

## Pengaruh Parameter Arus Pengelasan TIG pada Rangka Pipa Aluminium 6063 terhadap Karakteristik Mekanik Sambungan

Yusril Irwan, Gum Gum Gumilang, Agung R Pratama

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Nasional Itenas Bandung  
Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124  
e-mail : yusrilirwan1@gmail.com

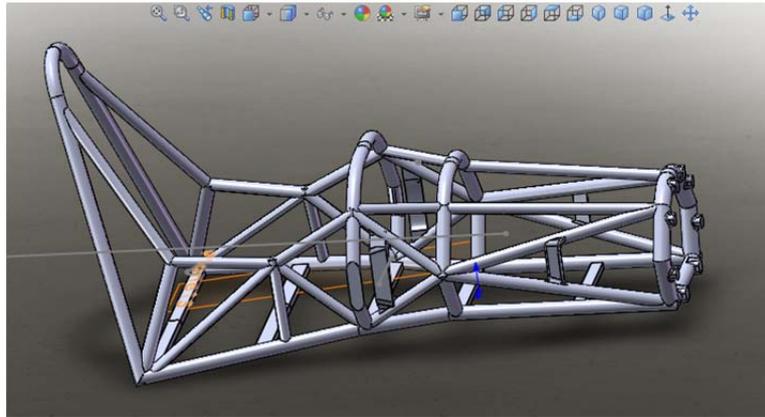
### Abstrak

Rangka (frame) merupakan salah satu komponen terpenting dalam menentukan parameter performance dari disain kendaraan mobil listrik. Dimana selain kuat menopang beban dari kendaraan, juga harus ringan agar efisiensi terhadap pemakaian listrik lebih rendah. Aluminium adalah satu alternatif yang akan di jadikan bahan rangka dari kendaraan tersebut karena ringan. Dalam penelitian ini, pipa aluminium 6063 akan di jadikan sebagai bahan untuk rangka, dimana pipa yang di gunakan berdiameter 28,5 mm dengan tebal rata rata 1,5 mm. Rangka kendaraan tersebut terdapat sambungan-sambungan dan tiap sambungan akan dilas menggunakan TIG dengan logam pengisi aluminium 5356 berdiameter 1,6 mm. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian pengaruh parameter pengelasan terhadap kekuatan sambungan las. Besarnya Heat input akan menjadi parameter dalam membandingkan kekuatan hasil sambungan las ini. Variasi arus yang di gunakan adalah 80 Ampere, 100 Ampere dan 120 Ampere, kemudian hasil pengelasannya di uji bending dan uji kekerasan serta analisa struktur mikro pada sekitar daerah lasan. Di pilih uji bending karena dalam aplikasinya rangka pada umumnya mengalami pembebanan lentur dari penumpang dan mesin yaitu rata rata sebesar 600 N penumpang dan 400 N mesin, total 1000 N. Uji lentur yang di lakukan hingga spesimen mengalami patah. Sedangkan analisa struktur mikro di lakukan untuk memperkuat analisa terhadap hasil dari pengujian mekanik. Dari hasil pengujian, kekuatan sambungan menahan beban lentur rata rata yaitu untuk base metal 1461 N, arus 80 Ampere adalah 1411 N, arus 100 Ampere 1230 N dan 120 Ampere adalah 975 N. Dan dari hasil uji keras pun semakin tinggi arus atau heat input, harga kekerasan semakin rendah. Di lihat dari struktur mikro semakin tinggi arus, ukuran butir semakin besar dan lebar daerah HAZ juga semakin besar. Arus yang tinggi atau masukan panas yang tinggi menyebabkan pertumbuhan butir semakin tinggi. Ukuran butir mempengaruhi kekuatan dan kekerasan dimana semakin besar butir kekuatan dan kekerasan akan turun dan lebih cenderung getas. Selain itu arus yang besar juga menyebabkan hasil pengelasan pada plat tipis akan menimbulkan cacat, tembus atau bolong bolong. Maka dalam pengelasan pipa aluminium 6063 diameter 28,5 dengan ketebalan rata rata 1,5 mm ini di sarankan menggunakan arus yang rendah yaitu 80 Ampere. Dan Kekuatan lentur pada arus 80 Ampere ini sudah melebihi batas minimum kekuatan (1000 N).

