

**STUDI TENTANG KUALITAS HASIL *REPAIR WELDING*
PADA *CAST WHEELS ALUMINIUM* DENGAN METODE
PENGELASAN OKSI ASETILIN, TIG DAN MIG
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS**

Kusmanto, Budi Harjanto, & Suharno

Prodi. Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan, FKIP, UNS
Kampus UNS Pabelan, Jl. Ahmad Yani 200, Surakarta, Tlp/Fax 0271 718419
email : ku_est12@yahoo.co.id

ABSTRACT

The purposes of this research are: (1) To determine the effect chemical composition and microstructure of arearepairweldingresultswithoxyacetylene, TIGandMIG weld methodon aluminium castwheels. (2) To determine thehardnessand impact toughnessathigh of arearepairweldingresultswithoxyacetylene, TIGandMIG weld methodon aluminium castwheels.

The research has donein the laboratory ofINLASTEKSurakarta. Type of this research is descriptive qualitative uses experimental methods.The Object in this research used arealuminium castwheels. Techniques of data analysis in this research using descriptive data analysis that is directly observed experimental results are 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, hardnessandimpact.

From the research, we can conclude that the chemical compositionon aluminium castwheelsincludingalloyAluminum Silicon, because the element Si alloyisthe largest, ie7.38%Si. The highesthardness number ofoxyacetyleneweldingresultsby54.80BHNinthe weld areaand38.69BHNinthe HAZ. The lowesthardness number ofMIGweldingresultsby44.18BHNinthe weld areaand TIG welding results by 38.69BHNinthe HAZ. The highestimpact number ofresults TIG welding with impact number average0.114joules /mm². The lowestimpact number ofresultsoxy-acetylene welding with impact number average0.085joules/mm².

Keywords: *Lasoxy-acetylene, TIG, MIG, aluminium castwheels, physical and mechanicalproperties.*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah: (1) Mengetahui pengaruh komposisi kimia dan struktur mikro daerah las hasil repair welding dengan metode pengelasan oksasi asetilin, TIG dan MIG pada cast wheels aluminium. (2) Mengetahui kekerasan dan kekuatan impak paling tinggi pada hasil repair welding dengan metode pengelasan oksasi asetilin, TIG dan MIG pada cast wheels aluminium.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium INLASTEK Surakarta. Jenis penelitian ini deskriptif kualitatif dengan menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan bahan dari cast wheels aluminium. Teknik Analisa data dalam penelitian ini menggunakan analisis data deskriptif yaitu mengamati secara langsung hasil eksperimen kemudian dianalisis dan menyimpulkan hasil penelitian. Sebagai parameter input pada penganalisisan data meliputi: pengujian komposisi kimia, struktur mikro, kekerasan dan impak.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa komposisi kimia cast wheels aluminium termasuk paduan AlSi karena unsur Si merupakan paduan terbesar yaitu 7,38%.

Nilai kekerasan tertinggi yaitu 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 44,18 BHN pada daerah lasan dan hasil las TIG yaitu 30,47 BHN pada daerah HAZ. Nilai kekuatan impak tertinggi yaitu hasil pengelasan TIG dengan harga impak rata-ratanya 0,114 joule/mm². Harga impak terendah yaitu hasil pengelasan oksidasi asetilin dengan harga impak rata-rata 0,085 joule/mm².

Kata kunci: Las Oksidasi asetilin, TIG, MIG, cast wheels aluminium, sifat fisis dan mekanis.

A. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri otomotif saat 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 roda empat yang berfungsi sebagai roda dan penambah nilai keindahan pada kendaraan roda empat. Pada umumnya velg dapat dibagi menjadi dua yaitu velg aluminium dan velg besi. Untuk angkutan umum dan komersial yang memerlukan velg dengan kekuatan tinggi dan kualitas penampilan yang rendah, besi merupakan bahan logam yang paling efisien dan efektif.

