



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Pengaruh Kuat Arus Listrik dan *Travelling Speed* terhadap Kekuatan *Impact* Alumunium 6061 Pengelasan *Gas Tungsten Arch Welding* (GTAW) dengan Gas Pelindung Argon

Anas Sebtu Prawira¹⁾, Sarjito Jokosisworo¹⁾, Untung Budiarto¹⁾

¹⁾Laboratorium Pengelasan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

^{*)}e-mail : anasprawira@gmail.com, jito_sar@yahoo.com, budiartountung@gmail.com

Abstrak

Pengelasan aluminium 6061 dilakukan dengan proses GTAW (*Gas Tungsten Arch Welding*) menggunakan gas pelindung argon berjenis sambungan pengelasan *single v-butt joint* dengan variasi kuat arus dan *travelling speed*. Dari hasil pengujian variasi kuat arus 150 Amp diperoleh nilai *impact* sebesar 0,130 J/mm² pada *travelling speed* 10 cm/menit dan 0,115 J/mm² pada *travelling speed* 15 cm/menit. Dari variasi kuat arus 170 Amp, diperoleh nilai *impact* sebesar 0,095 J/mm² pada *travelling speed* 10 cm/menit dan 0,065 J/mm² pada *travelling speed* 15 cm/menit. Dari variasi kuat arus 200 Amp, diperoleh nilai *impact* sebesar 0,090 J/mm² pada *travelling speed* 10 cm/menit dan 0,053 J/mm². Dari data tersebut, diperoleh kekuatan *impact* yang tertinggi dan optimal terjadi pada kuat arus 150 Amp dengan *travelling speed* 10 cm/menit yaitu sebesar 0,130 J/mm². Sedangkan kekuatan *impact* terendah ada pada kuat arus 200 Amp dengan *travelling speed* 15 cm/menit yaitu sebesar 0,090 J/mm². Kekuatan *impact* dari kuat arus 150 Amp ke 200 Amp mengalami penurunan pada setiap kecepatan lasnya. Data tersebut diperkuat dengan adanya analisa hasil patahan dari foto makro yang menunjukkan bahwa pada kuat arus 150 Amp merupakan patahan yang lebih ulet dibandingkan pada 170 Amp dan 200 Amp.

Kata Kunci : Alumunium 6061, Pengelasan TIG, Kekuatan *Impact*, Kuat Arus, *Travelling Speed*

1. PENDAHULUAN

Alumunium merupakan material logam yang memiliki ketahanan terhadap korosi yang tinggi dibandingkan baja dan besi karena fenomena pembentukan lapisan pelindung akibat rekasi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. [1]

Paduan alumunium memiliki nilai keuletan logam las yang cenderung lebih kecil terhadap logam induk dibandingkan nilai keuletan logam las baja. [2]

Dalam bidang perkapalan, alumunium 6061 banyak digunakan sebagai bahan rangka konstruksi, seperti rangka pada konstruksi stiffener, konstruksi pada bangunan lepas pantai. Alumunium seri ini merupakan sangat cocok untuk rangka konstruksi terutama konstruksi bidang perkapalan karena sifat uletnya, mampu dibentuk saat ditempa, dan tahan korosi. [3]

Tungsten Inert Gas (TIG) atau *Gas Tungsten Arch Welding* (GTAW) merupakan salah satu jenis pengelasan busur listrik dengan gas pelindung. Dalam proses pengelasan, busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda tungsten dengan benda kerja. Daerah pengelasan dilindungi oleh gas pelindung. Gas pelindung yang dapat digunakan adalah Helium (He) atau Argon (Ar). TIG sudah menjadi bagian penting dalam industri manufaktur. Pengelasan ini banyak diaplikasikan pada baja stainless steel, alumunium, logam reaktif lainnya. [4]

Untuk mengukur ketahanan material terhadap beban kejut dapat dilakukan pengujian kuat *impact*. Inti pengujian ini adalah adanya penyerapan energy potensial dari pendulum beban yang diayunkan dari ketinggian tertentu dan menghantam material uji sehingga beban uji mengalami perubahan bentuk atau deformasi. [5]

Arus las listrik mempengaruhi optimalisasi kekuatan material. Arus yang terlalu kecil menimbulkan penetrasi dan penguatan yang rendah terhadap hasil pengelasan. Sedangkan arus yang terlalu besar akan menghasilkan manik las berbentuk buah pir yang kekuatan sambungannya rendah dan mudah timbul retak.