Kata kunci: pengelasan aluminium, uji lentur, arus pengelasan

### 1. Pendahuluan

Bentuk dan dimensi rangka untuk perencanaan mobil listrik dengan satu penumpang didisain sesederhana mungkin, karena efisiensi mobil listrik sangat di pengaruhi oleh berat total dari kendaraan tersebut. Selain berat, juga harus mampu menahan gaya aksial, gaya normal, momen, aksi percepatan perlambatan, juga menahan kejutan yang diakibatkan bentuk permukaan jalan, mampu meredam dan menyerap energi akibat beban kejutan akibat benturan dengan benda lain [1]. Oleh karena itu, dibutuhkan material yang ringan dan kuat untuk memenuhi spesifikasi tersebut. Bahan Aluminium adalah salah satu solusi, karena ringan dan dipasaran memiliki variasi bentuk dan dimensi yang relatif banyak.



**Gambar 1** Gambar disain rangka mobil listrik satu penumpang

Namun ada beberapa kendala, dalam disain terdapat banyak sambungan –sambungan seperti dapat di lihat pada gambar 1. Setiap sambungan akan disambung dengan proses pengelasan. Pengelasan adalah salah satu proses teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan sehingga menghasilkan sambungan yang kontinu [2].

Proses pengelasan yang di lakukan pada rangka tersebut sangat mempengaruhi karakteristik mekanik bahan, pada umumnya akibat pengelasan karakteristik mekanik dari bahan menurun, hal ini disebabkan karena hasil pengelasan dapat menimbulkan cacat-cacat akibat kesalahan welder atau parameter pengelasan yang di gunakan tidak tepat. Beberapa parameter yang berpengaruh terhadap hasil pengelasan antara lain adalah hubungan antara logam induk dengan logam pengisi, kualifikasi welder, bentuk sambungan, masukan panas atau *heat input*. Masukan panas terdiri dari Arus, tegangan dan kecepatan pengelasan. Variasi besarnya arus dan laju kecepatan pengelasan (*travel speed*) harus seimbang, tergantung kepada jenis material dan tebal plat yang dilas. Masukan panas ini harus di kendalikan untuk beberapa alasan, sebagai contoh masukan panas yang berlebih menyebabkan material mengalami distorsi, penyusutan lateral dan kecenderungan pembentukan fasa yang merugikan. Semua ini dapat mempengaruhi *serviceability* struktur las, mengurangi ketahanan material terhadap korosi dan menurunnya sifat-sifat mekanis. Batasan masukan panas di tentukan oleh banyak faktor, salah satunya adalah dimensi dari logam yang akan dilas yaitu ketebalan [2]. Angka *heat input* yang rendah akan menyebabkan penetrasi yang dangkal dan angka *heat input* yang terlalu tinggi akan menyebabkan timbulnya keretakan pada daerah yang terkena panas [3].

Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan saran atas masukan panas atau besarnya arus yang tepat terhadap karakteristik mekanik yang baik pada sambungan las rangka kendaraan mobil listrik. Besarnya Heat input akan menjadi parameter dalam membandingkan kekuatan hasil sambungan las ini. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah pipa alumunium yang digunakan sebagai bahan rangka adalah seri 6063, dengan diameter 28,5 mm dan tebal rata rata 1,5 mm. Alumunium 6063 adalah alumunium paduan magnesium dan silikon. Al 6063 memiliki sifat mekanik yang baik, sifat-sifatnya dapat di ubah dengan proses perlakuan panas (*heat treatable*), dan yang lebih utama memiliki sifat mampu las yang tinggi (*weldable*). Permukaannya yang mengkilat sehingga sering di gunakan untuk material *architectural* dan juga di gunakan untuk beban beban tinggi dan rendah seperti frame atau rangka [4]. Berikut tabel 1, dapat dilihat data data alumunium 6063.

