adalah proses penyambungan logam maupun logam paduan yang dilakukan dalam kondisi lumer atau cair sehingga menjadi sambungan tetap atau permanen.

Las *MIG* merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat dengan menggunakan elektroda gulungan (*filler*) berupa kawat yang sama dengan logam dasar yang disambung (*base metal*) dan menggunakan gas pelindung (*inert gas*).

Pada dasarnya mesin las *MIG* merupakan bagian dari *SMAW* (*submerged Metal Arc Welding*) yang prinsip kerjanya menggunakan arus listrik baik bolak-balik (*alternating current*) maupun searah (*direct current*). Umumnya Las *MIG* menggunakan arus listrik searah yang berasal dari arus AC yang kemudian diubah menjadi arus searah (DC).



Gambar 1. Proses Pengelasan Las *MIG*
(Budiarsa, 2008: 113)

5. Elektroda Las *MIG*

Elemen tambahan yang digunakan dalam elektroda aluminium adalah magnesium, mangan, seng, silikon dan tembaga. Alasan utama menambahkan elemen tersebut adalah untuk meningkatkan kekuatan dan logam aluminium murni. Selain itu ketahanan korosi dan *weldability* juga merupakan alasan penambahan elemen tersebut. Elektroda yang paling sering digunakan adalah elektroda yang mengandung magnesium 5356 dan mengandung silikon 4043. Elektroda aluminium menggunakan standar penomoran menurut AWS A5.3. contoh bentuk elektroda aluminium dapat di lihat pada gambar 2.



Gambar 2. Elektroda Aluminium
(Tim Fakultas Teknik UNY, 2010: 30)

6. Uji Komposisi

Pengujian komposisi berfungsi untuk mengetahui seberapa besar atau seberapa banyak jumlah kandungan unsure 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. Elektron berinteraksi dengan atom – atom yang akan membuat sampel menghasilkan sinyal dan memberikan informasi mengenai permukaan topografi

sampel, komposisi dan sifat – sifat lainnya seperti konduktivitas listrik.



Gambar 3. *Spectrometer Metal Scan*
(Politeknik Manufacture Ceper)

7. Uji 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. Pengamatan mikro adalah pemeriksaan bahan logam dimana bentuk kristal logam tergolong halus sehingga diperlukan angka pembesaran lensa mikroskop antara 50 kali sampai 3000 kali.



Gambar 4. Alat Uji Metalografi
(Politeknik Manufacture Ceper)

8. Uji Kekerasan

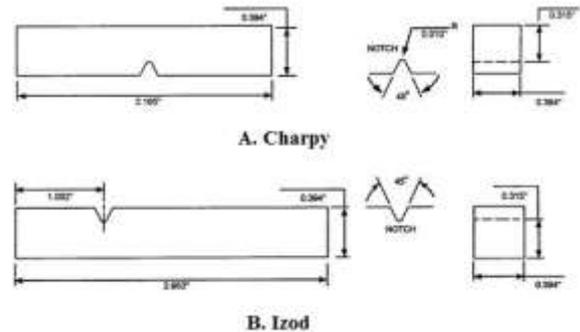
Kekerasan adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

9. 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 *charpy* merupakan pengujian tumbuk dengan meletakkan

posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan. Metode *izod* adalah pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi dan arah pembebanan serah dengan arah takikan.



Gambar 5. Arah Pembebanan Pada Pengujian Impak

(Dewo Pradjojo, 2011: 15)

METODE PENELITIAN

Dalam pelaksanaannya penelitian ini akan memerlukan komponen pendukung baik berupa peralatan maupun bahan yang akan digunakan dalam eksperimen.