Kecepatan las yang rendah menyebabkan pencairan yang banyak dan membentuk manik yang datar, sedangkan kecepatan las yang terlalu tinggi menyebabkan manik yang cekung dan terjadi takikan las. Apabila kecepatan pengelasan dinaikan maka jumlah deposit persatuan menurun, tetapi pada kecepatan tertentu kenaikan kecepatan mempengaruhi perbesaran penembusan. [6]

Pada penelitian yang sebelumnya, dilakukan pengujian *impact* pada spesimen aluminium seri berbeda dengan metode pengelasan GTAW terhadap pengaruh kuat arus dan temperatur. Dari hasil pengujian, kekuatan *impact* yang tertinggi terdapat pada suhu 20°C dan kuat arus 130 Amp, di sudut kumpul 60° sebesar 0,120 J/mm. Pada pengelasan tersebut, faktor kuat arus sangat mempengaruhi nilai dari kekuatan *impact*, dilihat dari kuat arus 130 Amp pada sudut 60° lebih optimal atau menghasilkan kekuatan las yang baik, jika dibandingkan dengan kuat arus 150 Amp, 170 Amp, dan 200 Amp. [7]

Pada penelitian lain, terlihat dari grafik variasi arus dan kecepatan las tersebut memiliki kesamaan dalam naik atau turunnya nilai kekuatan, yaitu mengalami proses kenaikan dari arus 150 Amp, 180 Amp dan tertinggi 200 Amp, sedangkan mengalami proses penurunan pada arus 230 Amp. Pada arus 200 Amp dengan kecepatan las 12,36 cm/menit menghasilkan keadaan yang optimal atau paling baik memberikan kekuatan tarik dan nilai regangan terbesar diantara arus dan kecepatan lainnya, yaitu sebesar 122,35 N/mm² dan regangan sebesar 0,72%. [8]

Pada penelitian yang berbeda, dimana membandingkan kekuatan *impact* aluminium 6061 pasca pengelasan TIG dan MIG. Disimpulkan bahwa kekuatan *impact* dengan pengelasan TIG lebih optimal atau lebih besar yaitu sebesar 0,063 J/mm² dibanding pengelasan MIG yaitu sebesar 0,056 J/mm². [9]

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang menjadi pokok bahasan pada penelitian ini mengetahui hasil uji *impact* pasca pengelasan GTAW dengan variasi arus listrik 150A, 170A, 200A dan kecepatan arus 10 cm/menit, dan 15cm/menit.

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penelitian ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan adalah material uji yang digunakan

adalah aluminium tipe 6061 yang memiliki tebal 10 mm dengan pengelasan GTAW-AC serta dilas dengan posisi 1G (*Down Hand*). Elektroda yang di gunakan AWS ER 5356, diameter 3,2 mm. Sambungan pengelasan menggunakan jenis sambungan *single V-Butt joint* dengan sudut 60°. Pengujian *impact* dilakukan berdasarkan standar ASTM E23 di laboratorium menggunakan sampel dengan total 30 buah spesimen.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kekuatan *impact* aluminium dengan variasi arus listrik variasi arus listrik 150A, 170A, 200A dan kecepatan arus 10 cm/menit, dan 15 cm/menit serta memperoleh variasi arus listrik dan kecepatan las yang optimal pada pengelasan TIG.

2. METODE

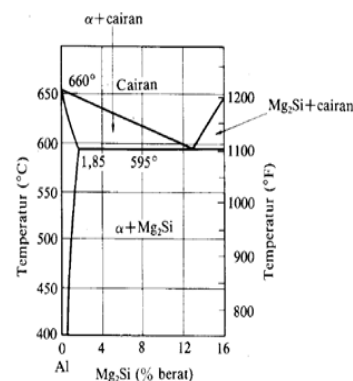
2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari jurnal, buku-buku referensi, modul, artikel, internet, dan studi lapangan secara langsung.

Objek yang diteliti pada penelitian ini adalah aluminium tipe 6061, dimana jenis ini merupakan paduan unsur Al, Mg, dan Si yang memiliki kekuatan yang kurang baik sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan panduan yang lainnya, akan tetapi memiliki tingkat keliatan yang baik, dan mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi, dan mampu bentuk yang tinggi pada tempertur biasa. Paduan ini juga merupakan paduan yang tahan korosi dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaan sehingga banyak digunakan sebagai material konstruksi *stiffner* kapal. [10]



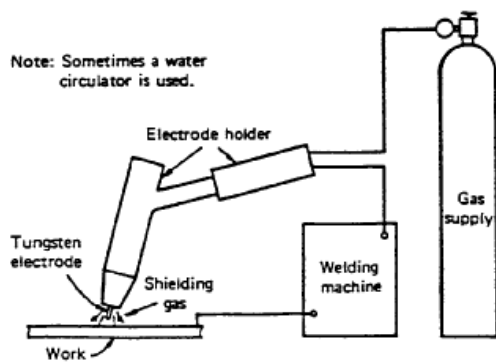
Gambar 1. Plat Aluminium 6061



Gambar 2. Diagram Fase Aluminium 6061

Pengelasan merupakan salah satu proses teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. [11]

Tungsten Inert Gas (TIG) atau sering juga disebut *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW)) merupakan salah satu dari bentuk las busur listrik (*Arc Welding*) yang menggunakan *inert gas* sebagai pelindung dengan *tungsten* atau *wolfram* sebagai penghantar arus listrik untuk menghasilkan las. Daerah las dilindungi gas pelindung yang biasa digunakan pada GTAW adalah gas mulia Argon (Ar) dan Helium (He), atau campuran keduanya. Dalam penelitian ini menggunakan gas pelinding Argon. [120]



Gambar 3. Skema Pengelasan GTAW

Pengelasan TIG ini menggunakan elektroda tidak terumpan (*nonconsumable electrode*) yang berfungsi sebagai pencipta busur nyala saja yang digunakan untuk mencairkan kawat las yang ditambahkan dari luar dan benda yang akan disambung menjadi satu kesatuan sambungan. [13]

