

## Pengaruh Heat Input Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Sambungan Butt-Joint Las Tig Pada Alumunium Paduan

Harmin Surwadi Mbeong<sup>1</sup>, Wartono<sup>2,\*</sup>, Sutrisna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional  
Yogyakarta

Jl. Babarsari, Tambak Bayan, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

\*Corresponding author: [wartono@itny.ac.id](mailto:wartono@itny.ac.id)

### Abstract

*This study aims to determine the effect of Heat Input variations on the physical and mechanical properties (TIG) of 6061 series aluminium alloy materials. TIG welding is a type of electric welding that uses electrode materials as non-consumable electrodes. This electrode is used only to produce an electric arc. The research method used 6061 series aluminium alloy material with a material size of  $300 \times 100 \times 3$  mm. Butt-joint Welding using TIG Welding (GTAW), shielding gas using Argon gas, Filler rod using aluminium filler Er 4043, welded as many as 2 layers, the material was welded using Heat Input variations. After welding was carried out, tests included, WM Composition test, Micro Structure test, Tensile test and Bending test, Raw material contains the main elements: Al of 97.31%, Mg of 0.943%, Si of 0.744%, Cr of 0.287%. The test results show that the test of the Raw Material Composition of the 6061 series Aluminum grain shape from each variation of the Heat Input selection starting from the smallest, namely 90 A (HI\_1: 731 J/mm), 100 A (HI\_2: 812 J/mm), and 110 A (HI\_3: 893 J/mm). The Tensile test results at a RAW voltage of 221.9 MPa have a good average value. Based on the results of the highest Tensile test value at HI\_3: 893.75 J/mm, all specimens broke in the HAZ area, which explains that the welding results are good and not defective. The results of the Bending test show that the average results of the RAW current, (HI\_1: 731 J/mm), (HI\_2: 812 J/mm), and (HI\_3: 893 J/mm) the highest value of the bending test HI\_3: 893 J/mm, in the bending test there were no cracks in all HI, this indicates the MW area, the welding results are good and there are no defects.*

**Keywords:** TIG Welding, Al 6061, Heat Input, Bending Testing, Tensile Testing.

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi Heat Input terhadap sifat fisis dan mekanis (TIG) pada bahan almunium paduan seri 6061. Las TIG merupakan jenis las listrik yang menggunakan bahan elektroda sebagai elektroda tidak terkonsumsi. Elektroda ini digunakan hanya untuk menghasilkan busur nyala listrik. Pengaruh Heat Input Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Sambungan Butt-Joint Las Tig Pada Alumunium Paduan. Metode penelitian yang dilakukan menggunakan bahan Almunium paduan seri 6061 dengan ukuran bahan  $300 \times 100 \times 3$  mm, kemudian di Las Butt-Joint dengan menggunakan Las TIG (GTAW), gas pelindung mengukan gas Argon, Filler rod menggunakan filler almunium Er 4043, di las sebanyak 2 layer, bahan di las dengan menggunakan variasi Heat Input. Setelah pengelasan dilakukan, pengujian-pengujian antara lain, uji Komposisi WM, uji Struktur Mikro, uji Tarik dan uji Bending, Raw material mengandung unsur utama : Al sebesar 97,31%, Mg sebesar 0,943%, Si sebesar 0,744%, Cr sebesar 0,287%. Hasil Pengujian menunjukkan, pengujian Komposisi Raw material bentuk butir Aluminium seri 6061 dari setiap variasi pemilihan Heat Input dari mulai yang terkecil, yaitu 90 A (HI\_1 : 731 J/mm), 100 A (HI\_2 : 812 J/mm), dan 110 A (HI\_3 : 893 J/mm). Hasil pengujian Tarik pada RAW tegangan 221,9 MPa mempunya nilai rata-rata yang baik.

Berdasarkan hasil uji Tarik nilai tertinggi pada HI\_3 : 893,75 J/mm, semua specimen putus di daerah HAZ, hal yang menjelaskan, hasil pengelasan baik dan tidak cacat. Hasil pengujian Bending menunjukkan bahwa hasil rata-rata dari arus RAW, (HI\_1 : 731 J/mm), (HI\_2 : 812 J/mm), dan (HI\_3 : 893 J/mm) nilai tertinggi uji Bending HI\_3 : 893 J/mm, pada uji bending tidak mengalami retak pada semua HI, hal ini menunjukkan daerah MW, hasil pengelasan baik dan tidak ada cacat.