Velg pada mobil merupakan bagian yang sangat vital yaitu sebagai penunjang ban roda pada mobil. Ketika mobil melaju cepat benturan yang keras dapat saja terjadi akibat roda melintasi lubang di jalan. Akibat benturan yang berulang-ulang, velg dapat mengalami retak pada bagian tertentu. Jika dibiarkan lama-lama retak ini akan menjalar hingga

menyebabkan pecah pada velg. Akibatnya kecelakaan fatal dapat terjadi ketika mobil melaju dengan kencang. Untuk mencegah hal ini perlu penggantian velg jika kondisinya sudah cukup parah. Namun jika memungkinkan, retak yang terjadi dapat dilakukan pengelasan ulang atau *repair welding* untuk menghemat biaya.

Pengelasan secara umum adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas las dengan atau tanpa pengaruh tekanan dan dengan atau tanpa logam pengisi atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom. Proses penyambungan logam tersebut tidak hanya sekedar memanaskan dua bagian benda kerja sampai mencair, kemudian membiarkannya membeku. Akan tetapi untuk mendapatkan sambungan logam yang bemutu, perlu diperhatikan beberapa faktor diantaranya prosedur pengelasan, jenis dan tebal benda, pemilihan bahan tambah atau elektroda dan pemberian sudut kampuh.

Menurut cara kerjanya proses pengelasan ada beberapa macam yaitu las lumer atau cair, las tekan, dan pematrian.

Las cair atau lumer adalah pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik dan semburan api gas yang terbakar, seperti las TIG, MIG, Oksi asetilin dan lainnya. Las tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan kemudian ditekan sehingga menjadi satu kesatuan, termasuk jenis ini adalah las titik dan las roda atau rol. Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah, dan pada pematrian logam induk tidak ikut mencair.

Penggunaan las pada velg aluminium memungkinkan sejauh kekuatan sambungan las tersebut mendekati kekuatan velg utuh. Ada beberapa jenis pengelasan untuk proses pengelasan pada aluminium yaitu proses pengelasan menggunakan las oksi asetilin, las TIG dan las MIG. Las oksi asetilin (Las *Oxy-Acetylene*) menggunakan nyala gas asetilin untuk melekatkan aluminium. Las MIG (*Metal Inert Gas*) menggunakan elektroda gulungan (*filler metal*) yang sama dengan logam dasarnya (*base metal*) dan menggunakan gas pelindung (*inert gas*) untuk melekatkan aluminium.

Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) menggunakan busur dengan pelindung gas

mulia (gas argon) untuk melekatkan logam aluminium. Penggunaan las Oksi asetilin, TIG dan MIG dapat digunakan dalam pengelasan berbahan aluminium bila syarat dan metode terpenuhi. Dari perbedaan proses pengelasan untuk menyambung aluminium perlu dikaji kualitas hasil pengelasan yang paling optimal.

Penelitian dilaksanakan dan mengarah pada tujuan yang sebenarnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh komposisi kimia daerah las hasil *repair welding* dengan metode pengelasan oksi asetilin, TIG dan MIG pada *cast wheels* aluminium.
2. Mengetahui pengaruh struktur mikro hasil *repair welding* dengan metode pengelasan oksi asetilin, TIG dan MIG pada *cast wheels* aluminium.
3. Mengetahui kekerasan paling tinggi pada hasil *repair welding* dengan metode pengelasan oksi asetilin, TIG dan MIG pada *cast wheels* aluminium.
4. Mengetahui ketangguhan paling tinggi pada hasil *repair welding* dengan metode pengelasan oksi asetilin, TIG dan MIG pada *cast wheels* aluminium.

B. DASAR TEORI

Aluminium

Aluminium merupakan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon yang

terdapat di kerak bumi, kira-kira mencapai 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi dalam keadaan bersenyawa dengan unsur lain seperti besi, silikon, dan oksigen. Lambang aluminium ialah Al, nomer atomnya 13 dan termasuk logam golongan utama (IIIA) bersama magnesium dan platina yang bersifat amfoter dan ringan.

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam.

Pengelasan

Menurut Duetch Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan logam yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Las merupakan sambungan setempat dan untuk mendapatkan keadaan lumer atau mencair dipergunakan energy panas. Pengelasan adalah proses penyambungan dua buah logam atau lebih menjadi satu dengan menggunakan proses pemanasan setempat dengan atau tanpa penekanan.