Dalam penelitian logam pengisi yang digunakan yaitu elektroda ER 5356 dengan spesifikasi standart AWS. Adapun *mechanical properties*-nya yaitu dengan *Tensile strength* : 27.000 psi (189 Mpa), *Yield Strength* : 18.000 psi (126 Mpa), *Elongation* : 15%, dan *Density* : 0,097 lbs/cu in (2685 kg/m³). [14]

Masukan panas (*heat input*) pengelasan ditentukan oleh beberapa parameter pengelasan diantaranya adalah tegangan busur las, arus listrik las, dan kecepatan pengelasan. [11]

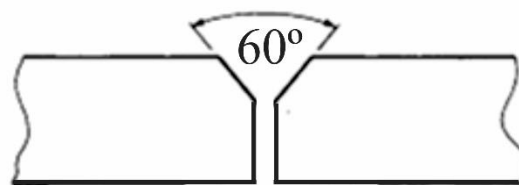
$$HI = \frac{60 \times E \times I}{v} \quad (1)$$

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

Perubahan kuat arus mempengaruhi masukan panas juga pada bentuk manik dan sambungan lasan. Arus las memberikan pengaruh terbesar pada penetrasi dan penguat. Semakin kecil kuat arus maka penetrasi dan penguatan yang dihasilkan rendah, sedangkan jika kuat arus terlalu besar akan menghasilkan kekuatan sambungannya rendah dan mudah timbul retak. [15]

Kecepatan las atau *travelling speed* juga mempengaruhi besaran masukan panas yang berimbas pada terjadinya pembesaran penembusan. Kecepatan pengelas dapat menggunakan rumus kecepatan pengelasan yaitu panjang leleh batang (daerah las) dibagi waktu penyalaan busur. [13]

Pada penelitian ini menggunakan variasi perubahan kuat arus 150A, 170A, 200A dan kecepatan arus 10 cm/menit, dan 15 cm/menit dan menggunakan sambungan *Double V-Butt Joint* dengan sudut kumpul 60°.



Gambar 4. Tipe Sambungan Las *Butt Joint single V-Groove 60°*

Kualitas dari sambungan las sangat menentukan kekuatan dari hasil sambungan las tersebut. Pengelasan yang baik akan menghasilkan kualitas sambungan dan masukan panas (*heat input*) yang baik.

Uji Kekuatan *impact* merupakan sebuah pengujian yang dilakukan untuk menentukan sifat-sifat dari sebuah material yang mendapatkan beban dinamis. Dalam pengujian ini dapat diketahui sifat ketangguhan material baik dalam kondisi liat, ulet, maupun getas. Semakin tinggi nilai atau harga *impact* maka keuletan material tersebut juga semakin tinggi. Material uji dapat dikatakan ulet jika patahan yang terjadi pada bidang patah tidak rata dan tampak berserat-serat. Jika pada bidang patah tampak rata dan mengkilap maka material uji memiliki sifat getas. Pada kondisi material ulet dapat mengalami patah getas dengan deformasi plastis yang sangat kecil, fenomena ini terjadi jika temperatur rendah, laju tegangan bertambah, dan tau terjadi tarikan. [9]

Harga *impact* dapat ditentukan menggunakan rumus:

$$I = \frac{k}{A} \quad (2)$$

Dimana, I adalah nilai *impact* (Joule/mm²), k adalah energi *impact* yang terserap (Joule), A adalah luas penampang (mm²).

Jenis uji *impact* yang digunakan adalah uji *impact* metode *charpy*. Pada metode ini pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal/mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah tarikan. Dilihat secara umum analisis perpatahan pada benda hasil uji tarik maka perpatahan *impact* digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Perpatahan berserat (*Fibrous fracture*)
Perpatahan ini yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang – bidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (*ductile*). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan penampilan buram.
2. Perpatahan granular/kristalin
Pada keadaan perpatahan ini yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*) pada butir – butir dari bahan (logam) yang rapuh (*brittle*) dan ditandai oleh permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).
3. Perpatahan campuran (berserat dan granular)
Perpatahan ini merupakan kombinasi dari kedua patahan, yaitu kombinasi dari perpatahan berserat dan perpatahan granular.

2.2. Tahap Penelitian

Pada penelitian ini terdapat tahap-tahap yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

A. Pengumpulan Bahan

Alumunium yang dipesan berukuran 100 mm x 390 mm x 10mm.

B. Pemotongan Pelat

Pelat dipotong menjadi 6 bagian berukuran 90 mm x 30 mm x 10 mm.

C. Pembuatan Kampuh

Kampuh yang digunakan yaitu *single V-butt joint*

D. Pengelasan Alumunium

Plat alumunium yang telah di bentuk sudut kampuhnya lalu di las menggunakan pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) dengan detail sebagai berikut:

- a. Jenis pengelasan : GTAW
- b. Mesin Las : TIG 3000i AC/DC
- c. Jenis Elektroda : Elektroda ER 5356
- d. Logam induk : Alumunium 6061
- e. Kuat Arus : 150 A, 170A, 200A
- f. *Travelling Speed* : 10cm/menit, 15cm/menit

E. Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen uji *impact* dibuat sesuai ukuranstandar ASTM E23, dengan dimensi ukuran 55 mm x 10 mm x 10 mm 30 buah, yaitu 5

spesimen tiap parameter perubahan dimana 4 spesimen digunakan untuk bahan analisa dan 1 spesimen cadangan.