**Kata kunci:** Pengelasan TIG, Al 6061, Heat Input, Pengujian Bending, Pengujian Tarik.

---

## PENDAHULUAN

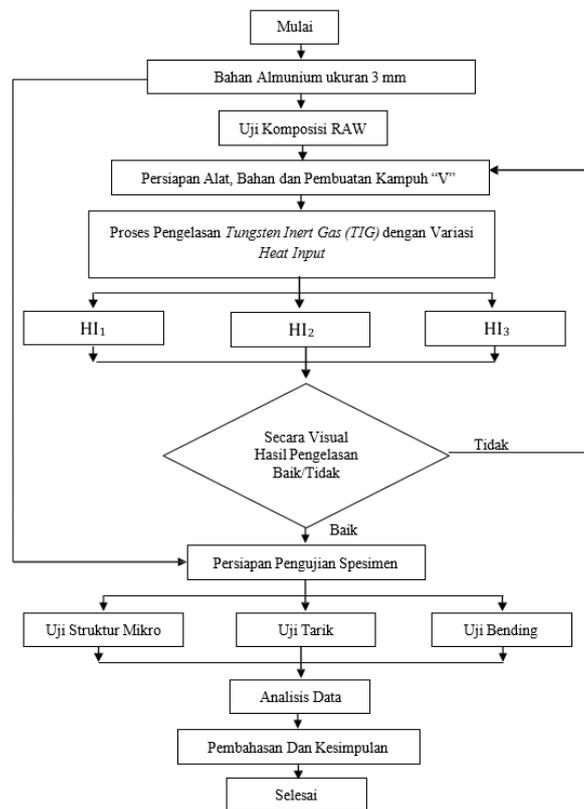
Alumunium dan paduannya merupakan logam yang banyak digunakan dibidang teknik karena memiliki berbagai keunggulan. Keunggulan tersebut yaitu ringan, mempunyai sifat mampu bentuk (formability) yang baik, kekuatan tarik relatif tinggi, tahan korosi dan sifat mekaniknya dapat ditingkatkan dengan pengerjaan dingin atau perlakuan panas, serta mempunyai sifat mampu las (weldability) yang bervariasi tergantung pada jenis paduannya [1]. Kelebihan alumunium tersebut menyebabkan alumunium dan paduannya banyak digunakan di bidang struktur dan pemesinan seperti pesawat terbang, kapal, kendaraan serta industri otomotif. Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan yang banyak dipakai pada konstruksi mesin dan struktur. Jenis pengelasan yang umum digunakan untuk alumunium dan paduannya adalah las TIG (tungsten arc welding) dan las MIG (metal inert gas). Pengelasan adalah proses penyambungan antara bagian logam atau lebih dengan menggunakan panas

Pemanasan lokal pada permukaan logam induk selama proses pengelasan menghasilkan daerah pemanasan yang unik, artinya disetiap titik yang mengalami pemanasan itu memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Pengelasan yang sempurna adalah apabila logam pengisi bercampur secara sempurna dengan logam induk [2]. Gagalnya proses pencampuran ini disebabkan oleh adanya lapisan oksida yang menjadipembatas atau penghalang sehingga mengakibatkan cacat yaitu penetrasi tak sempurna (incomplete penetration). Oleh karena itu dibutuhkan solusi untuk menghilangkan lapisan oksida ini yaitu dengan cara menggunakan proses pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG). Las TIG merupakan jenis las listrik yang menggunakan bahan tungsten sebagai elektroda tidak terkonsumsi. Elektroda ini digunakan hanya untuk menghasilkan busur nyala listrik. [3] Alumunium seri 6061 mengandung paduan Al-Mg-Si dapat diperlakukan panas dan mempunyai sifat mampu potong, las, dan tahan korosi yang tinggi. Bahan pengeras pada paduan seri 6061 adalah magnesium silikon (Mg<sub>2</sub>Si) [4].