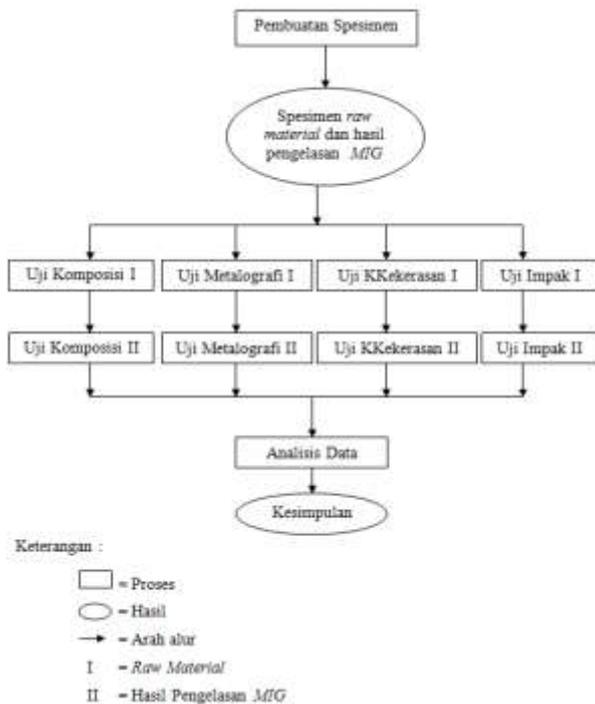
1. Alat Penelitian.

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah,

- a. Las *MIG* dan Perlengkapannya
- b. *Spectometer Metal Scan*
- c. Alat Uji Stuktur Mikro (*Olympus*)
- d. Alat Uji Kekerasan *Brinell*
- e. Alat Uji Kekuatan Impak

2. Bahan Penelitian

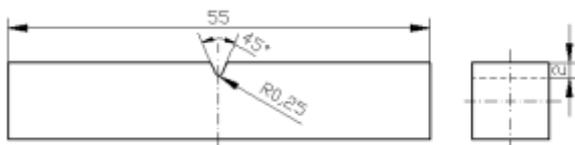
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *cast wheel* aluminium jenis E35 dimensi 16x7, *PCD* 4x120.



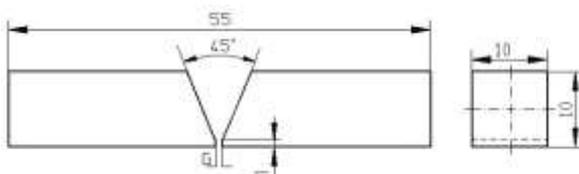
Gambar 6. Diagram Alur Penelitian

3. Pembuatan Spesimen

Dalam penelitian ini spesimen dibuat dengan dua ukuran yang berbeda. Spesimen 1 digunakan sebagai uji impak dan spesimen 2 digunakan untuk uji komposisi, uji struktur mikro dan uji kekerasan.



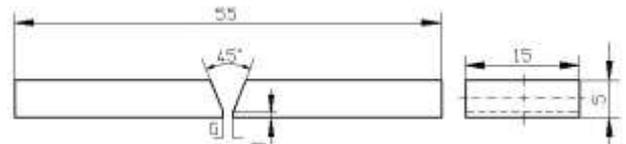
Gambar 7. Spesimen 1 Tanpa Las (*Raw Material*)



Gambar 8. Bentuk Kampuh Las pada Spesimen 1

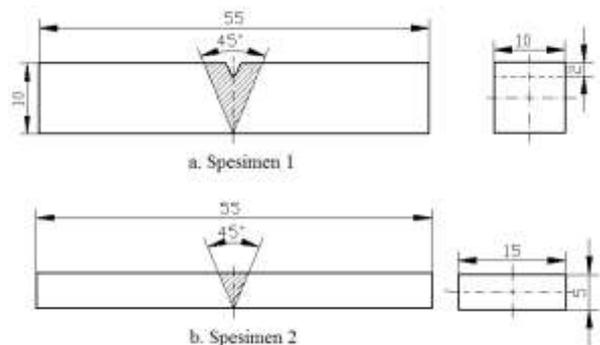


Gambar 9. Spesimen 2 Tanpa Las (*Raw Material*)



Gambar 10. Bentuk Kampuh Las pada Spesimen 2

Pengelasan dilakukan dengan menggunakan elektroda ER 5356.