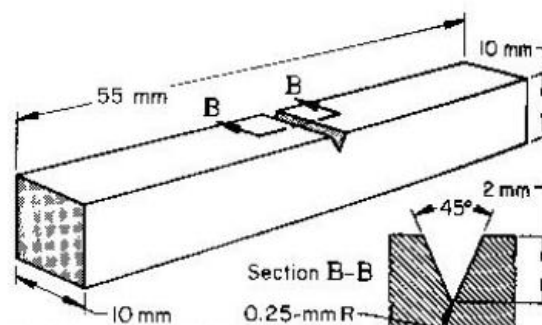
F. Proses Pengujian

Pengujian spesimen *impact* dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta. Mesin yang digunakan untuk pengujian impak ini adalah mesin “*ContraLab France*” yang tersedia di Laboratorium Teknik Bahan Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta.

2.3. Parameter Penelitian

A. Parameter Tetap

Pada penelitian ini parameter tetap adalah spesimen alumunium 6061, tipe pengelasan yang di gunakan adalah pengelasan GTAW, diameter elektroda *tungsten* 2,4 mm (tungsten murni), diameter elektroda pengisi 3,2 mm , *voltage* 10 Volt, dan dimensi ukuran spesimen sebagai berikut :



Gambar 5. Bentuk Spesimen *Impact* [15]

Tabel 1. Dimensi Spesimen Uji Impak

Keterangan	Panjang
Overall length (L)	55 mm
Width (W)	10 mm
Thickness (T)	10 mm
Notched Charpy	45°

B. Parameter Perubahan

Pada penelitian ini parameter perubahan adalah kuat arus yaitu 150 Amp, 170 Amp, dan 200 Amp, kecepatan lasan atau *travelling speed* yaitu 10 cm/menit dan 15 cm/menit, dengan pengujian *impact*.

Pada penelitian ini, proses pengelasan GTAW dilakukan di laboratorium las “*INLASTEK WELDING INSTITUTE*” Surakarta. Untuk pembuatan spesimen dilakukan di CV. YN *Welding Production*, Klaten. Sedangkan proses impak pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Peengujian dilakukan dengan baik

dan benar sesuai dengan prosedur atau standar pengujian *impact* ASTM E23.

2.4. Alat dan Bahan

Terdapat beberapa peralatan dan bahan penelitian yang digunakan dalam pembuatan spesimen maupun pengambilan data. Alat dan bahan yang digunakan antara lain:

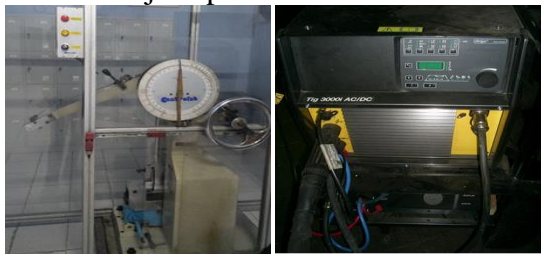
- a. Gerinda b. Jangka Sorong



- c. Saw Machine d. Kapur



- e. Mesin uji impact f. Mesin Las TIG



- g. Aluminium 6061 h. Filler Metal



Gambar 6. Alat dan Bahan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Komposisi Bahan

Uji komposisi bahan sangat penting dilakukan sebagai validasi untuk menentukan tingkat kesesuaian jenis bahan yang digunakan pada penelitian ini. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Aluminium 6061.

Tabel 2. Hasil Uji Komposisi

Unsur	Komposisi
Si	0,63
Mg	0,98
Fe	0,19

Cu	0,18
Cr	0,05
Zn	0,10
Ti	0,08
Unsur Lain	0,15
Al	Balance

Pada spesimen tersebut mengandung unsur penyusun utama silikon (Si) = 0,63% yang memberikan pengaruh terhadap material untuk bisa mendapat perlakuan panas, magnesium (Mg) = 0,98% yang berguna untuk meningkatkan kekerasan dan menurunkan nilai *ductility*-nya, Aluminium (Al) = 97,67%. Sedangkan unsur-unsur lain yang didapatkan yaitu : ferrum (Fe) = 0,19%, chopper (Cu) = 0,18%, khrom (Cr) = 0,050%, seng (Zn) = 0,10%, titan (Ti) = 0,080%, dan 0,15% unsur lainnya. Dapat disimpulkan bahwa material yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan kriteria Aluminium 6061.