Paduan alumunium biasanya dibagi menjadi dua kategori yaitu tidak dapat diproses perlakuan panas (*non heat treatable*) dan yang dapat diproses perlakuan panas (*heat-treatable*). Paduan non heat treatable adalah paduan yang menurunkan kekuatannya dari efek pengerasan elemen seperti mangan, besi, silikon, dan magnesium [5-6]. Paduan *heat-treatable* merupakan paduan dimana kekuatannya dapat ditingkatkan dengan pelarutan diikuti penuaan dan mencakup paduan seri 2XXX, beberapa 4XXX, 6XXX, dan 7XXX. Pengelasan tungsten inert gas (TIG) merupakan kelompok las busur gas dengan elektroda tak terumpan, dimana gas dihembuskan ke daerah las untuk melindungi busur dan logam yang mencair terhadap atmosfer, gas yang digunakan sebagai pelindung adalah gas mulia, biasanya dipakai gas Helium (He) atau gas Argon (Ar) sedangkan elektroda yang digunakan adalah batang wolfram yang dapat menghasilkan busur listrik tanpa ikut mencair.[7] Variabel utama pada pengelasan TIG adalah tegangan busur tegangan busur (arc length), arus pengelasan, kecepatan gerak pengelasan (travel speed), dan gas lindung [4]. Pengelasan memiliki beberapa macam cacat las contohnya karena pengerukan, porositas, pengerutan benda kerja, inklusi slag, over spatter, retak manik, penetrasi incomplete fusion, retak dingin pada bahan las, retak panas.[5]

Filler Las TIG pada aluminium terdiri dari dua bahan penting yaitu elektroda dan filler. Elektroda merupakan bahan yang digunakan untuk menciptakan busur listrik sedangkan filler adalah bahan yang digunakan untuk mengisi celah antara dua logam yang dilas. Pemilihan elektroda las sangat penting untuk proses karena menentukan kekuatan, hasil lasan, dan juga produksi spatter. Elemen dasar yang digunakan dalam filler aluminium adalah magnesium, mangan, seng, silikon, dan tembaga agar dapat meningkatkan kekuatan dan tahan terhadap korosi. Pengujian komposisi penting dilakukan untuk memastikan kualitas saat penerimaan bahan material industri manufaktur baik sebagai bahan baku produksi maupun sebagai komponen konstruksi yang siap pakai. Dalam melakukan uji komposisi menggunakan metode analisis kualitatif untuk mengetahui analisis kimia yang hanya tau bahwa sampel mengandung senyawa dan unsur tertentu tanpa tau unsur yang terkandung didalamnya seberapa banyak. Pengujian struktur mikro merupakan gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang diamati melalui teknik metalografi. Struktur mikro suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Pengujian ini digunakan untuk mengukur kekuatan material setelah menerima pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di weld maupun HAZ.

## METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir

### Tempat Pengujian

Penelitian ini dilakukan di Inlastek Solo untuk pengujian Las TIG, untuk pengujian komposisi di Poilteknik Manufaktur Ceper Klaten, sedangkan untuk pengujian Tarik dan struktur mikro dilakukan di laboratorium D-III Teknik Mesin UGM.

### Alat Penelitian

Dalam penelitian ini pengelasan dan pengujian yang digunakan diantaranya mesin las TIG, Sikat Baja, Gas Pelindung Argon, Regulator Gas Pelindung dan Flowmeter, Selang, Gerinda, Tang, Alat Uji Komposisi, Selang Las atau TIG Torch, Welding Shielding, Welding Glove, Masker, Mesin Pengampelas, Alat Uji Struktur Mikro, Alat Uji Tekan/Bending.

### **Bahan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan bahan penelitian diantaranya plat aluminium ukuran 200 x 300 mm 3 mm, Elektroda Las ER4043, Resin, Autosol, Waslap, Double tape, Ampelas ukuran 100,400, 500, 800, 1000, 1500, dan 2000, kain beludru.

### **Proses Pengelasan**

Proses pengelasan aluminium dengan metode las TIG dilakukan dengan 16 langkah yang selanjutnya dilakukan pengelasan TIG menggunakan elektroda AWS TIG ROD ER4043 dengan 90 amper, 100 amper, dan 110 amper.