Las Oksi Asetilin

Las oksi asetilin 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 oksi asetilin, gas yang digunakan adalah campuran dari gas oksigen (O_2) dengan gas asetilin (C_2H_2) sebagai gas bahan bakar. Oksigen berasal dari udara dengan proses hidrolisis atau pencairan udara dimana udara sendiri mengandung oksigen (21%), nitrogen (78%), argon (0,9%), neon, hydrogen, karbon dioksida, dan unsur lain yang membentuk gas.

Las TIG

Pengelasan TIG adalah proses pengelasan dimana busur listrik terjadi di antara elektroda yang tidak terumpan, dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung dari pengaruh udara luar terhadap logam yang dilas. Sebagai gas pelindung biasanya dipakai Helium (He), Argon (Ar), atau campuran keduanya. Elektroda yang digunakan terbuat dari Wolfram murni atau paduan antara wolfram dan torium. Elektroda tungsten murni (99,5%) atau EWP mengandung arus lebih rendah dibandingkan dengan elektroda paduan tungsten, digunakan khusus untuk pengelasan paduan aluminium dan paduan magnesium.

Pada proses pengelasan TIG logam pengisi dimasukkan ke dalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk dan peleburan logam terjadi karena

panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan logam induk.

Las MIG

Pengelasan MIG adalah proses pengelasan dimana busur listrik terjadi antara kawat pengisi sebagai elektroda gulungan diumpankan secara terus menerus dengan logam induk dan menggunakan gas pelindung. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat yang gerakannya diatur oleh motor listrik dan gas pelindung yang digunakan gas argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer. Sumber arus proses pengelasan MIG menggunakan arus searah (DC) dan elektroda menggunakan kawat positif.

Las MIG biasanya dilaksanakan secara otomatis atau semi-otomatis dengan arus searah polaritas balik dan menggunakan kawat elektroda berdiameter antara 1,2 sampai 2,4mm dengan pengumpanan tarik atau tarik-dorong.

Kualitas Hasil Pengelasan

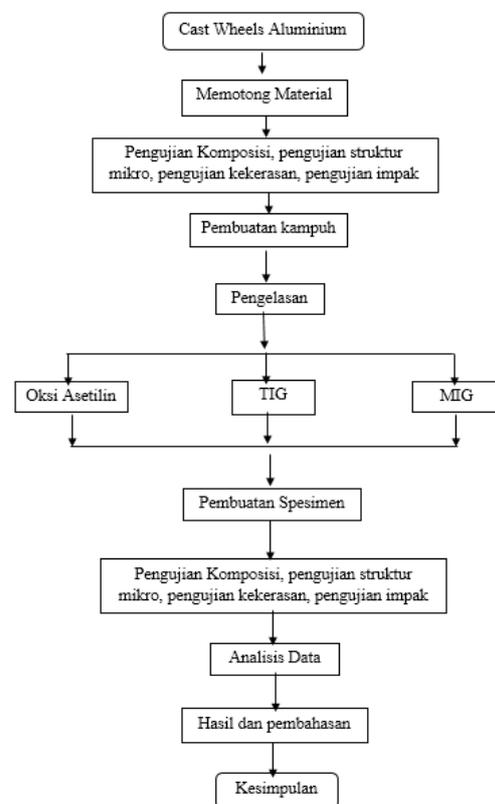
Di dalam pengelasan, tujuan dari pengujian adalah untuk menjamin kualitas mutu hasil pengelasan dan kepercayaan terhadap konstruksi las. Penilaian kualitas hasil pengelasan dapat diketahui dengan cara memberikan gaya atau beban pada hasil lasan tersebut. Gaya atau beban yang diberikan dapat berupa pengujian berupa sifat-sifat sambungan las tersebut: kekuatan, keuletan, ketangguhan,

ketahanan korosi, penampakan, kebebasan bocoran, kesambungan dan lain-lain(kehausan, cat)

C. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian ini merupakan penelitian diskriptif kualitatif dengan metode penelitian eksperimen, yang berusaha mengkaji hasil penelitian yang paling mendekati cast wheels utuh dari kelompok eksperimen.

