



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Single V dan Variasi Posisi Las dengan Sambungan MIG pada Aluminium 6061 terhadap Kekuatan Impak sebagai Material Kapal

Muhammad Abdul Aziz Mufti ¹⁾, Untung Budiarto ²⁾, Eko Sasmito Hadi ³⁾

¹⁾Laboratorium Pengelasan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

^{*)}e-mail : azismufti19@students.undip.ac.id, untungbudiarto@lecturer.undip.ac.id,
ekosasmitohadi@lecturer.undip.ac.id

Abstrak

Beberapa partisi dek kapal seperti pintu dan jendela kapal menggunakan material aluminium karena karakteristik material yang mudah dibentuk. Beberapa metode pengelasan seperti MIG dengan variasi posisi pengelasan dengan keadaan lapangan. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan nilai impak dari material aluminium 6061 dan membandingkan dengan rules ASTM E23. Pengelasan MIG dilakukan untuk menyambung material dengan variasi posisi serta membuat variasi sudut kampuh. Spesimen dengan perlakuan las dan Raw Material diuji dengan standar ASTM E23. Dari penelitian ini diketahui bahwa semakin kecil sudut kampuh maka semakin besar nilai impaknya. Didapatkan hasil aluminium 6061 sambungan las MIG 1G masing-masing pada sudut 40° memiliki rata-rata kekuatan impak 0.1179 J/mm², sudut 60° memiliki rata-rata kekuatan impak 0.1069 J/mm², sudut 80° memiliki rata-rata kekuatan impak 0.083 J/mm². Lalu pada 2G masing-masing pada sudut 40° memiliki rata-rata kekuatan impak 0.0936 J/mm², sudut 60° memiliki rata-rata kekuatan impak 0.0752 J/mm², sudut 80° memiliki rata-rata kekuatan impak 0.0561 J/mm². serta raw material yang memiliki rata-rata nilai 0.4278 J/mm². Berdasarkan hasil pengujian tersebut, didapati bahwa spesimen IG 40° dan 60° serta Raw Material sesuai dengan standar ASTM E23 dengan 0,10 J/mm² untuk welded materials dan 0,40 J/mm² non welded materials

Kata Kunci : Aluminium 6061, Pengelasan MIG, Pengelasan 1G, Pengelasan 2G, Kekuatan Impak, ASTM E23.

1. PENDAHULUAN

Teknologi tentang las adalah unsur penting yang sulit dipisahkan dalam kaitannya tentang struktur teknologi industri. Umumnya, pengelasan bisa di definisi sebagai hubungan sifat bahan yang dilakukan pada sambungan logam ataupun campuran logam yang dilakukan saat logam mencair. Hasil optimal bisa didapatkan dengan memperhatikan secara baik dan terperinci tahapan pengelasan pada proses penyambungan logam, mulai dari tahapan perancangan sampai tahapan eksekusi. Tahapan perancangan dimulai dari pemilihan jenis pengelasan sampai pada tahapan pemilihan sudut dan jenis kampuh yang nanti akan digunakan. Sedangkan pada tahapan eksekusi atau pengerjaan dapat memilih kuat arus yang akan digunakan[1].

Aluminium adalah sejenis logam lunak ringan yang memiliki warna putih-perak serta memiliki banyak jenis. 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 konstruksi bangunan lepas pantai[2].

Las *Metal Inert Gas* adalah pengelasan yang membentuk busur listrik antara elektroda dan logam kerja yang interaksi keduanya menghasilkan panas dan menyebabkan kedua benda tersebut meleleh dan akhirnya menyatu.

Pada elektroda terdapat bahan pelindung yang menjaga proses las dari campuran udara[3].

Welding Process adalah bagian yang tidak dapat dipisahkan dari struktur pertumbuhan dan juga peningkatan kualitas dalam dunia industri karena memegang peran penting pada rekayasa dan produktivitas logam. Penyambungan logam menggunakan beberapa posisi yang telah ditentukan pada perencanaan dan perancangan konstruksi las yang pengaplikasiannya sering didapati pada dinding dan langit-langit konstruksi. Dari keadaan tersebut, maka dapat digolongkan dalam beberapa posisi pengelasan secara besar; posisi *downhand*, *horizontal*, *vertical* dan *overhead*[4].