Pengelasan menggunakan TIG dengan logam pengisi alumunium 5356 berdiameter 1,6 mm. Pengelasan dilakukan oleh welder dengan kualifikasi 6G. Masukan panas yang di variasikan adalah arus, dimana variasi arus yang di gunakan adalah 80 Ampere, 100Ampere dan 120 Ampere dan Sambungan yang di pilih adalah sambungan tumpul tanpa kampuh dan satu layer. Gas pelindung yang di gunakan adalah argon 99%.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana kekuatan bending sambungan las, kekerasan dan struktur mikro sambungan terhadap variasi besar arus. Di pilih uji bending karena dalam aplikasinya rangka pada umumnya mengalami pembebanan lentur dari penumpang dan mesin yaitu rata rata sebesar 600 N penumpang dan 400 N mesin, total 1000 N. Uji lentur yang di lakukan hingga

spesimen mengalami patah. Pengamatan struktur mikro di lakukan untuk memperkuat analisa pada daerah hasil lasan terhadap hasil pengujian mekanik.

**Tabel 1** Komposisi kimia dan sifat mekanik Al 6063 (Asm Handkbook, Vol 2)

Supplier report

Al 6063	Si	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Fe	Ni	Al
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Average	0.455	0.038	0.016	0.541	0.011	0.026	0.011	0.231	0.008	98.65

Standard Mechanical Properties

Alloy	Temper	Min Ultimate Strength (MPa)	Min Hardness (BHN)	Elongation (%)
6063	0	90	25	12
	T4	130	35	14
	T5	150	45	7
	T6	185	63	7

## 2. Metodologi Penelitian

Penelitian yang di lakukan menggunakan metode eksperimental. Proses pengelasan dan pengujian bending, pengujian kekerasan Vickers serta pengamatan struktur mikro dilakukan di laboratorium produksi dan material teknik Jurusan Teknik Mesin Itenas Bandung. Seperti pada gambar 2, Al 6063 di potong potong kemudian di las dengan variasi arus 80 Ampere, 100 Ampere dan 120 Ampere, masing masing terdiri dari tiga spesimen.



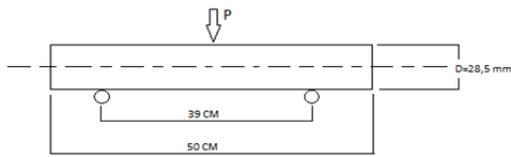
**Gambar 2** Proses pemotongan dan pengelasan 80A, 100 A, 120 A

Setelah di las, permukaan hasil lasan di kikir untuk meratakan permukaan dan melihat apakah permukaan lasan ada yang cacat atau tidak, jika cacat maka spesimen tersebut tidak di pakai sebagai spesimen uji.



**Gambar 3** Proses Pengikiran dan hasilnya

Kemudian dilanjutkan dengan pengujian bending dengan menggunakan mesin, penekukkan di lakukan tepat pada daerah lasan (seperti pada gambar 4), sehingga dapat di lihat bagaimana kondisi permukaan lasan setelah di tekuk dan di ketahui juga berapa kekuatan sambungan untuk menahan beban lentur yang di terima.



Gambar 4 Proses Uji bending



Gambar 5 Hasil pengujian bending untuk 80 A, 100 A, 120 A



Gambar 6 Spesimen untuk pengamatan struktur mikro untuk 80 A, 100 A, 120 A

Material yang di potong potong diatas telah di pilih melalui pengujian visual, dimana hasil pengelasan yang cacat tidak di ambil sebagai spesimen, kemudian di lanjutkan dengan pengamatan struktur mikro. Pengamatan struktur mikro diawali dengan *mounting* (gambar 6), pengamplasan dengan mesh 400, 600, 800, 1000, 1200, 2000 dan pemolesan dengan pasta dan kain beludru (selvyt). Untuk cairan etsa di gunakan HCL, HNO<sub>3</sub>, HF dan CH<sub>3</sub>OH) [5]. Spesimen untuk struktur mikro juga di jadikan spesimen untuk uji kekerasan dengan menggunakan Vickers.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengujian bending hingga mencapai sudut 90<sup>0</sup>, seperti pada gambar 5, secara visual permukaan las hasil bending ada yang patah dan retak. Patah dan retak terjadi tidak pada daerah *weld metal* tapi terjadi pada daerah HAZ. Dapat dilihat pada gambar 7. Hal ini terjadi karena daerah weld metal sudah menjadi daerah superior karena ada pengaruh dari asupan dari logam pengisi dan pengaruh argon. Sedangkan pada daerah HAZ, menjadi daerah yang lemah karena pengaruh panas akan mengubah struktur mikro sehingga berpengaruh kepada sifat mekanik, pada umumnya sifat mekaniknya menjadi turun dan bersifat getas.