3.2. Hasil Pengelasan dan Heat Input

Data Hasil Pengelasan Aluminium 6061 dengan logam pengisi ER 5356, dari hasil eksperimen las yang telah dilakukan di *Inlastek Welding Institute*, menghasilkan data rekaman set parameter dan catatan waktu pengelasan sebagai berikut :

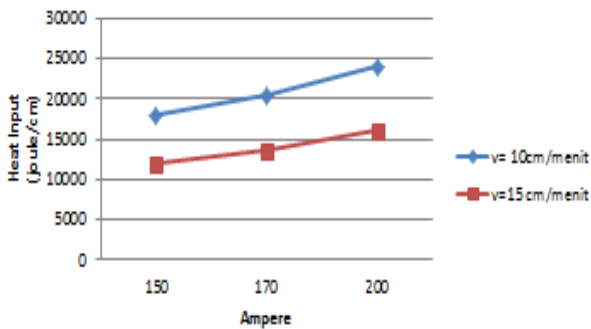
Tabel 3. Hasil Parameter Pengelasan

Run	Welding process	Diameter of filler metal [mm]	I [A]	Volt age [V]	Type of curr ent	v [cm/mt]
F1	GTAW	1.6	150, 170, 200	22	AC	10,1 5
F2	GTAW	3,2	150, 170, 200	22	AC	10,1 5
F3	GTAW	3,2	150, 170, 200	22	AC	10,1 5
B2	GTAW	1.2	150, 170, 200	22	AC	10,1 5
C	Grinding	-	-	-	-	-

Pada setiap parameter perubahan pengelasan menghasilkan masukan panas yang berbeda. fungsi utama sumber panas pada las cair adalah untuk mencairkan logam. Adapun perhitungan

heat input pada setiap parameter perubahan sebagai berikut :

- 150A (v=10cm/menit) = $\frac{60 \times 20v \times 150A}{10 \text{ cm/menit}}$
= 18000 Joule/cm
- 170A (v=10cm/menit) = $\frac{60 \times 20v \times 170A}{10 \text{ cm/menit}}$
= 20400 Joule/cm
- 200A (v=10cm/menit) = $\frac{60 \times 20v \times 200A}{10 \text{ cm/menit}}$
= 24000 Joule/cm
- 150A (v=15cm/menit) = $\frac{60 \times 20v \times 150A}{15 \text{ cm/menit}}$
= 12000 Joule/cm
- 170A (v=15cm/menit) = $\frac{60 \times 20v \times 170A}{15 \text{ cm/menit}}$
= 13600 Joule/cm
- 200A (v=15cm/menit) = $\frac{60 \times 20v \times 200A}{15 \text{ cm/menit}}$
= 16000 Joule/cm



Gambar 6. Grafik nilai masukan panas

3.3. Hasil Pengujian Impak (*Impact Test*)

Pengujian impak dilakukan menggunakan standar uji ASTM E23 pada tanggal 18 Mei 2019 yang bertempat di Laboratorium Teknik Bahan Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta. Hasil yang didapatkan dari pengujian impak pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Data Hasil Uji *Impact*

No	Specimen	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Energi (J)	Kuat <i>Impact</i> (J/mm ²)
1	A1 150/10	10,07	7,37	9	0,12
2	A2 150/10	9,82	7,37	10	0,14
3	A3 150/10	9,74	8,13	11	0,14
4	A4 150/10	10,08	7,46	9	0,12
5	A5 150/10	10,07	7,10	10	0,14
6	B1 170/10	10,04	7,55	6	0,08

7	B2 170/10	9,98	7,70	8	0,10
8	B3 170/10	10,01	7,42	6	0,08
9	B4 170/10	10,00	7,96	9	0,11
10	B5 170/10	10,03	7,53	7	0,09
11	C1 200/10	10,03	7,63	7	0,09
12	C2 200/10	10,12	7,60	7	0,09
13	C3 200/10	10,11	8,32	7	0,08
14	C4 200/10	10,13	7,82	5	0,06
15	C5 200/10	10,21	7,92	8	0,10
16	D1 150/15	10,27	8,70	10	0,11
17	D2 150/15	9,97	8,85	11	0,12
18	D3 150/15	11,06	7,74	10	0,12
19	D4 150/15	10,30	7,77	5	0,06
20	D5 150/15	9,99	8,03	9	0,11
21	E1 170/15	10,18	8,34	6	0,07
22	E2 170/15	10,01	8,05	5	0,06
23	E3 170/15	10,10	8,26	6	0,07
24	E4 170/15	10,07	7,96	5	0,06
25	E5 170/15	10,01	7,83	5	0,06
26	F1 200/15	9,96	7,95	5	0,06
27	F2 200/15	9,91	8,22	5	0,06
28	F3 200/15	10,17	7,53	3	0,04
29	F4 200/15	10,03	7,94	4	0,05
30	F5 200/15	10,19	7,05	4	0,06

Dari data tabel 4. ditentukan 4 spesimen tiap parameter perubahan untuk dianalisa rata-rata kekuatan *impact* nya . Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian terhadap *raw material* untuk mengetahui dan membandingkan hasil kekuatan *impact*.

