



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Perbandingan Kekuatan Impak, Tarik, dan Mikrografi Sambungan Las MIG dan TIG pada Aluminium 6061 dengan Variasi Media Pendingin Udara dan Air Tawar

Rendy Kastanto<sup>1)</sup>, Untung Budiarto<sup>2)</sup>, Sarjito Jokosisworo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Pengelasan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

e-mail : [rendykastanto28@gmail.com](mailto:rendykastanto28@gmail.com), [budiartountung@gmail.com](mailto:budiartountung@gmail.com), [sarjitojs@gmail.com](mailto:sarjitojs@gmail.com)

### Abstrak

Aluminium 60601 adalah paduan logam yang biasa digunakan sebagai kerangka konstruksi dalam bidang industri bangunan maupun industri perkapalan. Jenis pengelasan yang digunakan MIG dan TIG karena dapat menghasilkan pengelasan yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai perbandingan kekuatan impak, tarik dan struktur mikro yang berubah pada aluminium 6061 dengan variasi media pendingin udara dan air tawar. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Sambungan las yang digunakan yaitu single v-butt joint 60°. Dari hasil penelitian diketahui bahwa faktor pendinginan dapat mempengaruhi kualitas pengelasan yang ditinjau dari grafik kekuatannya. Untuk kekuatan impak paling besar didapat dari pengelasan TIG dengan media pendingin air tawar sebesar 0,043 J/mm<sup>2</sup>. Untuk kekutan tarik dan regangan tarik paling tinggi didapat dari pengelasan MIG dengan media pendingin air tawar sebesar 203,08 Mpa dan 4,96 %. Nilai modulus elastisitas paling tinggi didapat dari pengelasan MIG dengan media pendingin udara sebesar 133,86 Gpa. Nilai kekuatan impak paling rendah didapat dari pengelasan MIG dengan media pendingin udara. Untuk kekuatan tarik dan regangan tarik paling rendah didapat dari pengelasan TIG dengan media pendingin udara. Nilai modulus elastisitas paling rendah didapat dari pengelasan TIG dengan media pendingin air tawar. Perubahan struktur mikro pada pengelasan MIG dan TIG dengan pendingin air tawar lebih baik dibanding dengan pendingin udara, karena strukturnya lebih menyatu jika dilihat pada daerah HAZ (Heat Affected Zone). Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa aluminium 6061 dengan media pendingin air tawar lebih baik dibanding dengan pendingin udara dalam pengelasan MIG ataupun TIG.

Kata Kunci : Kekuatan, Mikrografi, Las MIG, Las TIG, Pendingin, Aluminium 6061

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi pengelasan logam adalah suatu bagian dari proses pembangunan manufaktur, penggunaan teknologi pengelasan memiliki ruang lingkup meliputi industri perkapalan, konstruksi rangka baja, industri kereta api, konstruksi jembatan dan lain sebagainya.

Alumunium merupakan logam yang memiliki golongan atau kelompok yang menjadi pembeda yakni paduan penyusunnya.[1] Aluminium 6061 adalah logam yang mengandung beberapa paduan antara Aluminium dengan magnesium-silikon; yaitu sebuah bahan yang bersifat ulet, mudah dibentuk saat ditempa, tidak mudah korosif dan kemampuan las yang baik. Pada industri teknologi perkapalan, aluminium jenis ini banyak sekali

digunakan pada kerangka konstruksi seperti kerangka pada stiffner dan kontruksi bangunan lepas pantai.[2]

Las *Metal Inert Gas* ( MIG ) merupakan suatu pengelasan yang menciptakan busur listrik antara elektroda dan logam kerja yang interaksi keduanya menghasilkan panas dan meyebabkan kedua benda tersebut meleleh dan akhirnya menyatu. Biasanya las MIG ( *Metal Inert Gas* ) dapat dipakai dengan maksimal, namun untuk pengelasan posisi tegak dan pelat tipis pengelasan ini jarang digunakan.[3]

Las *Tungsten Inert Gas* ( TIG ) merupakan proses pengelasan yang memiliki busur listrik elektroda tidak terumpan, gas mulia digunakan untuk melindungi dari pengaruh udara luar. Pada

proses pengelasan TIG akan terjadi peleburan logam yang disebabkan oleh panas yang diciptakan oleh busur listrik antara elektroda pengisi dengan logam induk.[4]

Merujuk kepada hasil tugas akhir yang pernah diujikan yaitu analisa perbandingan kekuatan tarik, impak, dan mikrografi Pada sambungan las aluminium 6061 Terhadap pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) dan MIG (*Metal Inert Gas*). Dengan jenis sambungan double v-butt joint 60°. Menghasilkan pengelasan MIG memiliki kekuatan tarik serta regangan rata-rata sebesar 109.16 MPa dan 8.27%, yang lebih baik dari pengelasan TIG. Kekuatan impak yang dihasilkan dari pengelasan TIG memiliki kekuatan impak sebesar 0.063 J/mm<sup>2</sup> lebih baik dari pengelasan MIG. Perubahan struktur mikro dari sambungan las menggunakan pengelasan MIG memiliki tingkat kerapatan yang lebih baik dibanding pengelasan TIG.[5]

Lalu pada penelitian yang pernah dilakukan juga pada Analisis Perbandingan Kekuatan Impak, Tarik, Tekuk dan Mikrografi Pada Aluminium 6061 Pasca Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) dengan Media Pendingin Air Laut dan Air Tawar. jenis sambungan single-v butt joint. Hasil paling baik pada pengujian impak dengan perlakuan pendingin air laut memiliki nilai 0,261 J/mm<sup>2</sup>. Kekuatan tarik dan nilai regangan tertinggi paling baik pada perlakuan pendingin air tawar, yaitu sebesar 160,53 N/mm<sup>2</sup> dan regangan sebesar 25,26 %. Kemudian untuk kekuatan tekuk hasil paling optimal dengan rata-rata tegangan bending yaitu 46,76 N/mm<sup>2</sup> pada perlakuan dengan media pendingin air laut.[6]