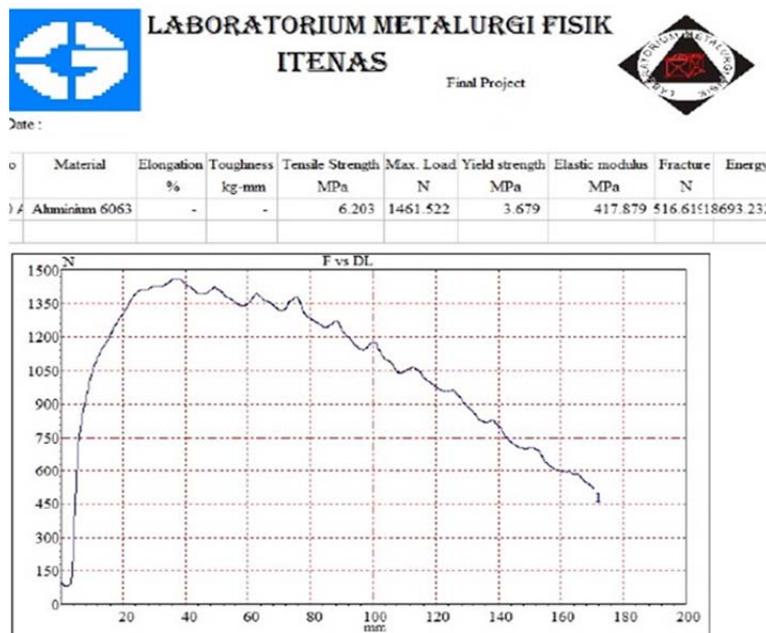


**Gambar 7** Permukaan hasil uji bending

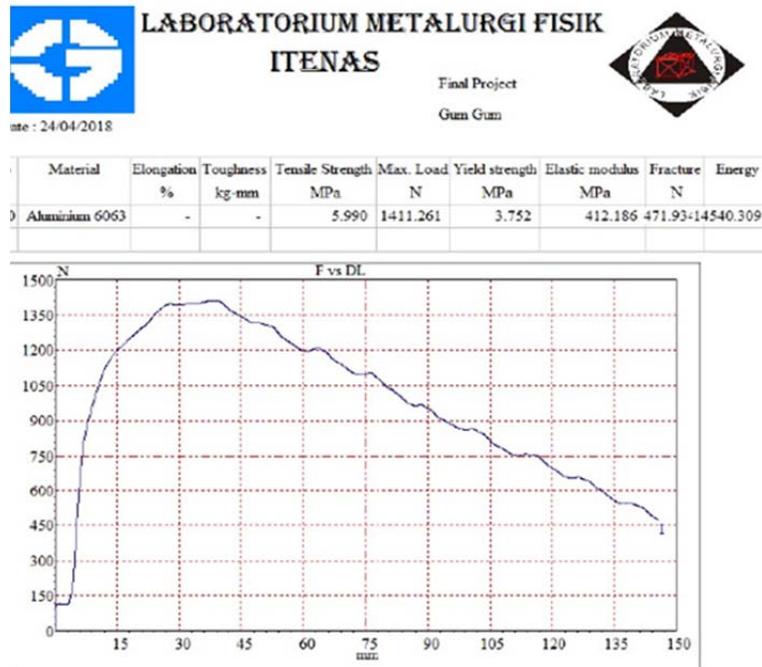
*Base metal* yang di maksud pada tabel 2 di bawah adalah spesimen yang di bending tanpa ada sambungan, yang merupakan acuan dari hasil sambungan. Artinya kekuatan lentur sambungan yang baik adalah lebih besar dari kekuatan lentur *base metal* (tanpa sambungan) atau sama atau mendekati kekuatan lentur *base metal*.