Skema Metode Penelitian

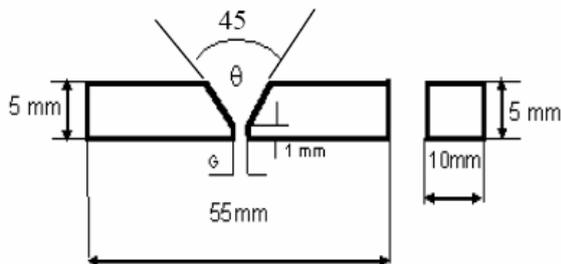


Gambar 1. Skema Metode Penelitian

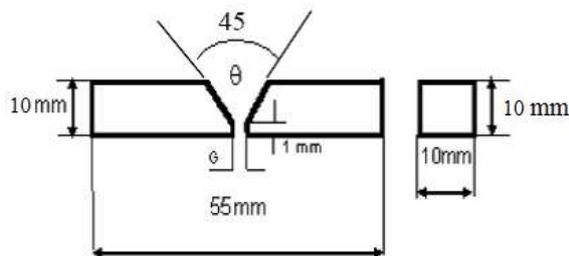
Pada penelitian menggunakan bahan yang akan digunakan adalah *cast wheels* berbahan aluminium. Las OAW menggunakan E 5356, diameter 2 mm, tekanan kerja oxygen 0,5 kg/cm² dan

asetilin 0,5 kg/cm², nyala api karburasi, kecepatan pengelasan 8-10 cm/menit, minimum panjang manik-manik per elektroda 80 mm. Las TIG menggunakan ER 5356, filler 1,6 mm, kuasa arus root 90-100 A dan fill/cap 100-150 A, Voltage 17-25 V, Arus AC, gas flow 12 L/menit, gas pelindung argon. Las MIG menggunakan ER 5356, filler 0,8 mm, kuasa arus root 90-100 A dan fill/cap 100-150 A, Voltage 17-25 V, Arus DC+, gas flow 12 L/menit, gas pelindung argon. Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, jarak celah plat 1 mm. tinggi akar 1 mm dan sudut kampuh 45 derajat. Arah pengelasan kekanan dan Posisi pengelasan dibawah tangan posisi datar.

Dimensi benda kerja



Gambar 2. Benda Uji Kekerasan



Gambar 3. Benda Uji Impak

D. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Uji Komposisi

Dari pelaksanaan pengujian komposisi kimia yang telah dilaksanakan, didapat data-data seperti pada tabel berikut ini:

Table 1. Hasil pengujian komposisi kimia Raw Materials, hasil pengelasan Oksi asetilin, TIG dan MIG

UNSUR	METODE PENGELASAN			
	TANPA LAS(%)	GAS (%)	TIG(%)	MIG(%)
Al	91,36	91,43	94,53	94,12
Si	7,38	7,30	1,55	0,926
Fe	0,803	0,803	0,830	0,828
Cu	0,0578	0,0662	<0,0500	<0,0500
Mn	0,0263	0,0267	0,0359	0,0378
Mg	<0,0500	<0,0500	2,66	3,70
Cr	<0,0150	<0,0150	<0,0150	<0,0150
Ni	0,0453	0,0465	0,0861	0,131
Zn	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100
Sn	0,107	0,117	0,121	0,0607
Ti	<0,0100	0,0543	0,0356	<0,0100
Pb	<0,0300	0,0305	<0,0300	<0,0300
Be	<0,0001	0,0001	0,0003	0,0001
Ca	*0,0236	*0,0160	0,0126	*0,0664
Sr	0,0051	0,0018	0,0005	0,0005
V	0,0234	0,0130	0,0118	<0,0100
Zr	*0,0728	0,0275	0,0326	0,0182

Berdasarkan hasil dari pengujian komposisi pada *raw materials* dapat disimpulkan *raw materials* dikelompokkan kedalam paduan aluminium A445.2 memiliki paduan Al-Si karena unsur Si merupakan paduan terbesar. mempunyai komposisi kimia 91.36% Al, 7.38% Si, 0.803%Fe, 0,0578% Cu, 0,0263% Mn, <0,0500% Mg dan 0.107%Sn.