### **Persiapan Spesiemen Pengujian TIG**

Pengujian ini dilakukan pengelasan TIG di Inlastek Solo. Setelah dilakukan proses pengelasan TIG pada bahan, benda uji, dan didapat hasil pengelasan yang baik proses selanjutnya adalah persiapan spesiemen pengujian. Berikut ini persiapan pengujian berdasarkan pengujian struktur mikro yaitu 100 mm X 10 mm X 3 mm dengan mesin las TIG dengan variasi arus 90 amper, 100 amper dan 110 amper dengan Filler ER-4043 bentuk specimen yang akan dilas berukuran panjang 300 mm dan lebar 200 mm. Setiap benda uji masing masing dipotong 2 spesiemen. Lalu pemotongan spesiemen ini dipotong menggunakan gergaji tangan. Lalu pada bagian samping dan tepi diratakan atau dihaluskan menggunakan amplas.

### **Pengujian Bahan**

#### **Pengujian Komposisi**

Pengujian ini dilakukan di POLMAN Ceper Klaten yang dilakukan sebelum mengalami proses pengelasan. Tujuannya untuk mengetahui seri paduan aluminium paduan yang nantinya akan digunakan untuk ementukan bahan dari aluminium yang nantinya akan digunakan untuk menentukan bahan dari aluminium pada proses pengelasan TIG.

#### **Pengujian Struktur Mikro**

Pengujian ini untuk mengetahui susunan struktur mikro penyusunan material akibat pengaruh pengelasan. Kemudian dilakukan pengamatan dalam mikroskop dengan pembesaran 100 kali kemudian di foto yang diambil pada bagian Base Metal.

#### **Pengujian Tarik**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan Tarik dari satu bahan yang akan diuji. Metode pengujian ini di lakukan di laboratorium bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM.

#### **Pengujian Bending**

Pengujian ini merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual dan untuk emngukur kekuatan material akibat pembenanan dan kekenyalan dari spesiemen. Pengujian ini dilakukan di laboratorium D-III Teknik Mesin UGM.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Pengujian Komposisi Raw Material**

Uji komposisi ini dilakukan pada 2 posisi tembak yaitu pada raw material dan daerah las (*weld metal*), pengujian dilakukan untuk mengetahui berapa presentase unsur yang terkandung dalam plat aluminium paduan yang belum terpengaruh pengelasan (*raw material*) maupun

yang telah terpengaruh oleh pengelasan sehingga dapat diketahui perbandingan kadar kandungan unsur kimia dari kedua benda uji tersebut. Dari hasil pengujian komposisi kimia pada spesimen uji *aluminium* Paduan, didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 1.** Pengujian Komposisi

Unsur	Sampel Uji	
	<i>Raw Material</i>	<i>Weld Metal</i>
Si	0,744	3,089
Fe	0,344	0,240
Cu	0,265	0,116
Mn	0,012	0,0048
Mg	0,943	0,326
Cr	0,287	0,098
Ni	<0,0050	<0,0050
Zn	0,019	0,013
Ti	-0,024	0,019
Pb	<0,0050	<0,0050
Sn	<0,0050	<0,0050
V	0,012	0,011
Sr	0,0023	0,014
Zr	<0,0020	<0,0020
Cd	<0,0050	<0,0050
Co	<0,0030	<0,0030
B	0,0052	0,0040
Ag	<0,0010	<0,0010
Bi	<0,0060	<0,0060
Ca	0,0025	0,0014
Li	<0,300	<0.300
Al	97,31	96,05

Tabel 1, menunjukkan bahwa raw material mengandung unsur utama : Al sebesar 97,31%, Mg sebesar 0,943%, Si sebesar 0,744%, Cr sebesar 0,287%. Semula diduga bahwa raw material adalah paduan aluminium seri 7xxx, tetapi setelah dicari kecocokan ternyata aluminium yang digunakan adalah seri 6xxx karena pada seri 7xxx Zinc (1% - 8,2%), sementara aluminium yang digunakan dibawah 1%. Sedangkan pada daerah las (*weld metal*) terdapat kandungan unsur Al, Mg, Si, Cu. Pada setiap arus yang digunakan memiliki nilai yang berbeda akan tetapi tetap unsur tersebutlah yang paling unggul. Pada daerah las kandungan Mg terlihat lebih besar dari pada *raw material* dikarenakan pada daerah las ada penambahan filler ER4043 dimana kandungan filler tersebut mempunyai unsur Mg 4,5% - 5,5% dengan metode pengujian ASTM E 415-08.