**Tabel 2** Besarnya beban lentur yang dapat di tahan oleh sambungan

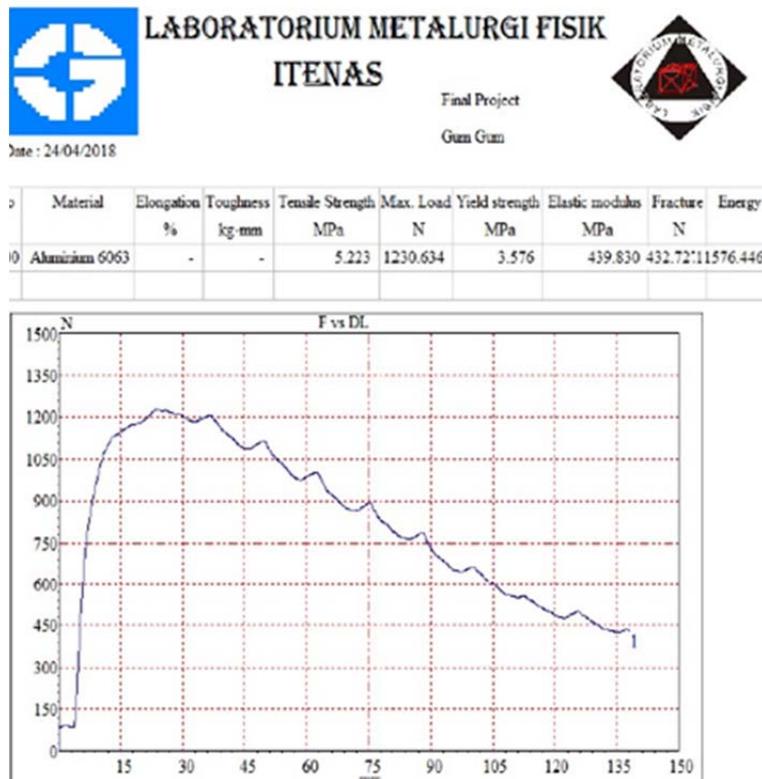
<i>Spesimen</i>	Beban lentur (N)
<i>Base Metal</i>	1461
80 Ampre	1411
100 Ampre	1230
120 Ampre	975



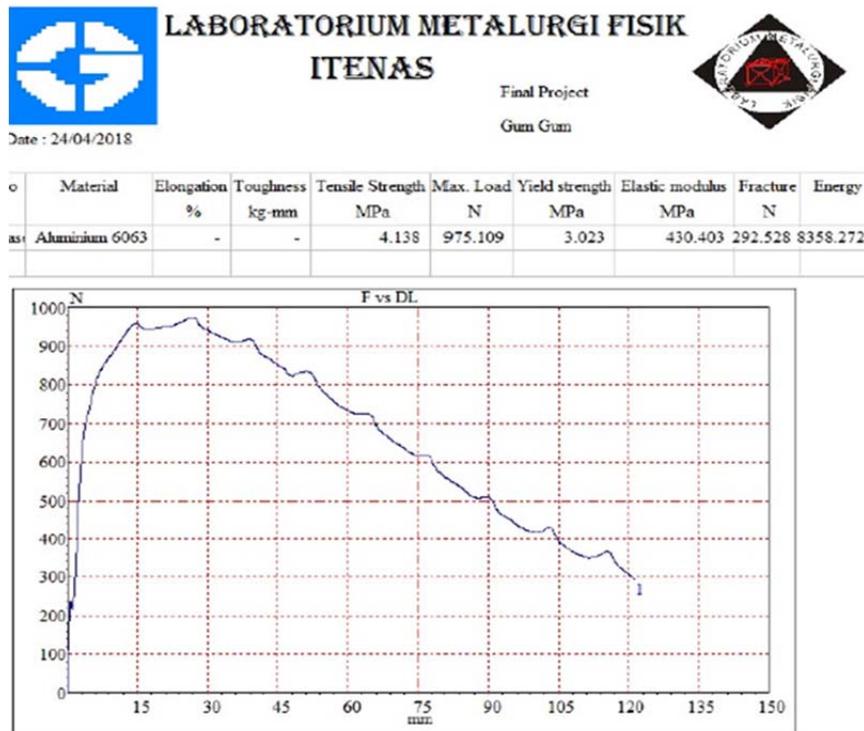
**Gambar 8** Grafik beban lentur yang dapat di tahan oleh spesimen tanpa sambungan (*base metal*)



Gambar 9 Grafik beban lentur yang dapat di tahan oleh spesimen dengan Arus 80 Ampere



Gambar 10 Grafik beban lentur yang dapat di tahan oleh spesimen dengan Arus 100 Ampere