Pada hasil pengelasan menggunakan las oksi asetilin, TIG dan MIG dengan menggunakan elektroda ER 5356 memiliki komposisi yang berbeda dari komposisi *raw materials*. Unsur komposisi kimia setiap spesimen mempengaruhi sifat mekanik yaitu tingginya nilai Si menyebabkan paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya.

Uji Kekerasan

Dari pelaksanaan pengujian komposisi kimia yang telah dilaksanakan menggunakan Hardness Brinell menggunakan alat Electronical Brinell Hardness Tester HB-3000C menggunakan indentor D: 2,5 mm dengan beban 62,5 kg, dengan hasil diameter bekas penekanan (d). Pengujian kekerasan menghasilkan data dari spesimen *raw materials* dan spesimen hasil pengelasan oksi asetilin, TIG dan MIG., didapat data-data seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Hasil Uji Kekerasan Raw

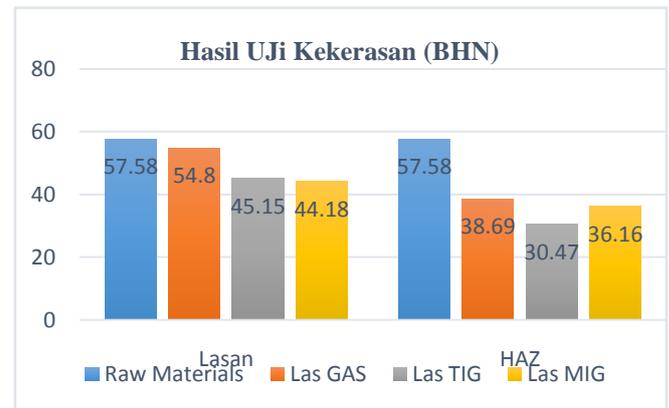
Materials

Jenis Spec.	No	Diameter	Harga Brinell	Harga Brinell
	Spec.	Tapak Tekan d (mm)	(BHN)	Rata-rata (BHN)
<i>raw materials</i>	1	1,16	55,878	57,58
	2	1,13	58,976	
	3	1,14	57,903	

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan spesimen Las GAS, TIG dan MIG.

Jenis Spec.	Diameter		Harga Brinell (BHN)		Harga Brinell Rata-rata (BHN)	
	Tapak Tekan d (mm)					
	Lasan	HAZ	Lasan	HAZ	Lasan	HAZ
Las GAS	1,17	1,35	54,728	40,219	54,80	38,69
	1,18	1,40	53,796	37,117		
	1,16	1,36	55,878	38,744		
Las TIG	1,26	1,56	45,889	29,140	45,15	30,47
	1,27	1,53	45,889	30,446		
	1,30	1,50	43,674	31,847		
Las MIG	1,27	1,53	45,889	30,452	44,18	36,16
	1,32	1,43	42,248	35,432		
	1,29	1,39	44,413	37,644		

Jika digambarkan pada histogram hasilnya akan tampak seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Histogram Hasil Uji Kekerasan

Dari histogram hasil uji kekerasan brinell pada gambar 4. tampak jelas perbedaan nilai kekerasan rata-rata pada tiap spesimen. Spesimen dengan harga kekerasan tertinggi pada daerah Lasan yaitu : spesimen hasil pengelasan dari oksi asetilin : 54,80 BHN. Spesimen dengan harga kekerasan terendah pada daerah

Lasan yaitu: spesimen hasil pengelasan dari MIG: 44,18 BHN. Spesimen dengan harga kekerasan tertinggi pada daerah HAZ yaitu : spesimen hasil pengelasan dari oksi asetilin : 38,69 BHN. Spesimen dengan harga kekerasan terendah pada daerah HAZ dari yaitu : spesimen hasil pengelasan dari TIG : 30,47 BHN.