#### **Hasil Pengujian Struktur Mikro**

Pengujian struktur mikro dilakukan dengan cara tertentu yaitu, Mengambil foto mikroskop optik dengan perbesaran 100x dan 200x untuk mengetahui perubahan struktur akibat las *Tungsten Inert Gas* (TIG) material aluminium seri 6061 dan kecepatan pengelasan yaitu  $V_1 = 10$  cm/menit didaerah *Weld Metal*, *Heat Affected Zone* (HAZ) dan *Base Metal* Berubah bentuk dan ukuran setelah proses *Tungsten Inert Gas* (TIG).

#### **Hasil Pengujian Struktur Mikro Weld Metal**

Dapat dilihat munculnya perbedaan bentuk butir Aluminium seri 6061 dari setiap variasi pemilihan Heat Input dari mulai yang terkecil, yaitu 90 A, 100 A, 110A. Dari hasil pengujian

struktur mikro pada daerah Weld Metal Dapat terlihat jika diamati secara virtual hasil struktur mikro tampak mengalami perubahan struktur yang disebabkan oleh perbedaan sifat yang disebabkan karena adanya komposisi kimia dan perbedaan kecepatan pendinginan karena panas pengelasan, namun pada daerah Al-Mg-Si untuk Weld Metal Tidak dominan jikalau dibandingkan dengan Al.

### Hasil Pengujian Sturuktur Heat Affected Zone

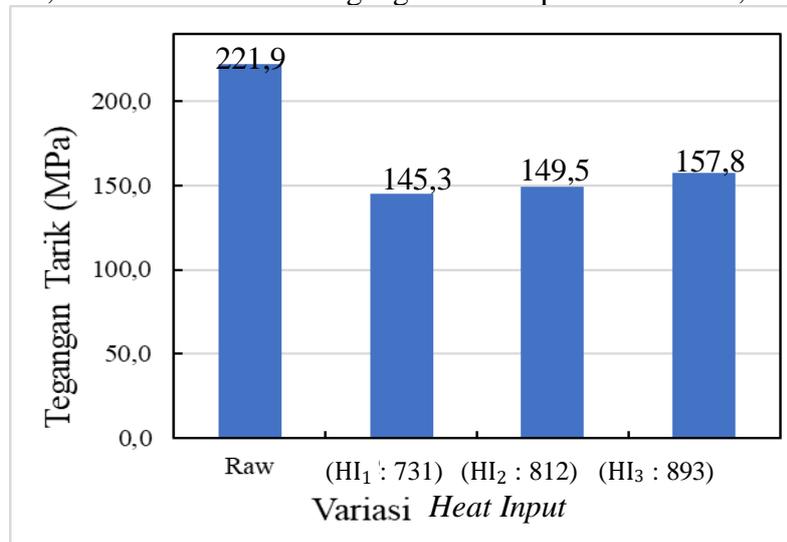
Daerah HAZ mempunyai bentuk butiran yang mengalami perubahan cenderung menjadi besar. Pada lebih dominan kebutiran berwarna hitam (Al-Mg-Si) dan berbentuk butiran sangat halus pada daerah logam induk. Dengan butiran rata-rata 10  $\mu\text{m}$ . Kristal berbentuk equiaxed.