**Gambar 11** Grafik beban lentur yang dapat di tahan oleh spesimen dengan Arus 120 Ampere

Dari hasil uji lentur dapat di lihat bahwa semakin tinggi arus, maka harga ketahanan terhadap beban lentur dari pipa hasil pengelasan semakin rendah di banding kekekuatan lentur dari *base metal*. Untuk arus yang rendah 80 A, kekuatan lenturnya lebih mendekati harga kekuatan lentur pipa tanpa las sedangkan untuk arus yang tinggi hingga 120 A, kekuatan lenturnya jauh di bawah *base metal*, hal ini di sebabkan karena masukan panas yang tinggi dapat menyebabkan beberapa hal antara lain spesimen mengalami distorsi yang berlebih karena terjadinya penyusutan lateral dan kecendrungan pembentukan fasa yang merugikan serta ukuran butir di daerah terpengaruh panas menjadi lebih besar, hal ini dapat menyebabkan sambungan menjadi getas (rapuh). Hal ini dapat di lihat pada hasil pengamatan struktur mikro pada gambar 11. Hubungan antara ukuran butir dengan sifat mekanis ini sudah di nyatakan oleh *Hall and Petch* bahwa semakin besar diameter butir maka angka kekerasan, kekuatan luluh akan kekuatan fatik akan menurun dan laju perambatan retak lebih cepat [6]. Selain itu secara teknis dan hasil dari permukaan lasan untuk arus yang tinggi 120 A pada pengelasan pipa banyak mengalami cacat, antara lain permukaan lasan bolong-bolong walaupun polaritas pengelasan di ganti ganti ( menggunakan DCEP atau DCEN).

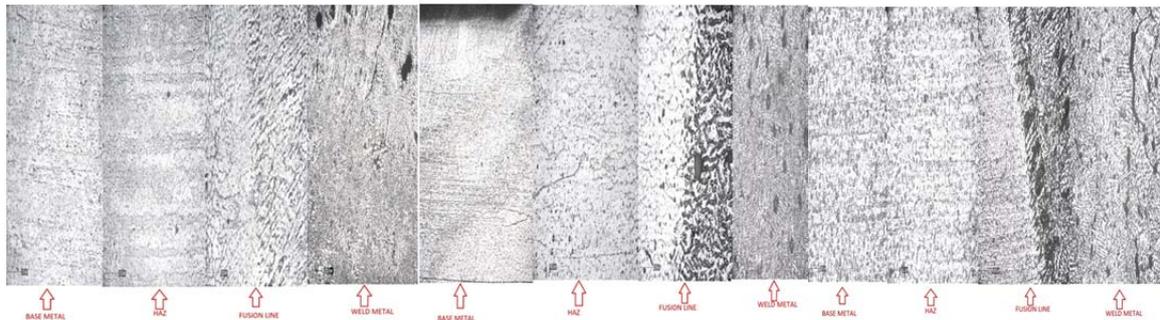
Untuk membuktikan lebih lanjut dilakukan pengujian kekerasan. Pengujian kekerasan di lakukan pada logam induk yang tidak dilas, HAZ dan weld metal. Alat yang digunakan untuk uji keras ini adalah microvickers dengan beban maksimum 1 kg dan pengujian ini sangat cocok untuk material yang lunak atau kekuatannya rendah seperti alumunium. Pada setiap daerah di lakukan 5 kali pengujian dan kemudian di rata ratakan. Angka kekerasan rata rata hasil pengujian dapat di lihat pada tabel 3.

**Tabel 3** Hasil uji keras pada daerah pengelasan

Pengujian	Logam induk (tanpa las)	80 A		100A		120 A	
		HAZ	Weld Metal	HAZ	Weld Metal	HAZ	Weld Metal
Rata-Rata	51,3 VHN	67 VHN	69 VHN	58 VHN	66 VHN	53 VHN	61 VHN

Dari hasil uji keras juga terlihat bahwa, pada arus 120 A angka kekerasan lebih rendah baik di daerah HAZ dan Weld metal di dibandingkan dengan arus 80 A dan 100A. Jika di dibandingkan kekerasan pada

pipa yang tidak dilas (logam induk) dengan daerah HAZ pipa yang dilas, kekerasannya meningkat pada setiap kenaikan arus (tabel 3), kenaikan kekerasan ini bisa disebabkan oleh terbentuknya presipitat atau senyawa. Aluminium 6063 ini mengandung Silikon (Si) 0.45 % dan Magnesium (Mg) 0.54% berpotensi untuk membentuk presipitat  $Mg_2Si$  dan senyawa  $MgSi$ . Presipitat ini dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan dari paduan aluminium ini, namun dari pengamatan struktur mikro tidak terlihat adanya pembentukan presipitat. Sehingga pemanasan akibat pengelasan tidak mempengaruhi terbentuknya presipitat, yang akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan dari paduan pipa aluminium ini.