Kemudian pada penelitian Pengaruh Media Pendingin Air Garam dan Oli Terhadap Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Aluminium 6061 Pasca Pengelasan TIG dan MIG. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa faktor pendinginan dapat mempengaruhi kualitas pengelasan dengan melihat grafik kekuatannya. Media pendingin air garam dengan pengelasan TIG didapat nilai paling tinggi untuk kekuatan tarik yaitu 184 Mpa dan untuk regangan rata-rata sebesar 12,67%. Pengelasan MIG dengan media pendingin oli untuk kekuatan impak mendapatkan hasil 0,40 J/mm<sup>2</sup>. [2]

Selanjutnya adalah penelitian tentang Pengaruh parameter pengelasan terhadap sifat mekanik las TIG Aluminium 6061. Penelitian ini mempelajari hasil parameter pengelasan pada sampel Aluminium 6061 setebal 5 mm yang dilas dengan menggunakan pengelasan TIG. Logam pengisi MGS 525/409 dan gas pelindung menggunakan argon. Hasil kekuatan tarik yang dilas pada 160A diperoleh 245 MPa dan 105 MPa

yang mewakili 20% pengurangan kekuatan tarik ultimat dan pengurangan 61% dalam tegangan leleh.[7]

Penelitian berikutnya adalah Efek Variasi GMAW pada Kekuatan Tarik Aluminium 6061. Arus, voltase, dan gas transfer dalam kondisi terbaik. Pulsed cold metal transfer (PCMT) meraih kekerasan tertinggi yaitu 79 HV dan uji tarik tertinggi yaitu 227 MPa.[8]

Eksperimen selanjutnya adalah Pengaruh Pemanasan Pada Kekuatan Tarik Aluminium 6061 dengan Cold Metal Arc Welded. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Cold Metal Arc Welded meraih nilai tarik sebesar 242 MPa (10% lebih tinggi dari pada yang tidak dipanaskan).[9]

Penelitian selanjutnya Pengaruh pre heat dan post heat pada sifat mekanik aluminium 6061 sambungan las TIG. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sifat mekanik pengelasan Al 6061 berubah. Peningkatan kekerasan logam las terjadi pada temperatur 130°C = 68,72 BHN, pada 160°C = 70,51 BHN, dan pada 190°C = 76,26 BHN. Kuat tarik juga meningkat pada temperatur 130°C = 158,57 N / mm<sup>2</sup>, pada 160°C = 169,85 N / mm<sup>2</sup>, pada 190°C = 174,50 N / mm<sup>2</sup>. [10]

Kemudian pada penelitian Pengaruh Filler terhadap Struktur Logam Las AA 6061 dengan Las *Tungsten Inert Gas*. Pengelasan TIG dari AA 6061 *butt joint* dengan tiga pengisi berbeda: ER5356 (4,5–6% Mg), ER4043 (4,5–6% Si) dan ER4047 (11–13% Si). Ditemukan bahwa pengelasan dengan filler ER5356 menghasilkan butiran yang lebih halus ukuran dan kekuatan tertinggi 171,53 MPa dibandingkan sambungan las menggunakan filler ER4047 dan ER4047 masing-masing dengan nilai 167,34 MPa dan 168,03 MPa.[11]

Dengan latar belakang dan hasil pengujian diatas, penelitian ini mengambil fokus pada perbandingan kekuatan impak, tarik, dan mikrografi dengan pengelasan MIG dan TIG pada Aluminium 6061 kemudian menggunakan media pendingin berupa udara dan air tawar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai perbandingan kekuatan impak, tarik dan struktur mikro yang berubah pada aluminium 6061 menggunakan pengelasan MIG dan TIG dengan variasi media pendingin udara dan air tawar. Dari penelitian ini dapat diketahui hasil dari pengaruh media pendingin terhadap kekuatan impak, tarik dan struktur mikrografinya.

Penelitian ini memberikan manfaat sebagai pengetahuan dasar teori yang dapat mendukung dalam menganalisis suatu struktur, khususnya analisis kekuatan material. Penelitian ini berguna untuk mengetahui nilai kekuatan impak, tarik dan struktur mikro aluminium 6061 sehingga dapat

diaplikasikan dengan baik pada konstruksi kapal. Penelitian ini juga untuk memberikan sumbangan pemikiran dan ide tentang analisis pengujian impact, tarik dan mikrografi dengan variasi media pendingin dan pengelasan MIG dan TIG.

## 2. METODE

### 2.1. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan didapat dari buku-buku referensi, jurnal, artikel, modul, internet, dan studi lapangan secara langsung dengan metode yang digunakan berupa eksperimen karena memberikan data yang akurat dan dapat dipertanggung jawabkan.

Material yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah Aluminium 6061.



Gambar 1. Plat aluminium 6061

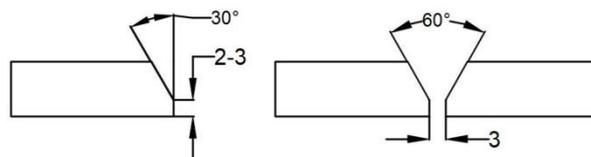
Table 1. Kandungan Material Aluminium 6061[2]

No	Sifat Mekanik	Nilai
1	Poisson's Ratio	0,33
2	Modulus Of Elasticity	68,9 Gpa
3	Density	2700 Kg/m <sup>3</sup>
4	Yield Stress	276 Mpa
5	Elongation at Break	12%
6	Fatigue Strength	96,5 Mpa
7	Tensile Strength	324 Mpa