### Hasil Pengujian Struktur Mikro Base Metal

Hasil struktur mikro menunjukkan ukuran butir pada daerah Base Metal, akan berpengaruh terhadap kekuatan dan semakin besar ukuran butir maka tingkatan kekerasan akan meningkat. Hal ini disebabkan karena ukuran butir pada Base Metal sangat besar dan mempunyai butir yang banyak, sehingga batas butir ini menghambat gerakan dislokasi. Daerah lasan memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan pada daerah HAZ. Base Metal adalah bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur maupun sifat pada logam tersebut. Material dari Base Metal adalah aluminium seri 6061 yang terdiri dari paduan aluminium magnesium ditambah Silicon (Al-Mg-Si), Sehingga hasil uji foto mikro juga menunjukkan adanya batas-batas grain boundaries senyawa magnesium silida  $\text{Mg}_2\text{Si}$  pada daerah gelap dan Al pada daerah yang terang [6].

### Hasil Pengujian Tarik

Hasil pengujian Tarik tegangan dan regangan menunjukkan hasil tegangan tarik F sebesar 216,93 MPa dan hasil Regangan sebesar 8,14%. Untuk hasil tarik dan regangan arus 90 Amper sebesar 143,46 Mpa dan 16,84%. Hasil tarik dan regangan arus 100 Amper sebesar 160,56 Mpa dan 10,26%. Hasil tarik dan regangan 110 amper sebesar 154,24 Mpa dan 8,40%.



**Gambar 2.** Grafik pengujian tarik

Gambar 2 diatas menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada Raw Material dan arus  $\text{HI}_3 : 893\text{J/mm}$  yang menggunakan kuat arus. Adapun kondisi spesimen setelah dilakukan uji tarik seperti terlihat pada Gambar dibawah ini:



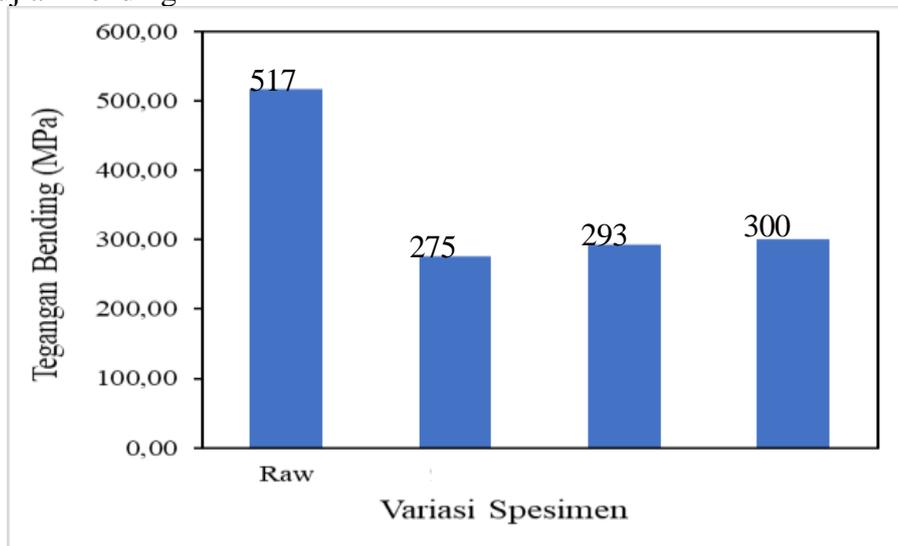
**Gambar 3.** Sebelum pengujian Tarik.



**Gambar 4.** Hasil Setelah Pengujian Tarik.

Hasil proses pengelasan TIG sangat dipengaruhi Heat Affected Zone (HAZ) yang sangat ditentukan oleh penggunaan besarnya arus pada saat pengelasan. Pada pengujian kekerasan pada daerah HAZ diperoleh nilai kekerasan yang lebih tinggi dibanding kekerasan pada daerah logam induk. Dari hasil uji tarik menunjukkan adanya peningkatan sifat mekanis bila proses pengelasan dilakukan pada arus lebih tinggi.

Hasil Pengujian Bending



**Gambar 5.** Grafik kekuatan Bending

Gambar 2 diatas menunjukkan bahwa kekuatan bending tertinggi diperoleh dari proses pengelasan dengan Raw material dan HI3 : 893 J/mm kekuatan bending semakin tinggi seiring dengan semakin memperkuatnya HI yang digunakan. Kekuatan bending terendah diperoleh dari proses pengelasan TIG dengan kuat arus HI1 : 731) J/mm dan kekuatan bending semakin naik seiring dengan naiknya kuat arus yang digunakan pada proses pengelasan. Adapun kondisi spesimen setelah dilakukan uji bending seperti terlihat pada Gambar dibawah ini.