**Gambar 12** Hasil pengamatan struktur mikro pada 80A, 100A, 120 A, dengan pembesaran 200x.

Pengamatan struktur mikro (*metallografi*) dilakukan terhadap spesimen pada semua variasi arus. Spesimen setelah di amplas dan di poles kemudian di celupkan kedalam larutan etsa HF, 20mL HNO<sub>3</sub>, 30 mL HCL, 50mL CH<sub>3</sub>OH selama 10 detik.

Dari hasil pengamatan struktur mikro pada gambar 12, pada daerah HAZ, semakin tinggi arus, terlihat ukuran butir bertambah besar dan daerah HAZ semakin lebar. Selain itu dengan naiknya arus, daerah batas logam cair dan tidak mencair (*fusion line*) juga semakin lebar. Untuk daerah weld tidak ada perubahan yang signifikan terhadap perubahan arus. Pada daerah *base metal* pada pengelasan ini juga tidak terjadi perubahan bentuk dan ukuran butir terhadap variasi arus, karena pada daerah ini panas yang terjadi tidak terlalu besar sehingga tidak merubah struktur mikro. Dari pengamatan juga tidak terdapat presipitat yang terjadi. Ukuran butir yang besar memiliki sifat mekanis seperti kekuatan dan kekerasan yang rendah, hal ini disebabkan karena, semakin besar ukuran butir maka jumlah batas butir juga sedikit. Batas butir memiliki energi yang tinggi untuk menghalangi pergerakan dislokasi, artinya semakin sedikit jumlah batas butir, maka dislokasi semakin mudah bergerak, logam tersebut lunak. [6]

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Arus yang tinggi atau masukan panas yang tinggi menyebabkan terjadinya pertumbuhan butir yang tinggi sehingga menyebabkan butir menjadi kasar, butir yang kasar menyebabkan kekuatan lentur sambungan menjadi rendah atau dengan kata lain sambungan menjadi getas. Selain itu penggunaan arus yang tinggi, terdapat banyak cacat seperti pipa yang di las bolong bolong. Kekuatan lentur yang tinggi terdapat pada arus 80 A dan harganya mendekati kekuatan lentur pipa tanpa las. Maka dapat disimpulkan bahwa pengelasan Aluminium 6063 diameter 28,5 mm dan tebal rata rata 1,5 mm yang akan di jadikan rangka untuk mobil listrik satu penumpang adalah menggunakan besar arus 80 Ampere dimana kekuatan lenturnya diatas kekuatan lentur yang di targetkan yaitu 1000 N.

#### Daftar Pustaka

- [1] Noorsakti Wahyudi, 2016, Oktober, *Studi Eksperimen Rancang Bangun Rangka Jenis Ladder Frame pada Kendaraan Sport*. Journal of Electrical Electronic Control and Automotive Engineering (JEECAE)
- [2] Yusril Irwan, 2012. *Proses Pengelasan*, Penerbit CV. Hasba Jaya. ISBN 602891365-0

- [3] M. Hafid Huda 2017, *Pengaruh Pengelasan TIG Terhadap kekuatan Tarik dan Bending Pada sambungan Pelat aluminium 5083*. Jurnal Ilmu Pengetahuan dan teknologi kelautan (KAPAL) vol 14, No.1 1 Februari 2017
- [4] ASM Handbook, Vol 2 , *Properties and Selection, Non Ferrous Alloys And Special-Purpose Material* ASM Handbook Committee, P 103 DOI; 10.1361.
- [5] Ahmad JPY 2014, *Analisa Kekerasan , cacat las dan Struktur Mikro Pada sambungan T Paduan Aluminium 6061 T6511 Hasil Gas Metal ARC Welding Dengan Variasi Kuat Arus*, Jurnal ROTOR Volume 7 No.2 Nov 2014
- [6] William D. Callisters. JR. *Fundamentals of Material Science And Engineering*, Mc Graw Hill 1970