Perbedaan harga kekerasan ini tak lepas dari pengaruh komposisi kimia lihat pada table 1. Pada logam hasil pengelasan dengan kandungan Si lebih besar dapat meningkatkan kekerasannya. Hasil pengelasan oksi asetilin mempunyai kandungan 7,30% Si dan kekerasan 54,80 BHN. Selain itu harga kekerasan juga dipengaruhi oleh besarnya butiran yang terbentuk setelah proses pendinginan. Semakin kecil butir dan tersebar merata maka harga kekerasannya semakin tinggi.

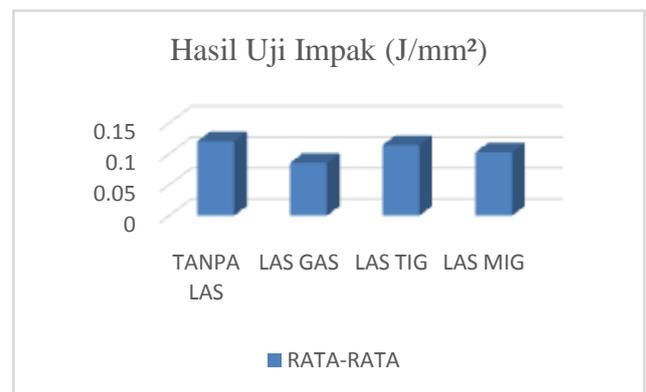
Uji Impak

Pengujian impact ini menggunakan metode *Charpy*, dengan panjang lengan 0,83 m, berat pendulum 9,5 kg, sudut awal (α) : 90 ° dan luas spesimen : 80 mm². bentuk dan ukuran specimen menggunakan standar ASTM E 23. Hasil pengujian impact seperti terlihat pada tabel 4.

Tabel. 4. Hasil Uji Impact Spesimen Aluminium

Jenis Spec.	No. Spec	Sudut β (°)	Usaha (J)	Harga Impact (J/mm ²)	Harga Impact rata-2 (J/mm ²)
Tanpa Las	1	83	9,6	0,12	0,12
	2	83	9,6	0,12	
	3	83	8,2	0,12	
Las GAS	1	86	5,5	0,0687	0,085
	2	84	8,2	0,1025	
	3	85	6,9	0,0862	
Las TIG	1	83	9,6	0,12	0,114
	2	84	8,2	0,1025	
	4	83	9,6	0,12	
Las MIG	1	85	6,9	0,0862	0,102
	2	84	8,2	0,1025	
	3	83	9,6	0,12	

Jika digambarkan dalam histogram hasilnya akan tampak seperti pada gambar 5berikut :



Gambar 5. Histogram Perbandingan Harga Impact Rata-rata

Dari histogram hasil pengujian impact tampak jelas perbedaaan harga impact rata-rata pada tiap spesimen. Spesimen dengan harga impact tertinggi pada specimen hasil pengelasan TIG yaitu : 0,114 J/mm² dan specimen dengan harga impact terendah pada specimen hasil pengelasan GAS yaitu : 0,085 J/mm². Harga impact hasil pengelasan MIG rata-rata 0,102 J/mm².

Hasil rata-rata uji impak pada *raw materials* yaitu: $0,12 \text{ J/mm}^2$ lebih tinggi dibandingkan hasil las TIG yaitu: $0,114 \text{ J/mm}^2$.

Perbedaan harga impak ini tak lepas dari pengaruh oleh besar butiran yang terbentuk setelah proses pendinginan. Semakin kecil butir yang ada maka harga impak semakin tinggi (lebih tangguh), namun jika butir yang terbentuk besar maka ketangguhan dan kekuatan impaknya akan menurun.

E. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dengan mengacu pada perumusan masalah, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian komposisi kimia pada *cast wheels* aluminium di temukan ada dua unsur yang dominan berupa aluminium (Al) = 91,36% dan silikon (Si) = 7,38%. Sehingga dari unsur yang ada material ini termasuk logam aluminium paduan silikon AlSi. Unsur komposisi kimia setiap spesimen mempengaruhi sifat mekanik yaitu tingginya nilai Si menyebabkan paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya.
2. Pada struktur mikro pada logam induk butiran Si berbentuk seperti jarum dan tersebar merata pada permukaan Al.