Pengelasan GMAW (*Gas Metal Arch Welding*) atau MIG (*Metal Inert Gas*) adalah jenis pengelasan yang menggunakan kawat pengisi sebagai penambalnya. Dalam proses las logam, kawat las pengisi memiliki fungsi yakni elektroda yang diinteraksikan secara kontinyu. Adanya busur listrik karena adanya interaksi antara logam induk dan kawat pengisi. Gas yang melindungi kawat yaitu Argon, Helium dan paduan kedua bahan tersebut.[12]

Gas *Tungsten Arc Welding* (GTAW) atau biasa juga disebut *Tungsten Inert Gas* (TIG) adalah bentuk las busur listrik yang memakai *inert gas* sebagai pelindung dan juga tungsten atau *wolfram* untuk menghantarkan arus listrik guna menghasilkan las. Pengelasan GTAW banyak diperlukan tidak hanya untuk mengelas baja karbon saja tetapi bisa juga digunakan untuk mengelas aluminium ataupun stainless steel.[13]

Penelitian ini menggunakan poses pengelasan yang sesuai standard *AWS NUMBER 3* dengan posisi pengelasan (1G) dengan bentuk kampuh *SINGLE V-butt joint* sudut 60°.



Gambar 2. Tipe Sambungan Las *Single V- Butt Joint* sudut 60°

Kekuatan hasil sambungan las sangat ditentukan dari kualitas sambungan las yang mana nilai ini didapatkan dari sambungan pengelasan yang baik dan juga masukan panas (*Heat Input*) yang baik. Beberapa parameter yang dapat menentukan *Heat Input* seperti arus listrik, tegangan busur dan juga kecepatan pengelasan.[13]

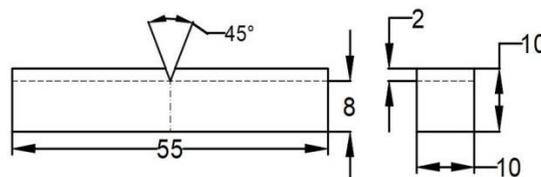
$$HI = \frac{60 \times E \times I}{v} \quad (1)$$

Dimana, HI adalah *Heat Input* (Joule/cm), I adalah Kuat Arus (*Ampere*), E adalah Tegangan Busur (volt), dan v adalah Kecepatan Las (cm/menit)

### Dimensi Spesimen

#### a) Spesimen uji impact

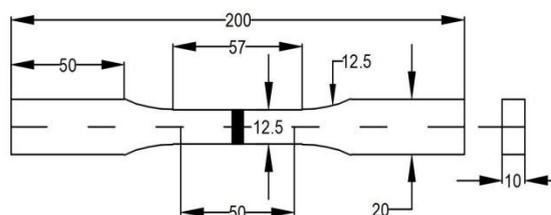
Berdasarkan ASTM E23 dimensi spesimen uji impact yaitu 55mm x 10mm x 10mm.



Gambar 3. Bentuk spesimen uji impact [14]

#### b) Spesimen uji tarik

Berdasarkan ASTM E8/E8M-09 dimensi spesimen uji tarik yaitu 200mm x 20mm x 10mm.



Gambar 4. Bentuk spesimen uji tarik[15]

#### c) Spesimen uji mikrografi

Untuk dimensi spesimen uji mikrografi dalam penelitian ini menggunakan dimensi yang sama dengan uji impact.

### Pengujian material

#### 1. Pengujian Impact

Uji Impact bertujuan untuk menentukan kemampuan material tersebut rapuh atau ulet berdasarkan sifat tangguhannya menurut Dieter G.E. (1988).[16] Prinsip uji impact yaitu dengan mengakumulasi besarnya gaya potensial yang diserap suatu material. [12] Metode pengujian impact dalam penelitian ini menggunakan metode Charpy, menghitungnya dengan rumus :

$$HI = \frac{E}{A} \quad (2)$$

Dimana HI adalah Harga Impact ( $J/mm^2$ ), E adalah Energi Impact (J), dan A adalah Luas Penampang ( $mm^2$ ).



Gambar 5. Alat uji impact (Lab. Pengelasan Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro)

#### 2. Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk menguji kekuatan suatu material dengan cara memberikan gaya tarik yang berlawanan arah dari titik tengah benda uji. Pengujian ini dapat merusak bahan material. Pengujian tarik dapat menunjukkan bagaimana proses terjadinya deformasi pada bahan atau benda uji.[2]



Gambar 6. Alat uji tarik (Lab. Bahan Teknik Mesin SV Universitas Gadjah Mada)

Pengujian tarik menghasilkan beberapa sifat seperti :

- Tegangan tarik maksimum ( $\sigma$ )  
Merupakan tegangan yang dapat dibebankan oleh suatu material sebelum terjadi suatu perpatahan.[17]
- Regangan maksimum ( $e$ )  
Merupakan pertambahan panjang yang diperoleh dari suatu material setelah dilakukan pengujian tarik.
- Modulus elastisitas (E)  
Modulus elastisitas adalah rentang kekakuan yang terdapat pada bahan. Apabila nilai modulus elastisitasnya semakin besar maka regangan elastis akan semakin kecil.

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (3)$$

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (4)$$

$$e = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (5)$$

Dimana,  $\sigma$  adalah tegangan tarik maksimum (Mpa,  $N/mm^2$ ), P adalah bena tarik maksimum (N),  $A_0$  adalah luas penampang awal ( $mm^2$ ), e adalah regangan (%),  $L_i$  adalah panjang setelah patah (mm),  $L_0$  adalah panjang awal (mm), E adalah modulus elastisitas (Gpa)

#### 3. Pengujian Mikrografi

Pengujian mikrografi merupakan proses pengujian visual yang dilakukan pada material, mempunyai tujuan untuk mendapatkan gambar yang menjelaskan struktur mikro dari sebuah paduan atau logam. Untuk mengetahui struktur mikro suatu logam dapat melalui pengujian mikrografi dengan menunjukkan batas-batas butir pada material sehingga dapat mengambil gambar dan melihatnya dengan mikroskop.