Gambar 11. Spesimen Hasil Pengelasan *MIG*

PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Komposisi

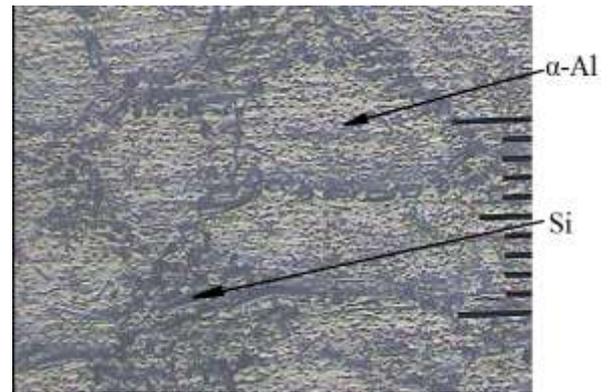
Data yang dihasilkan pada uji komposisi kimia menunjukkan jumlah prosentase unsur kimia pada spesimen atau logam aluminium paduan yang diuji. Dalam pengujian ini diketahui sebanyak tujuh belas unsur kimia yang terdapat pada *cast wheel* aluminium sebagai mana terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Komposisi Kimia *cast wheel* aluminium

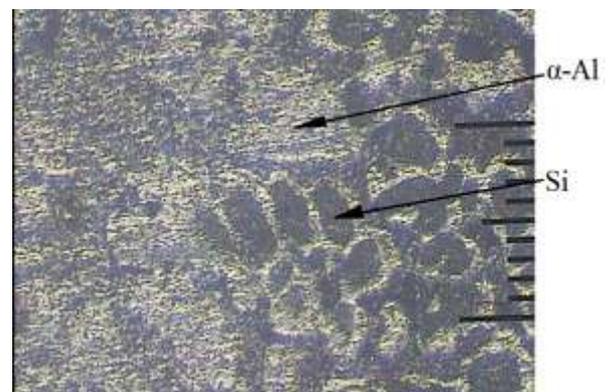
No	Unsur	Jumlah (%)	
		<i>Raw Material</i>	Las <i>MIG</i>
1	Al	91,36	94,12
2	Si	7,38	0,926
3	Fe	0,803	0,828
4	Cu	0,0578	<0,0500
5	Mn	0,0263	0,0378
6	Mg	<0,0500	3,70
7	Cr	<0,0150	<0,0150
8	Ni	0,0453	0,131
9	Zn	<0,0100	<0,0100
10	Sn	0,107	0,0607
11	Ti	<0,0100	<0,0100
12	Pb	<0,0300	<0,0300
13	Be	<0,0001	0,0001
14	Ca	0,0236	0,0664
15	Sr	0,0051	0,0005
16	V	0,0234	<0,0100
17	Zr	0,0728	0,0182

2. Hasil Uji Metalografi

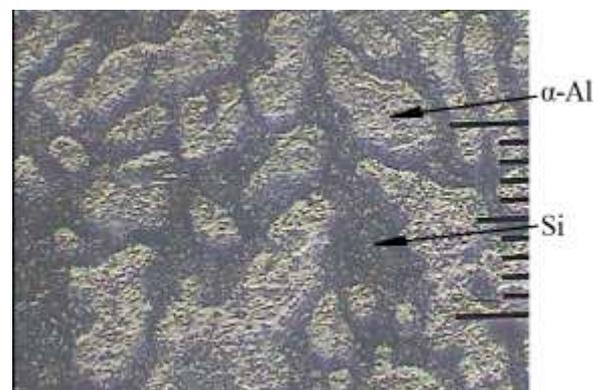
Pada pengujian struktur mikro, pengamatan dilakukan pada spesimen uji dengan mikroskop optik setelah spesimen uji di etsa dengan 2,5 % HNO₃ dengan perbesaran 200x pada permukaan *cast wheel* aluminium dengan pengambilan gambar pada lima titik yaitu, pada bagian *raw material*, antara *raw material* dan *HAZ*, daerah *HAZ*, antara *HAZ* dan las dan daerah las. Hasil pengamatan foto mikro pada *raw material* terlihat struktur aluminium (α -Al) dan Si. Aluminium terlihat berwarna terang mengkilap. Pada *raw material* ini juga terlihat butiran-butiran silikon terlihat berwarna abu-abu gelap menyebar di sekeliling aluminium (α -Al).