Pada daerah lasan struktur mikro pada hasil pengelasan oksidasi asetilin terlihat sisa-sisa hasil pembakaran. Hasil las TIG dan MIG butiran-butiran terlihat lebih kecil dan tersebar merata pada permukaan Al. Pada daerah batas daerah lasan dan HAZ butiran-butiran pada daerah lasan lebih kecil dan pada daerah HAZ butirannya terlihat lebih besar.

3. Nilai kekerasan tertinggi daerah lasan terdapat pada spesimen hasil pengelasan oksidasi asetilin sebesar 54,80 BHN dan kekerasan hasil pengelasan TIG sebesar 45,15 BHN dan hasil pengelasan MIG sebesar 44,18 BHN. Pada daerah HAZ kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen hasil pengelasan oksidasi asetilin sebesar 38,69 BHN dan hasil pengelasan TIG sebesar 30,47 BHN dan hasil pengelasan MIG sebesar 38,16 BHN. Nilai kekerasan hasil pengelasan oksidasi asetilin yang paling mendekati hasil kekerasan *raw materials* sebesar 59,59 BHN. Dari hasil uji komposisi kimia hasil pengelasan dengan kandungan Si lebih besar dapat meningkatkan kekerasannya. Selain itu harga kekerasan juga dipengaruhi oleh besarnya butiran yang terbentuk setelah proses pendinginan. Semakin kecil butir dan tersebar merata maka harga kekerasannya semakin tinggi. Namun sebaliknya jika butiran yang terbentuk

besar dan tersusun tidak teratur maka harga kekerasannya akan menurun.

4. Nilai kekuatan impak tertinggi terdapat pada specimen hasil pengelasan TIG yaitu nilai rata-ratanya 0,114 joule/mm². Hasil pengelasan oksidasi asetilin sebesar rata-rata 0,085 joule/mm² dan pengelasan MIG rata-rata sebesar 0,102 joule/mm². Nilai harga impak pada *raw materials* lebih tinggi dari hasil las TIG yaitu 0,12 J/mm². Perbedaan harga impak ini tidak lepas dari pengaruh besarnya butiran yang terbentuk setelah proses pendinginan. Semakin kecil butiran dan tersebar merata maka harga impak semakin tinggi (lebih tangguh).

F. DAFTAR PUSTAKA

- Aljufri. (2008). Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Tunggal Dan Kuat Arus Pada Sambungan Logam Aluminium-Mg 5083 Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan TIG. Thesis, Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- 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.
- Arikunto, S. (2010). Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek. Jakarta: Rineka Cipta.
- Azwar, S. (2011). Metode Penelitian. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Daryanto. (2012). Teknik Las. Bandung: Alfabeta.
- Kumar, S. (2010). Experimental Investigations On pulsed TIG Welding Of Aluminium Plate. Lecturer, Beant College of Engg. & Technology Gurdaspur, INDIA
- Moleong, L.J. (2010). Metodologi Penelitian Kualitatif. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Ninien, S., Ponimin. (2011). Analisa Pengaruh Penggunaan Variasi Besar Arus Pada Las TIG Terhadap Perubahan Struktur Mikro. MeTriK Polban, 5 (1), 18-23.
- Subana, M., Sudrajat. (2009). Dasar-dasar Penelitian Ilmiah. Bandung: Pustaka Setia.
- Sugiyono. (2007). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif R&D. Bandung: Alfabeta.
- Suheni., Syamsuri. (2007). Pengaruh Perubahan Arus Las TIG Terhadap Kekuatan Impak Pada Material yang Berbeda. SAINTEK, 11 (1), 79-89.
- Sunaryo, H. (2008a). Teknik Pengelasan Kapal Jilid 1. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Sunaryo, H. (2008b). 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.
- Widharto, S. (2007). Menuju Juru Las Tingkat Dunia. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Wibowo, H. (2011). Pengujian Las Merusak (DT). Fakultas Teknik : Universitas Negari Yogyakarta
- Wirjosumarto, H., Okumura, T. (2004). Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Pradnya Paramita.