### 2.2. Alat dan Bahan

Selama proses penelitian ini berlangsung menggunakan alat dan bahan antara lain :

Alat yang digunakan

- |                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| 1. Gerinda              | 5. Penggaris       |
| 2. Jangka sorong        | 6. Mesin uji tarik |
| 3. Mesin uji mikrografi | 7. Mesin las MIG   |
| 4. Mesin uji impact     | 8. Mesin las TIG   |

Bahan yang digunakan

1. Aluminium 6061
2. Elektroda 4043
3. Media pendingin air tawar dan udara

### 2.3. Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut :

- a) Pengumpulan Bahan  
Aluminium yang dimiliki berukuran 60 cm x 60 cm x 10 cm.
- b) Pemotongan Plat  
Pemotongan lembaran plat ukuran 60 mm x 30 mm x 10 mm sebanyak 8 lembar digunakan untuk spesimen uji impak, kemudian lembaran plat ukuran 120 mm x 100 mm x 10 mm sebanyak 8 lembar digunakan untuk spesimen uji tarik dan mikrografi. Untuk RAW material menggunakan plat dengan ukuran 200 mm x 110 mm x 10 mm sebanyak satu lembar.
- c) Pembuatan Kampuh  
*Single V- Butt Joint* dengan sudut 60°.
- d) Pengelasan Aluminium  
Setelah pembentukan kampuh kemudian di las menggunakan pengelasan MIG dan TIG. Untuk pengelasan MIG menggunakan arus 205 A dan tegangan 25 V, serta elektroda pengisi ER 4043 berdiameter 1,2 mm, sedangkan pengelasan TIG menggunakan arus 192 A dan tegangan 20 V, serta elektroda ER 4043 berdiameter 3,2 mm.
- e) Pendinginan Aluminium  
Setelah proses pengelasan selesai, aluminium didinginkan secara cepat dan spontan dengan menggunakan media pendingin berupa udara dan air tawar.
- f) Pembuatan Spesimen  
Pembuatan spesimen menggunakan mesin gerinda. Dimensi spesimen uji impak sesuai dengan ASTM E23 sedangkan uji tarik sesuai dengan ASTM E8/E8M-09, untuk dimensi spesimen uji mikrografi disamakan dengan uji impak.

Tabel 2. Data Kebutuhan Spesimen

No	Pengelasan	Uji Impak	Uji Tarik	Uji Mikrografi
1	RAW Material	4	4	1
2	MIG Udara	4	4	1
3	MIG Air Tawar	4	4	1
4	TIG Udara	4	4	1
5	TIG Air Tawar	4	4	1

- g) Pengujian Spesimen

Melakukan pengujian spesimen dengan tujuan untuk mengetahui nilai impak, tarik dan

mikrografi setelah perlakuan dengan variasi media pendingin.

### 2.4. Parameter Penelitian

- a) Parameter Tetap  
Parameter tetap pada penelitian ini yaitu spesimen aluminium 6061, jenis pengelasan MIG dan TIG. Untuk pengelasan MIG dengan arus 205 A, tegangan 25 V, dan elektroda ER 4043 berdiameter 1,2 mm, sedangkan pengelasan TIG dengan arus 192 A tegangan 20 V, dan elektroda ER 4043 berdiameter 3,2 mm, serta dimensi ukuran spesimen uji impak, tarik, dan mikrografi juga termasuk dalam parameter tetap.
- b) Parameter Perubahan  
Parameter perubahan pada penelitian ini yaitu terletak pada media pendinginan yang berupa udara dan air tawar, serta pengelasan MIG dan TIG.

### 2.5. Lokasi Penelitian

Untuk proses pengelasan penelitian tugas akhir ini di laboratorium las "Inlastek Welding Institute" yang berada di Surakarta. Untuk proses pengujian impak dilakukan di Laboratorium Pengelasan dan Material Kapal Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro. Untuk proses pengujian tarik dan mikrografi dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil Pengelasan dan Masukan Panas (*Heat Input*)

Metode pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu MIG dan TIG dengan mempertimbangkan jenis elektroda, diameter elektroda, sudut kampuh, *voltage*, dan *ampere* yang bertujuan agar masukan panas (*heat input*) dan penetrasi sambungan las dapat maksimal. Jenis elektroda yang dipakai ER 4043 dengan diameter 1,2 mm untuk pengelasan MIG dengan kuat arus 205 A dan voltase 25 V dengan kecepatan pengelasan MIG sebesar 10 cm/menit.

Sedangkan untuk pengelasan TIG menggunakan jenis elektroda yang sama yaitu ER 4043 namun dengan diameter 3,2 mm. Kuat arus 192 A dan voltase 20 V dengan kecepatan pengelasan TIG sebesar 8 cm/menit. Dari data tersebut sehingga nilai *heat input* sebesar :

- Pengelasan MIG

$$HI = \frac{60 \times 25 \times 205A}{10 \text{ cm/menit}}$$

$$HI = 30.750 \text{ Joule/cm}$$

- Pengelasan TIG

$$HI = \frac{60 \times 20v \times 192A}{8 \text{ cm/menit}}$$

$$HI = 28.800 \text{ Joule/cm}$$

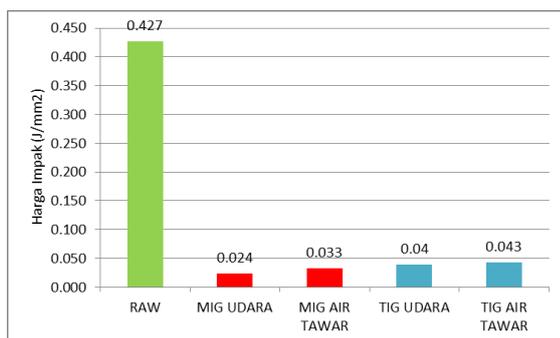
### 3.2. Hasil Pengujian Impak (*Impact Strength*)