Tabel 5. Rata-rata kekuatan *impact raw material*

No	Dimensi (mm)		Luas Penampang (mm ²)	Energi (J)	Kuat <i>Impact</i> (J/mm ²)
	b ₀	t ₀			
1	10,00	7,43	73,40	9,2	0,125
2	10,04	7,43	73,69	8,4	0,113
3	9,74	7,5	73,05	8,9	0,121
4	10,08	7,42	74,79	9,0	0,120
					\bar{X} 0,120

Tabel 6. Rata-rata kekuatan *impact 150A/10*

No	Dimensi (mm)		Kuat Arus (A)	Kec. Las (cm/menit)	Energi (J)	Kuat <i>Impact</i> (J/mm ²)
	b ₀	t ₀				
1	10,07	7,37	130	10	9	0,12
2	9,82	7,37	130	10	10	0,14
3	9,74	8,13	130	10	11	0,14
4	10,08	7,46	130	10	9	0,12
					\bar{X} 0,13	

Tabel 7. Rata-rata kekuatan *impact 170A/10*

No	Dimensi (mm)		Kuat Arus (A)	Kec. Las (cm/menit)	Energi (J)	Kuat Impact (J/mm ²)
	b _o	t _o				
1	9,98	7,70	130	10	8	0,10
2	10,01	7,42	130	10	6	0,08
3	10,00	7,96	130	10	9	0,11
4	10,03	7,53	130	10	7	0,09
						\bar{x} 0,095

Tabel 8. Rata-rata kekuatan *impact* 200A/10

No	Dimensi (mm)		Kuat Arus (A)	Kec. Las (cm/menit)	Energi (J)	Kuat Impact (J/mm ²)
	b _o	t _o				
1	10,03	7,63	130	10	7	0,09
2	10,12	7,60	130	10	7	0,09
3	10,11	8,32	130	10	7	0,08
4	10,21	7,92	130	10	8	0,10
						\bar{x} 0,090

Tabel 9. Rata-rata kekuatan *impact* 150A/15

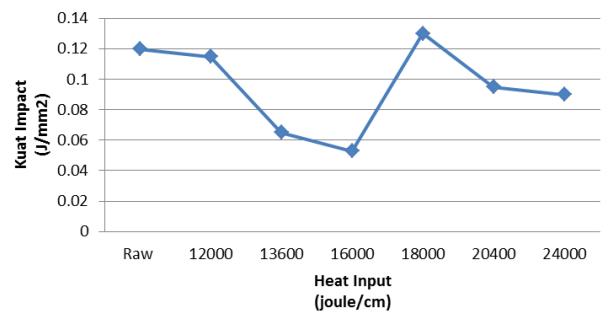
No	Dimensi (mm)		Kuat Arus (A)	Kec. Las (cm/menit)	Energi (J)	Kuat Impact (J/mm ²)
	b _o	t _o				
1	10,27	8,7	130	10	10	0,11
2	9,97	8,85	130	10	11	0,12
3	11,06	7,74	130	10	10	0,12
4	9,99	8,03	130	10	9	0,11
						\bar{x} 0,115

Tabel 10. Rata-rata kekuatan *impact* 170A/15

No	Dimensi (mm)		Kuat Arus (A)	Kec. Las (cm/menit)	Energi (J)	Kuat Impact (J/mm ²)
	b _o	t _o				
1	10,18	8,34	130	10	6	0,07
2	10,01	8,05	130	10	5	0,06
3	10,10	8,26	130	10	6	0,07
4	10,07	7,96	130	10	5	0,6
						\bar{x} 0,065

Tabel 11. Rata-rata kekuatan *impact* 200A/15

No	Dimensi (mm)		Kuat Arus (A)	Kec. Las (cm/menit)	Energi (J)	Kuat Impact (J/mm ²)
	b _o	t _o				
1	9,96	7,95	130	10	5	0,06
2	9,91	8,22	130	10	5	0,06
3	10,17	7,53	130	10	3	0,04
4	10,03	7,94	130	10	4	0,05
						\bar{x} 0,053



Gambar 7. Grafik kekuatan *impact* rata-rata

Dari grafik di atas sesuai gambar 7. menunjukkan hasil rata-rata pengujian kekuatan *impact* dengan sudut kampuh 60° dengan 3 variasi kuat arus, yaitu 150 Amp, 170 Amp, 200 Ampere dan 2 variasi *travelling speed*, yaitu 10 cm/menit, 15 cm/menit memiliki kekuatan *impact* yang berbeda-beda. Pada *travelling speed* 10 cm/menit, kekuatan *impact* tertinggi ada pada kuat arus 150 Ampere, yaitu sebesar 0,130 J/mm², sedangkan kekuatan *impact* terendah ada pada kuat arus 200 Ampere yaitu sebesar 0,090 J/mm². Sementara, pada *travelling speed* 15 cm/menit memiliki kekuatan *impact* tertinggi pada kuat arus 150 Ampere, yaitu sebesar 0,115 J/mm² dan kekuatan *impact* terendah ada pada kuat arus 200 A yaitu sebesar 0,053 J/mm².

Pada pengelasan ini dapat dilihat faktor kuat arus dan *travelling speed* sangat berpengaruh pada hasil kekuatan *impact*. Disini terlihat kuat arus 150 Amp pada *travelling speed* 10 cm/menit lebih optimal atau menghasilkan kekuatan las yang lebih baik, dibandingkan dengan kuat arus 170 Amp dan 200 Amp pada *travelling speed* 10cm/menit maupun 15 cm/menit yang menurun kekuatan lasnya dengan kampuh las yang sama.