**Gambar 6.** Hasil Setelah uji Bending

Dari hasil Pengujian *bending*, semua specimen yang di uji tidak mengalami retak baik pada daerah *MW* maupun pada daerah *HAZ*. Hal ini menunjukkan hasil pengelasan baik dan tidak ada porositas pada daerah *MW*.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji komposisi pada baha base metal dan weld metal unsur yang dominan adalah Al, Si, dan Mg. Adapun besaarnya pada baja base metal Al : 97,31 Mg : 0,943 dan Si : 0,744 serta pada baja weld metal Al : 96,05 Mg : 0,326 dan Si : 3,089 maka kedua Paduan tersebut termasuk Paduan Al, Si dan Mg, sehingga dapat dikategorikan sebagai Paduan Aluminium seri 6.
2. Berdasarkan hasil struktur mikro dapat disimpulkan bahwa perubahan struktur mikro mempengaruhi keuletan pada daerah pengelasan, oleh karena itu terlihat struktur mikro dengan butiran-butiran pada daerah Base Metal, HAZ dan Weld Metal. Dilihat pada gambar hasil pengujian daerah Base Metal, HAZ dan Weld Metal dengan pembesaran 100x bahwa pada Butiran-butiran menunjukkan semakin kecil butiran maka menunjukan ikatan semakin lebih kuat
3. Hasil pengujian Tarik pada RAW tegangan sebesar 221,9 MPa mempunyai nilai rata-rata yang baik pada arus variasi heat input ialah pada arus 110 amper yaitu 157,8 Mpa. Berdasarkan hasil uji Tarik nilai tertinggi pada  $HI_3 = 893,7 \text{ J/mm}$  semua specimen putus di daerah HAZ, hal yang menjelaskan, hasil pengelasan baik dan tidak cacat.
4. Hasil pengujian Bending menunjukkan bahwa hasil rata-rata dari arus RAW adalah ( $HI_1: 731 \text{ J/mm}$ ), ( $HI_2 = 812 \text{ J/mm}$ ), dan ( $HI_3 = 893 \text{ J/mm}$ ) nilai tertinggi uji Bending  $HI_3 = 893 \text{ J/mm}$ , pada uji bending tidak mengalami retak pada semua HI, dengan nilai tertinggi Raw Material 517,69 J/mm hal ini menunjukkan hasil pengelasan baik dan tidak ada cacat.

## REFERENSI

- [1] Mandal. (2005). *Aluminum Welding* (Mandal, Ed.; 2nd ed.). Kharagpur.
- [2] Mathers, N., Fox, N., & Hunn, A. (2009). Suverys and questionnaires. In *Surveys and Questionnaires*. The NIHR RDS EM / YH.
- [3] Sonawan, & Suratman. (2004). *Pengantar Untuk Pengelasan Logam*. Alfa Beta.
- [4] Sriwidharto. (2006). *Petunjuk Kerja Las*, Cetakan Ke 6. Pradnya Paramita.
- [5] Wartono. (2022). Bahan kuliah Teknik Pengelasan, Teknik Mesin, ITNY
- [6] Wartono, H Kantara (2015), Pengaruh putaran terhadap Stuktur Mikro dan Sifat mekanis Sambungan FSW pada *Almunium* 6061
- [7] Wiryosumarto, H dan T. Okumura. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*
- [8] Farkhan, M. F., Sutrisna and Bagus Prasetyo, A. (2023) “Analisis Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Tahan Karat Austenitik Terhadap Variasi Temperatur Temper”, *Cendekia Mekanika*, 3(1), pp. 41-50.
- [9] Arifin, F., Wartono and Bagus Prasetyo, A. (2024) “Studi Analisis Heat Input Terhadap Kekuatan Lengkung (Bending) Dan Kekuatan Tarik Sambungan Activated – Tig (A-Tig) Pada Baja Karbon Rendah”, *Cendekia Mekanika*, 5(1), pp. 54-61.