Pengujian impak dilaksanakan pada tanggal 20 Mei 2020, sesuai dengan standar ASTM E23. Hasil yang diperoleh dari pengujian impak pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Impak

Spesimen	A (mm <sup>2</sup> )	Energi (Joule)	HI (J/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata HI (J/mm <sup>2</sup> )
RM 1	82.62	35	0.424	
RM 2	82.00	35	0.427	
RM 3	80.00	35	0.438	0.427
RM 4	83.00	35	0.422	
MU 1	76.63	2	0.026	
MU 2	81.60	2	0.025	
MU 3	76.44	1.5	0.020	0.024
MU 4	81.00	2	0.025	
MA 1	84.46	3	0.036	
MA 2	85.05	3	0.035	
MA 3	80.00	2.5	0.031	0.033
MA 4	83.00	2.5	0.030	
TU 1	81.81	3	0.037	
TU 2	80.80	3	0.037	
TU 3	81.81	4	0.049	0.040
TU 4	83.20	3	0.036	
TA 1	82.00	3.5	0.043	
TA 2	82.00	3.3	0.040	
TA 3	75.66	4	0.053	0.043
TA 4	80.58	3	0.037	

Dimana spesimen RM 1 adalah spesimen nomer satu untuk raw material tanpa pengelasan. Spesimen MU 1 dan MA 1 adalah spesimen pengelasan MIG dengan pendingin udara dan air tawar nomer satu, sedangkan TU 1 dan TA 1 adalah spesimen pengelasan TIG dengan pendingin udara dan air tawar nomer satu.



Gambar 7. Grafik Nilai Rata-rata Harga Impak

Dari hasil pengujian impak diketahui bahwa Raw material memiliki rata-rata harga impak 0,427 J/mm<sup>2</sup>. Nilai rata-rata harga impak dari pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) paling tinggi dengan media pendingin air tawar sebesar 0,033 J/mm<sup>2</sup>. Sedangkan Untuk rata-rata harga impak dari pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) paling tinggi dengan media pendingin air tawar sebesar 0,043 J/mm<sup>2</sup>.

Hasil pengujian impak menunjukkan bahwa pengelasan TIG lebih baik dibanding dengan pengelasan MIG, hal ini sepakat dengan penelitian sebelumnya dimana pengelasan TIG lebih baik dari pengelasan MIG.[5]

Dalam teori uji impak semakin keras dan ulet suatu benda, maka semakin tinggi juga harga impaknya. Media pendingin dapat mempengaruhi kekerasan dan keuletan suatu benda. Dapat dilihat pada gambar 5, bahwa pendinginan menggunakan air tawar pada pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) dan TIG (*Tungsten Inert Gas*) meningkat.

### 3.3. Hasil Pengujian Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian tarik ini dilakukan berdasarkan standar uji ASTM E8/E8M-09 pada tanggal 8 Juli 2020 di Laboratorium Teknik Bahan Universitas Gajah Mada (UGM). Hasil yang diperoleh dari pengujian tarik adalah nilai tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas yang dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dari material aluminium 6061 setelah pengelasan menggunakan las MIG dan TIG dengan variasi media pendingin udara dan air tawar.

#### a) Tegangan Tarik

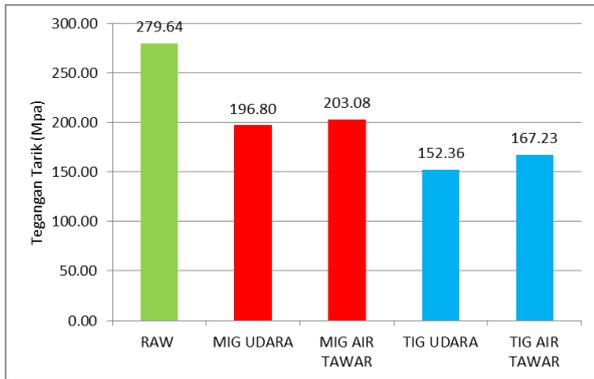
Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, material aluminium 6061 dengan variasi pengelasan dan media pendingin memiliki nilai tegangan tarik maksimum sebagai berikut :

Tabel 4. Data Hasil Tegangan Tarik

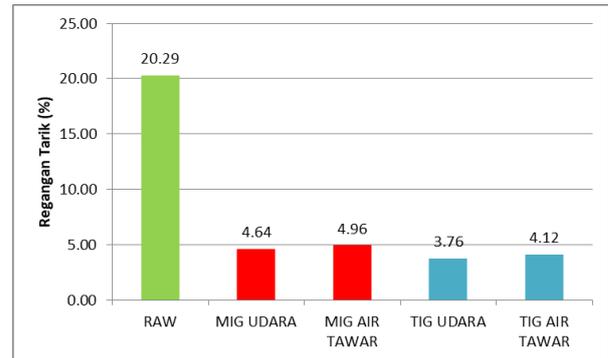
Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	P maks (N)	σ max (Mpa)	Rata-rata σ (Mpa)
RM 1	14.79	10.00	41280	279.11	
RM 2	15.14	10.00	42390	279.99	
RM 3	15.17	10.00	42560	280.55	279.64
RM 4	14.42	10.00	40220	278.92	
TU 1	15.44	10.00	22260	144.17	
TU 2	14.84	10.00	19270	129.85	
TU 3	14.28	10.00	21770	152.45	152.36
TU 4	14.78	10.00	27040	182.95	
TA 1	15.00	10.00	25440	169.60	
TA 2	15.50	10.00	26140	168.65	
TA 3	15.02	10.00	24750	164.78	167.23
TA 4	15.42	10.00	25580	165.89	
MU 1	14.73	10.00	29180	198.10	
MU 2	14.37	10.00	26670	185.59	196.8

MU 3	14.66	10.00	27410	186.97	
MU 4	14.39	10.00	31160	216.54	
MA 1	14.13	10.00	29090	205.87	
MA 2	14.04	10.00	27390	195.09	203.08
MA 3	15.59	10.00	30510	195.70	
MA 4	14.04	10.00	30280	215.67	