Gambar 12. Struktur Mikro Logam Dasar (*Raw material*)



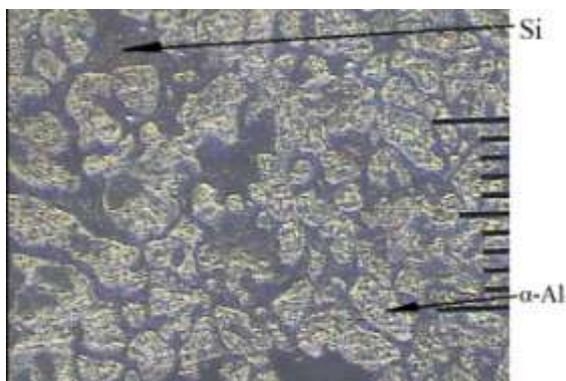
Gambar 13. Struktur Mikro antara Logam Dasar dan *HAZ*



Gambar 14. Struktur Mikro Pada Daerah *HAZ*

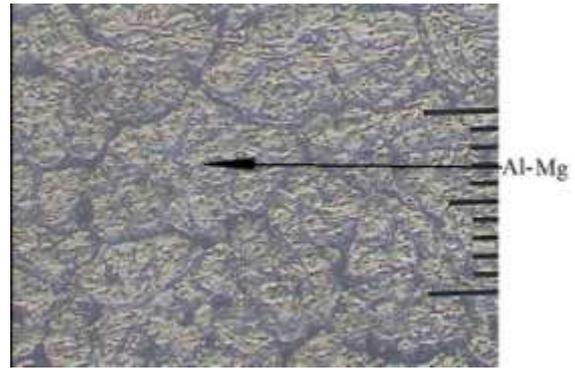
Gambar 12. menunjukkan unsur paduan utama *cast wheel aluminium* terdiri dari aluminium primer (α -Al), butiran Al dan butiran Si. Butiran Al dan Si sebagai matrik diantara aluminium primer (α -Al) yang saling berdekatan.

Pada gambar 13. menunjukkan bahwa diantara daerah *raw material* dan *HAZ* terlihat adanya batasan posisi dimana Al dan Si mulai terpisah. Pada daerah ini terjadi difusi, dimana butiran-butiran Al berpindah menuju aluminium primer (α -Al) dan butiran-butiran Si menjadi paduan Si primer. Gambar 14. menunjukkan adanya struktur paduan Si primer diantara aluminium primer (α -Al). Hal tersebut dimungkinkan karena terjadinya difusi unsur Al dan Si akibat pengaruh panas pada saat proses pengelasan. Dengan adanya perubahan fisik butiran Si menjadi Si primer pada daerah *HAZ* tersebut juga dimungkinkan terjadi perubahan sifat mekanik pada kekerasan *cast wheel* aluminium sebagai mana pada hasil uji kekerasan. Dengan demikian menyebabkan tingkat kekerasan pada daerah *HAZ* lebih kecil dari pada *raw material*.



Gambar 15. Struktur Mikro antara *HAZ* dan Daerah Las

Gambar 15. menunjukkan bahwa diantara daerah *HAZ* dan las, dimana sebagian unsur Si mengalami difusi menuju ke celah-celah diantara Al-Mg.