Dari data di atas didapatkan bahwa kekuatan tertinggi terjadi pada masukan panas sebesar 18000 J/cm dengan kuat arus 150 Amp pada *travelling speed* 10 cm/menit, dikarenakan hasil pengelasan lebih baik dibandingkan dengan kuat arus yang lebih tinggi ataupun *travelling speed* yang lebih lama.

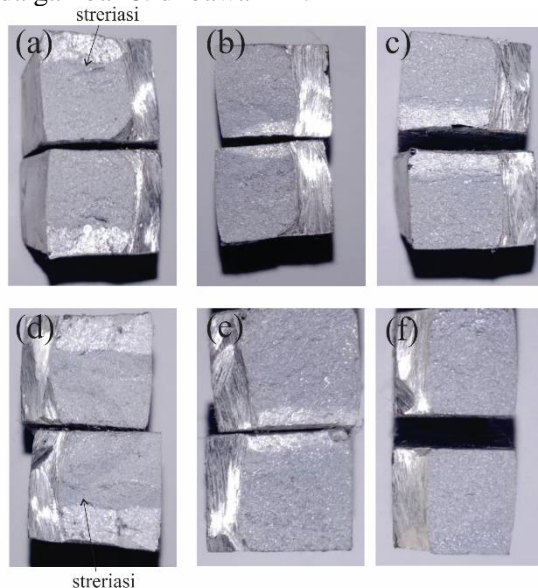
Kekuatan paling optimal yang didapat yaitu sebesar 0,130 J/mm², lebih tinggi dibandingkan kekuatan *base metal* dari material aluminium 6061 yang memiliki kekuatan rata-rata sebesar 0,12 J/mm². Kenaikan kekuatan dari hasil penelitian yang didapat sebesar 8,3 % dari kekuatan *impact* material aslinya.

3.4. Analisa Hasil Patahan

Dilihat dari grafik 7, kekuatan *impact* dari kuat arus 150 Amp ke 200 Amp mengalami penurunan pada setiap kecepatan pengelasannya yang disebabkan karena pengaruh panas pada kuat arus yang tinggi dan *travelling speed* yang lama

menghasilkan pengelasan yang kurang baik pada paduan aluminium kemudian menyebabkan terjadinya pencairan sebagian, rekristalisasi, pelarutan padat, atau pengendapan. Hal tersebut diperkuat dengan adanya foto makro yang menunjukkan bentuk patahan.

Hasil penampang patahan pada logam las dengan kuat arus 150 Amp dan travelling speed 10 cm/menit, menunjukkan adanya steriasi-steriasi yang lebih dominan dibandingkan dengan patahan logam las pada kuat arus yang lebih tinggi pada travelling speed 10 cm/menit maupun 15 cm/menit. Bentuk penampang patahan dengan steriasi adalah menunjukkan bahwa patahan yang terjadi adalah patahan ulet. Sedangkan bentuk patahan yang cenderung datar tanpa adanya steriasi menunjukkan terjadinya patah adalah patah getas. Ketangguhan *impact* dapat digunakan untuk mengetahui sifat material tersebut berkaitan dengan keuletan dan kekuatannya. Ketangguhan yang tinggi berarti material tersebut selain ulet juga kuat, begitu juga sebaliknya. Foto makro penampang patahan hasil uji *impact* dapat dilihat pada gambar 8. di bawah ini.



Gambar 8. Foto Makro Penampang Patahan Hasil Uji *Impact* Pada Variasi Kuat Arus dan *Travelling Speed* :

- (a) 150Amp;10cm/menit, (b) 170 Amp;10cm/menit, (c) 200 Amp;10cm/menit, (d) 150Amp;15cm/menit, (e) 170Amp;15cm/menit, (f) 200Amp;15cm/menit

Pada gambar 4.16. menunjukkan variasi kuat arus 150 Amp memiliki hasil patahan ulet pada kedua variasi *travelling speed* nya.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa dari hasil pengujian *impact* pada aluminium 6061 dengan variasi kuat arus 150 Amp, 170 Amp, dan 200 Amp dengan

travelling speed 10 cm/menit dan 15 cm/menit hasil pengelasan *Gas Tungsten Arch Welding* (GTAW) menggunakan gas pelindung argon, dimana spesimen pengujian berkampuh *single V butt-joint* 60°, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Hasil pengujian kekuatan *impact* 6061 hasil pengelasan GTAW atau TIG menggunakan gas pelindung argon dan sudut kampuh 60° *single V butt-joint* dengan 2 variasi yaitu kuat arus dan *travelling speed* yang berbeda tiap – tiap spesimen, diantaranya kuat arus 150 Amp, 170 Amp, dan 200 Amp dengan *travelling speed* 10 cm/menit dan 15 cm/menit, dimana dilakukan pengujian sebanyak 5 spesimen tiap parameter perubahannya. Kekuatan *impact* tertinggi dihasilkan pada kuat arus 150 Amp dengan *travelling speed* 10 cm/menit, yaitu sebesar 0,130 J/mm². Sedangkan kekuatan *impact* terendah dihasilkan pada kuat arus 200 Amp dengan *travelling speed* 15 cm/menit, yaitu sebesar 0,053 J/ mm². Dari data di atas didapatkan kekuatan tertinggi ada pada pada kuat arus 150 Amp dengan *travelling speed* 10 cm/menit, dikarenakan hasil pengelasan yang lebih baik dibandingkan kuat arus yang lebih tinggi dan *travelling speed* yang lebih lama.