MU 3	49.29	51.17	1.88	3.81	
MU 4	49.40	52.50	3.10	6.28	
MA 1	49.81	52.15	2.34	4.70	
MA 2	49.84	51.96	2.12	4.25	4.96
MA 3	49.46	52.06	2.60	5.26	
MA 4	49.50	52.29	2.79	5.64	



Gambar 8. Grafik Rata-rata Tegangan Tarik



Gambar 9. Grafik Rata-rata Regangan Tarik

Hasil dari perhitungan nilai tegangan tarik diketahui Raw material mempunyai nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 279,64 Mpa. Nilai rata-rata tegangan tarik dari pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) paling tinggi yaitu dengan media pendingin air tawar sebesar 203,08 Mpa. Sedangkan untuk rata-rata tegangan tarik dari pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) paling tinggi dengan media pendingin air tawar sebesar 167,23 Mpa.

Hasil pengujian tarik ini sependapat dengan penelitian sebelumnya, dimana untuk pengelasan TIG dengan filler ER4043 mendapat hasil sebesar 167,34 Mpa.[11]

### b) Regangan Tarik

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, material aluminium 6061 dengan variasi pengelasan dan media pendingin memiliki nilai regangan tarik sebagai berikut :

Tabel 5. Data Hasil Regangan Tarik

Spesi men	L0 (mm)	L1 (mm)	Δl (mm)	e (%)	Rata-rata e (%)
RM 1	14.79	57.19	7.88	15.98	20.29
RM 2	15.14	59.98	10.13	20.32	
RM 3	15.17	61.66	12.62	25.73	
RM 4	14.42	59.56	9.56	19.12	
TU 1	47.73	49.25	1.52	3.18	3.76
TU 2	49.48	50.99	1.51	3.05	
TU 3	48.84	50.83	1.99	4.07	
TU 4	49.60	51.95	2.35	4.74	
TA 1	49.23	51.07	1.84	3.74	4.12
TA 2	49.27	51.30	2.03	4.12	
TA 3	49.43	51.58	2.15	4.35	
TA 4	49.14	51.23	2.09	4.25	
MU 1	49.52	51.93	2.41	4.87	4.64
MU 2	50.10	51.91	1.81	3.61	

Dari hasil perhitungan nilai regangan tarik diketahui Raw material mempunyai nilai rata-rata regangan tarik sebesar 20,29 %. Nilai rata-rata regangan tarik dari pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) dengan media pendingin air tawar memiliki nilai paling tinggi yaitu sebesar 4,96 %. Sedangkan untuk rata-rata regangan tarik dari pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) paling tinggi dengan media pendingin air tawar sebesar 4,12 %.

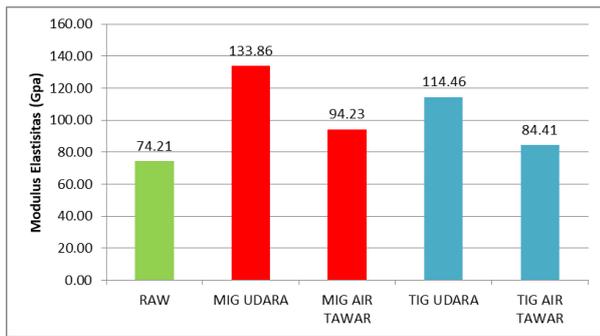
### c) Modulus Elastisitas

Dar hasil pengujian yang telah dilakukan, material aluminium 6061 dengan variasi pengelasan dan media pendingin memiliki nilai modulus elastisitas sebagai berikut :

Tabel 6. Data Hasil Modulus Elastisitas

Spesi men	σ luluh (Mpa)	e luluh (%)	E (Mpa)	E (Gpa)	Rata-rata E (Gpa)
RM 1	160.90	2.35	68466	68.47	74.21
RM 2	160.91	1.85	87103	87.10	
RM 3	154.79	2.71	57142	57.14	
RM 4	160.85	1.91	84127	84.13	
TU 1	126.52	0.71	17878	178.78	114.46
TU 2	129.85	1.02	12765	127.65	
TU 3	139.48	1.63	85580	85.58	
TU 4	155.91	2.37	65814	65.81	
TA 1	135.68	1.76	77141	77.14	84.41
TA 2	134.32	1.58	84762	84.76	
TA 3	133.69	1.34	99893	99.89	
TA 4	138.24	1.82	75840	75.84	
MU 1	156.56	1.30	12064	120.64	133.86
MU 2	158.16	0.90	17511	175.11	
MU 3	158.45	0.95	16617	166.17	
MU 4	162.81	2.21	73510	73.51	
MA 1	166.03	1.57	10603	106.03	

MA 2	163.40	1.52	10756	107.56	94.23
MA 3	151.01	1.86	81392	81.39	
MA 4	163.03	1.99	81953	81.95	



Gambar 10. Grafik Rata-rata Modulus Elastisitas

Dari hasil perhitungan nilai modulus elastisitas didapatkan Raw material mempunyai nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 74,21 Gpa. Nilai rata-rata modulus elastisitas dari pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) dengan media pendingin udara memiliki nilai paling tinggi yaitu sebesar 133,86 Gpa. Sedangkan untuk rata-rata modulus elastisitas dari pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) paling tinggi dengan media pendingin udara sebesar 114,46 Gpa.

### 3.4. Hasil Pengujian Mikrografi

Pengujian mikrografi ini bertujuan untuk mengetahui bentuk struktur mikro sambungan las aluminium 6061 yang dilas dengan metode pengelasan MIG dan TIG dengan media pendingin berupa udara dan air tawar. Sehingga perubahan struktur mikro yang terjadi dapat diketahui pada material tersebut.