Gambar 16. Struktur Mikro Daerah Las

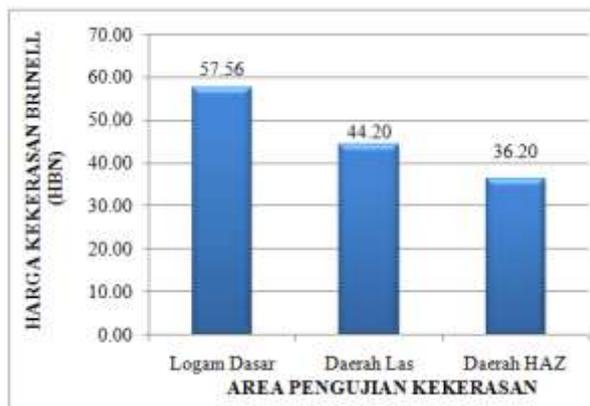
Pada daerah las sebagai mana gambar 16. magnesium dan aluminium pada daerah las terlihat berwarna mengkilap dengan struktur yang lebih rapat.

3. Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan dengan metode pengujian *brinell*. Data uji kekerasan diperoleh dari penekanan indenter dengan diameter 2,5 mm dan beban 62,5 kg dalam waktu 12 detik. Pengujian dilakukan pada *raw material*, daerah las dan daerah *HAZ*. Hasil pengujian kekerasan *brinell* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai Kekerasan *Brinell* (HBN)

Pengujian	Nilai Kekerasan <i>Brinell</i> (HBN)		
	<i>Raw Material</i>	Daerah Las	Daerah <i>HAZ</i>
Pengujian 1	55,79	45,94	35,44
Pengujian 2	58,99	42,25	35,44
Pengujian 3	57,89	44,41	37,73
Nilai Rata-rata	57,56	44,20	37,73



Gambar 17. Histogram Nilai Rata-rata Hasil Uji Kekerasan *Brinell*

Berdasarkan tabel 4. dan gambar 17. dapat diketahui bahwa kekerasan pada *raw material cast wheel* aluminium mempunyai nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu 57,56 kgf/mm², sedangkan pada daerah las memiliki kekerasan yang lebih kecil yaitu 44,20 kgf/mm² dan daerah HAZ memiliki tingkat kekerasan yang paling kecil yaitu 36,20 kgf/mm². Sehingga dapat disimpulkan tingkat kekerasan hasil pengelasan pada *cast wheel* aluminium lebih kecil dari pada *cast wheel* aluminium sebelum dilakukan pengelasan.

4. Uji Impak

Uji impak dilakukan dengan metode pengujian *carpy*. Pengujian dilakukan dengan beban pendulum sebesar 9.5 kg, panjang lengan ayunan 0,83 meter dan sudut awal pemukulan 90⁰. Pengujian kekuatan impak dilakukan terhadap spesimen *raw material* dan spesimen yang telah dilakukan pengelasan.

Hasil uji Impak dapat dilihat pada tabel 4 dan 5 dibawah ini.

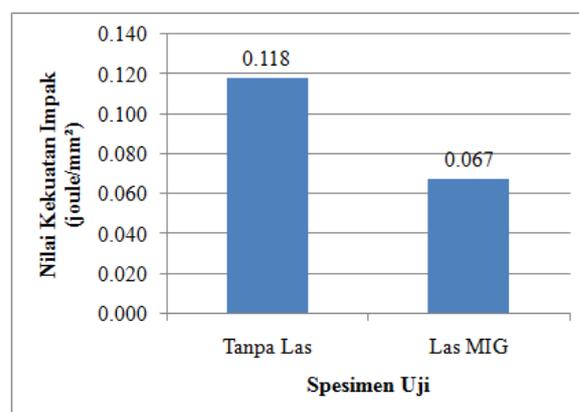
Tabel 5. Nilai Usaha Yang Diserap

Pengujian	Tanpa Las	Las <i>MIG</i>
	Nilai "W" (joule)	Nilai "W" (joule)

Spesimen 1	9,427	6,069
Spesimen 2	9,427	4,048
Spesimen 3	9,427	6,069
Nilai rata-rata	9,427	5,395

Tabel 6. Nilai Kekuatan Impak

Spesimen	Tanpa Las	Las <i>MIG</i>
	Nilai "K" (Joule/mm ²)	Nilai "K" (Joule/mm ²)
Spesimen 1	0,118	0,076
Spesimen 2	0,118	0,051
Spesimen 3	0,118	0,076
Nilai rata-rata	0,118	0,067



Gambar 18. Histogram Nilai Kekuatan Impak.