Pada pengujian ini variasi perubahan mempengaruhi besaran masukan panas dan didapatkan data kekuatan *impact* pada setiap parameter perubahan, yang mana semakin tinggi masukan panas maka kekuatan *impact* menurun. Berdasarkan analisa pengujian, pengaruh panas pada kuat arus yang tinggi dan *travelling speed* yang lama menghasilkan pengelasan yang kurang baik pada paduan aluminium kemudian menyebabkan terjadinya pencairan sebagian, rekristalisasi, pelarutan padat, atau pengendapan. Oleh karena itu, perubahan struktur ini menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan dan ketahanan korosi dan membuat daerah las menjadi getas. Analisa ini diperkuat dengan adanya foto makro yang dapat membedakan hasil patahan getas atau ulet. Pada kuat arus 150 Amp dengan *travelling speed* 10 cm/menit terdapat steriasi-steriasi yang lebih dominan dibandingkan pada parameter perubahan lainnya. Steriasi yang terbentuk pada penampang patahan menunjukkan bahwa patahan yang terjadi merupakan patahan ulet.

Dari uji kekuatan *impact* ini diambil keadaan optimal atau paling baik yang memberikan kekuatan *impact* tertinggi sebesar 0,130 J/mm² terjadi pada masukan panas sebesar 18000 J/cm yaitu dengan kuat arus 150 Amp dan *travelling speed* 10 cm/menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penulisan ini penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak lain. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa dan semua pihak yang telah membantu baik formil maupun materiil kepada penulis dalam penyusunan ini. Secara khusus, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Orang tua, Dosen Pembimbing 1 dan 2 yang telah memberikan petunjuk, bantuan, serta dukungan dalam menyelesaikan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darsin, M., H. Sutjahjono, and A. Hadi. 2013. *Mechanical Properties and Micro Structure of Aluminum Alloys [Al-Mg-Si] as Results of Variation Time in Friction Welding*.
- [2] Sari, N. H. 2018. *Material Teknik*. Deepublish, Yogyakarta.
- [3] Nurhafid, Aji. 2017. *Analisa Pengaruh Perbedaan Feed Rate Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Aluminium 6061 Metode Pengelasan Friction Stir Welding*. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(2), 473-481.
- [4] Adrian, Y. 2012. *Analisis Peningkatan Penetrasi Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) pada Material Stainless Steel dengan Memanfaatkan Medan Elektromagnetik*. Skripsi, Universitas Indonesia.
- [5] Putra, R. P., S. Jokosisworo, dan Kiryanto. 2016. *Pengaruh Arus Listrik dan Temperatur terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Aluminium 5083 Pengelasan GMAW (Gas Metal ArcWelding)*. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(1), 152 – 161.
- [6] Jokosisworo, S. 1995. *Pengaruh Besar Arus Listrik dan Kecepatan Pengelasan Terhadap Sifat Mekanis Pelat Baja Kapal Hasil Pengelasan Submerged Arc Welding*. Universitas Indonesia.
- [7] Adam, A. R., S. Jokosisworo, dan Samuel. 2016. *Pengaruh Kuat Arus Listrik, Temperatur dan Variasi Sudut Kampuh terhadap Kekuatan Impact Aluminium 5083 Pengelasan GTAW dengan Gas Pelindung Helium*. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(1), 297 – 305.
- [8] Passalbessy, V., S. Jokosisworo, dan Samuel. 2015. *Pengaruh Besar Arus Listrik dan Kecepatan Las Terhadap Kekuatan Tarik Aluminium 5083 Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas)*. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 3(4), 337 – 345.
- [9] Titahgusti, M. I., S. Jokosisworo, dan U. Budiarto. 2018. *Anaslisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi pada Sambunngan Las Alumunium 6061 Terhadap Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) dan MIG (Metal Inert Gas)*. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 3(6).
- [10] Surdia, T. dan S. Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Pradnya, Jakarta.
- [11] Wiryosumarto, H. dan T. Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [12] O'Brien, R. L. 2003. *Welding Handbook, Volume 2 – Welding Processes*. American Welding Society, Miami.
- [13] Sunaryo, Hery. 2008. *Teknik Pengelasan Kapal Jilid 1 untuk Sekolah Menengah Kejuruan*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta.
- [14] Yudo, H., dan I. P. Mulyanto. 2008. *Pengaruh Penggunaan Gas Pelindung Argon Grade A dan Grade C Terhadap Kekuatan Tarik Lasan Sambungan Butt Pada Material Kapal Aluminium 5083*. *Jurnal KAPAL*, 5(3), 181 – 190.
- [15] Passalbessy, V., S. Jokosisworo, dan Samuel. *Pengaruh Besar Arus Listrik dan Kecepatan Las terhadap Kekuatan Tarik Aluminium 5083 Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas)*. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 3(4), 336 – 345.
- [16] ASTM E23. 2009. *Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate*. USA.