Tahapan dalam proses pengujian mikrografi yang dilakukan pertama-tama material di amplas dengan amplas nomer 100, 200, 400, 600, dan 1000 hingga halus, kemudian material harus di autosol sampai material tersebut mengkilap. Proses selanjutnya dengan pengetsaan, untuk material aluminium standart etsa yang digunakan yaitu larutan NaOH 50%. Setelah tahapan tersebut selesai baru dapat dilakukan foto mikro untuk melihat struktur mikronya.

#### 3.4.1 Struktur Mikro



Gambar 11. Struktur Mikro raw material



(BM) (HAZ) (Las)  
Gambar 12. Struktur Mikro MIG udara



(BM) (HAZ) (Las)  
Gambar 13. Struktur mikro MIG Air Tawar



(BM) (HAZ) (Las)  
Gambar 12. Struktur Mikro TIG udara



(BM) (HAZ) (Las)  
Gambar 14. Struktur Mikro TIG Air Tawar

Hasil dari pengujian mikrografi dapat terlihat struktur mikro aluminium 6061 dilas dengan metode pengelasan MIG dan TIG yang diberi media pendingin udara dan air tawar mengalami perubahan struktur pada kerapatan permukaan *Heat Affected Zone* (HAZ), dan pada struktur daerah las. Media pendingin dapat mempengaruhi kerapatan suatu material. Maka bisa dikatakan bahwa perubahan struktur lasnya menjadi semakin padat.

### 3.5. Perbandingan Hasil Uji Impak dengan Standar ASTM E23

Untuk standar pengujian impak menurut ASTM E23, aluminium 6061 memiliki standar nilai kekuatan impak yaitu 0,4 J/mm<sup>2</sup> sedangkan untuk sambungan las aluminium 6061 yaitu 0,1 J/mm<sup>2</sup>. [14]

Tabel 7. Hasil perbandingan kekuatan impact aluminium 6061 terhadap ASTM E23

Spesimen	HI ASTM E23 (J/mm <sup>2</sup> )	Hasil Pengujian (J/mm <sup>2</sup> )
RAW	0.4	0.427
MIG Udara	0.1	0.024
MIG Air Tawar	0.1	0.033
TIG Udara	0.1	0.040
TIG Air Tawar	0.1	0.043

Berdasarkan hasil pengujian impact hanya ada satu pengujian yang memenuhi standar ASTM E23 yaitu pada Raw material aluminium 6061. Untuk spesimen dengan pengelasan, rata - rata harga impact dari hasil pengujian belum memenuhi standar ASTM E23 dengan nilai minimal yaitu 0.1 J/mm<sup>2</sup>.

Menurunnya harga impact pada sambungan las aluminium 6061 jika dibandingkan dengan standar ASTM E23 disebabkan kurangnya kualitas sambungan yang dihasilkan saat proses pengelasan sehingga hasil yang di dapat tidak maksimal. Beberapa faktor penyebabnya seperti tegangan dan kuat arus yang akan mempengaruhi masukan panas (*Heat Input*) serta jenis elektroda, ataupun faktor kemampuan dari juru las (*welder*) itu sendiri. Oleh karena itu untuk kedepannya harus lebih teliti lagi saat proses pengelasan agar mendapatkan hasil yang maksimal.

### 3.6. Perbandingan Hasil Uji Tarik dengan Standar BKI

Untuk standar pengujian tarik menurut BKI tertulis pada "*Rules For The Classification and Construction, Part 1 Vol VI: Rules For Welding, Section 5: Welding Consumables And Auxillary Materials*" poin J "*Welding Consumable And Auxillary Materials for Aluminium Alloys*", sambungan las aluminium 6061 memiliki standar nilai kekuatan tarik (*Tensile Strength*) yaitu minimal 170 Mpa.[18]

Tabel 8. Hasil perbandingan kekuatan tarik aluminium 6061 terhadap Rule BKI

Spesimen	Kekuatan Tarik BKI (Mpa)	Hasil Pengujian (Mpa)
RAW	170	279,99
MIG Udara	170	196,80
MIG Air Tawar	170	203,08
TIG Udara	170	152,36
TIG Air Tawar	170	167,23

Berdasarkan hasil pengujian tarik hanya ada dua pengujian atau penelitian yang memenuhi standard BKI yaitu pada pengelasan MIG dengan media pendingin udara dan pengelasan MIG dengan media pendingin air tawar.

Menurunnya nilai kekuatan tarik dan regangan pada sambungan las Aluminium 6061

jika dibandingkan dengan standar BKI disebabkan oleh beberapa faktor seperti, tegangan dan kuat arus yang digunakan, jenis elektroda yang digunakan, ataupun faktor kemampuan dari juru las itu sendiri.

## 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diambil dari pengujian impact, tarik, dan mikrografi pada sambungan las aluminium 6061 menggunakan metode pengelasan MIG dan TIG dengan variasi media pendingin udara dan air tawar adalah sebagai berikut :

Rata-rata harga impact dari masing-masing variasi yaitu untuk MIG dengan pendingin udara sebesar 0,024 J/mm<sup>2</sup> , MIG dengan pendingin air tawar sebesar 0,033 J/mm<sup>2</sup> , TIG dengan pendingin udara sebesar 0,040 J/mm<sup>2</sup> , TIG dengan pendingin air tawar sebesar 0,043 J/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil pengujian impact untuk spesimen dengan pengelasan, rata - rata harga impact dari hasil pengujian belum memenuhi standar ASTM E23 dengan nilai minimal yaitu 0.1 J/mm<sup>2</sup>.

Rata-rata tegangan tarik dari masing-masing variasi yaitu, untuk MIG dengan pendingin udara sebesar 196,80 MPa, MIG dengan pendingin air tawar sebesar 203,08 Mpa , TIG dengan pendingin udara sebesar 152,36 Mpa , TIG dengan pendingin air tawar sebesar 167,23 Mpa.