Dalam tabel 5 dan 6. Diperoleh nilai usaha yang mampu diserap oleh spesimen tanpa pengelasan adalah 9,427 joule atau lebih besar dari pada spesimen yang telah dilakukan pengelasan, yaitu 5,395 joule. Pada hasil perhitungan kekuatan impak spesimen tanpa pengelasan memiliki nilai impak sebesar 0,118 Joule/mm² sedangkan hasil pengelasan memiliki nilai impak lebih kecil, yaitu 0,067 Joule/mm². Dari hasil pengujian dan penghitungan berdasarkan tabel 6 dan 7 tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan impak pada *cast wheel* aluminium hasil pengelasan lebih kecil dari pada kekuatan impak pada *cast*

wheel aluminium sebelum dilakukan pengelasan.

KESIMPULAN

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

1. *Cast wheel* aluminium jenis E35 dimensi 16x7, *PCD* 4x120 yang digunakan dalam penelitian ini memiliki komposisi utama Al, Si, dan Fe, sehingga dapat disimpulkan bahwa *cast wheel* tersebut terbuat dari bahan aluminium *cast alloy* jenis "AA.445.2" yang memiliki karakteristik *non heat-treatable*, kekuatan dan keuletan yang sedang namun tahan aus dan tahanan terhadap korosi serta memiliki sifat mampu cor yang baik.
2. Struktur mikro pada *raw material* berupa paduan aluminium primer (α -Al) dengan dikelilingi butiran Al dan Si, sedangkan pada daerah *HAZ* terjadi perpindahan Al ke menuju aluminium primer (α -Al) sehingga butiran Si membentuk paduan Si primer diantara α -Al.
3. Tingkat kekerasan pada *raw material* adalah 57,56 kgf/mm² dan pada daerah las memiliki tingkat kekerasan 44,20 kgf/mm², sedangkan pada daerah *HAZ* memiliki tingkat kekerasan 37,73 kgf/mm².
4. Tingkat kekuatan impak pada *raw material* sebesar 0,118 Joule/mm² sedangkan hasil pengelasan adalah 0,067 Joule/mm².

SARAN

1. Perlu dilakukan uji metalografi dengan perbesaran yang hingga 1000X untuk melihat kemungkinan terjadinya porositas akibat pengelasan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan *heat treatment* pada hasil pengelasan untuk mendapatkan sifat mekanik hasil pengelasan yang mendekati *raw material*.
3. 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.
4. *Repair welding* pada *cast wheel* aluminium jenis E35 dengan komposisi utama Al 91,36%, Si 7,38% dan Fe 0,803% menggunakan elektroda ER5356 memiliki kekuatan yang lebih rendah dari pada *raw material*, sehingga tidak dianjurkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Surono, B. & Novri, M. (2011). Perubahan Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Al-Mg-Si Akibat Variasi Temperatur Pemanasan. *Bina Teknika*, 7 (2), 93-105.
- Prasetyo, B.D. & Hendroprasetyo, W. (2010). *Studi Variasi Pengelasan Ulang Terhadap Cacat Las Dan Kekerasan Material Aluminium 5083*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- 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.

I Dewa Made Krishna Muku. (2009). Kekuatan Sambungan Las Aluminium Seri 1100 dengan Variasi Kuat Arus Listrik pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG). *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, 3 (1), 11-17.

Renshaw, M. (2004). *AFSA: The Welding of Aluminium Castings*. Aluminium Federation of Southern Africa.

Suherman. (2009). Pengaruh Penambahan Sr atau Tib terhadap Struktur Mikro dan Fluiditas pada Paduan Al-6%Si-0,7%Fe. *Jurnal Dinamis*, 9 (4), 29-33.

Tim Fakultas Teknik UNY. (2010). *Diktat Las MIG Teknik Pengelasan*. Universitas Negeri Yogyakarta.