Regangan tarik rata-rata dari masing-masing variasi yaitu, untuk MIG dengan pendingin udara sebesar 4,64 % , MIG dengan pendingin air tawar sebesar 4,96 % , TIG dengan pendingin udara sebesar 3,76 % , TIG dengan pendingin air tawar sebesar 4,12 % .

Modulus elastisitas rata-rata dari masing-masing variasi yaitu, untuk MIG dengan pendingin udara sebesar 133,86 Gpa, MIG dengan pendingin air tawar sebesar 94,23 Gpa , TIG dengan pendingin udara sebesar 114,46 Gpa , TIG dengan pendingin air tawar sebesar 84,41 Gpa .

Untuk struktur mikro mengalami perubahan yang berbeda pada kerapatan permukaan *Heat Affected Zone* (HAZ) dan pada struktur lasnya. Pada pengelasan MIG dengan media pendingin air tawar memiliki kerapatan struktur yang lebih dibandingkan dengan pengelasan MIG dengan pendingin udara. Sama halnya pada pengelasan TIG dengan pendingin air tawar memiliki kerapatan yang lebih dibanding dengan pengelasan TIG dengan pendingin udara.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penulisan dan penelitian tugas akhir ini, penulis sadar bahwa jurnal ini tidak mungkin

terwujud jika tidak dibantu dari pihak-pihak lain. Dengan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa dan semua pihak yang telah terlibat baik dari segi pemikiran maupun materil dalam menyusun jurnal ini. Tak lupa penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada orang tua penulis yang sudah memberi semangat dan motivasi, Dosen pembimbing 1 dan 2 yang telah memberikan petunjuk, bimbingan, dan dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini, serta teman-teman S1 Teknik Perkapalan 2016 yang telah membantu.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. C. Kusuma, S. Jokosisworo, and A. W. Budi, "Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik, Impak, Tekuk dan Mikrografi Aluminium 5083 Pasca Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) dengan Media Pendingin Air Laut dan Oli," vol. 5, no. 4, pp. 585–593, 2017.
- [2] M. S. Rinaldy, U. Budiarto, and W. Amiruddin, "Pengaruh Media Pendingin Air Garam dan Oli Terhadap Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Aluminium 6061 Pasca Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) dan MIG (Metal Inert Gas)," *J. Tek. perkapalan*, vol. 6, pp. 1–9, 2018.
- [3] A. Januar and D. Suwito, "Kajian Hasil Proses Pengelasan MIG dan SMAW Pada Material ST41 dengan Variasi Media Pendingin ( Air , Collent , dan Es ) Terhadap Kekuatan Tarik," *J. Mater.*, vol. 04, pp. 37–42, 2016.
- [4] A. Triansyah, S. Jokosisworo, and P. Manik, "Pengaruh Suhu Pendinginan Dengan Media Air Terhadap Hasil Pengelasan Pada Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Aluminium 5083 Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas)," vol. 5, no. 1, pp. 142–151, 2017.
- [5] M. I. Titahgusti, S. Jokosisworo, and U. Budiarto, "Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Aluminium 6061 Terhadap Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) dan MIG (Metal Inert Gas)," *J. Mater.*, vol. 6, pp. 1–10, 2018.
- [6] A. Isworo, U. Budiarto, and A. wibawa Budi, "Analisis Perbandingan Kekuatan Impak, Tarik, Tekuk dan Mikrografi Pada Aluminium 6061 Pasca Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) dengan Media Pendingin Air Laut dan Air Tawar," *J. Mater.*, vol. 8, pp. 1–10, 2020.
- [7] A. Bansal, M. S. Kumar, I. Shekhar, S. Chauhan, and S. Bhardwaj, "Effect of welding parameter on mechanical properties of TIG welded," *Mater. Today Proc.*, pp. 1–6, 2020.
- [8] A. Ramaswamy, S. Malarvizhi, and V. Balasubramanian, "Effect of variants of gas metal arc welding process on tensile properties of AA6061-T6 aluminium alloy joints," pp. 2967–2983, 2020.
- [9] A. Ramaswamy, S. Malarvizhi, and V. Balasubramanian, "Post-weld heat treatment effects on the tensile properties of cold metal arc welded AA 6061-T6 aluminum joints," 2020.
- [10] I. O. P. C. Series and M. Science, "Effect of preheat and post heat on mechanical properties of 6061 aluminium tungsten inert gas welded joints," 2020.
- [11] M. Ishak, N. F. M. Noordin, A. S. . Razali, L. H. A. Shah, and F. R. . Romlay, "Effect of filler on weld metal structure of AA6061 aluminum alloy by tungsten inert gas welding," vol. 11, no. June, pp. 2438–2446, 2015.
- [12] I. Ghifari, U. Budiarto, and A. F. Zakki, "Analisa kekuatan impak, tarik, dan mikrografi aluminium 5083 akibat pengelasan Mig dengan variasi posisi pengelasan," *J. Tek. perkapalan*, vol. 6, 2018.
- [13] M. Z. Prawira, S. J. Sisworo, and Samuel, "Pengaruh Perbedaan Suhu Terhadap Kekuatan Impact Aluminium 5083 Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas," *J. Mater.*, vol. 3, pp. 362–370, 2015.
- [14] G. Requirements, "Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials 1," no. C, pp. 1–28, 2011.
- [15] A. A. State, *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*, no. C. 2010.
- [16] A. Khoiri, S. N. Jannah, and S. C. Listiana, "Impact dan Tensile Test Material Bangunan Rumah (Telaah Konsep Modulus Young dan Deformasi)," pp. 144–153, 2017.
- [17] N. Julian, U. Budiarto, and B. Arswendo, "Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik pada Sambungan Las Baja SS400 Pengelasan MAG Dengan Variasi Arus Pengelasan dan Media Pendingin Sebagai Material Lambung Kapal," vol. 7, no. 4, pp. 277–285, 2019.
- [18] B. K. Indonesia, *Rules for welding*, vol. VI. 2019.