Untuk menentukan sifat patahan suatu logam, keuletan dan kegetasannya dapat dilakukan dengan media pengujian impact. Uji impact adalah proses yang dilakukan agar didapatkan kualitas ketangguhan dan juga kedudukan sensitivitas sebuah bahan. Pengujian ini biasanya menggunakan bahan keramik, polimer dan komposit industri logam. Benda uji berlekuk rusak oleh alat berat yang menabrak dengan kecepatan yang telah ditentukan serta melalui ketepatan jarak peletakan. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengukur energi yang diserap oleh spesimen yang telah disiapkan[5].

Merujuk kepada hasil tugas akhir yang pernah dilakukan sebelumnya oleh penulis lain yaitu Pengujian tarik dan struktur mikrografi pada sambungan las Aluminium 6061 serta menggunakan variasi posisi pengelasan 2G (*Horizontal*) dan 3G (*Vertical*) menggunakan variasi bentuk kampuh *Single V-Butt Joint* dan *Single U-Butt Joint* didapati kekuatan rata-rata tegangan tarik maksimum yang dihasilkan dari sambungan MIG berposisi 3G menggunakan kampuh V memiliki regangan sebesar 20,84% dan modulus elastisitas sebesar 8,02 GPa[4].

Kemudian pada penelitian yang pernah dilakukan dengan fokus pada pengujian impact aluminium 6061 dengan variasi jenis pengelasan *Double Sided Friction Stir Welding* ditambah variasi sudut gesekan *tool tilt angle* didapati bahwa pengujian mendapatkan hasil yang berbeda dalam setiap pengujian spesimennya. Harga rata-rata terbesar pada pengujian impact dengan *tool tilt angle* 3° yaitu sebesar 0,14 J/mm² dan harga *small average* pengujian impact melalui *tool tilt angle* 4° yaitu sebesar 0,11 J/mm²[5].

Selanjutnya pada penelitian yang pernah dilakukan, informasi dalam jurnal internasional tentang *impact test* dengan metode *sandwich* berupa lembar aluminium sebagai kulit dan butir aluminium sebagai isi yang ditambahkan epoksi

resin sebagai penguat didapatkan bahwa nilai impact metode sandwich bergantung pada core, yaitu didapatkan nilai 0.0014 J/mm² dengan ketebalan inti 6.35 mm dan ketebalan kulit 0.6 mm. Sedangkan untuk ketebalan kulit 1.0 mm dan ketebalan inti 3.2 mm didapati nilai impact 0.0003 J/mm²[6].

Dengan latar belakang dan hasil pengujian yang pernah dilakukan seperti penjelasan pada penelitian sebelumnya, saya selaku penulis mengambil fokus untuk melaksanakan penelitian pada Nilai Impact Material aluminium 6061 dengan pengelasan MIG dengan variasi posisi pengelasan dan variasi sudut kampuh.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mendapatkan Nilai Kekuatan Impact pada spesimen material Aluminium 6061 yang disambungkan menggunakan pengelasan MIG dengan variasi posisi 1G dan 2G, dan variasi sudut kampuh 40°, 60°, 80°. Mengetahui pengaruh dari adanya variasi posisi pengelasan dan juga variasi sudut kampuh serta membandingkan hasil Nilai Impact dengan Standar Kriteria.

2. METODE

2.1. Pengumpulan Data

Dalam penyusunan ini, perlu adanya dasar yang digunakan dan arahan untuk menganalisisnya dan materi penelitian yang dimaksud adalah meliputi data-data yang bersifat primer dan sekunder yang akan diolah dalam penelitian yang penulis jalani serta menambahkan teori dan referensi yang berkaitan.

Objek atau material yang dilakukan penelitian dalam tugas akhir ini adalah material Aluminium 6061.



Gambar 1. Aluminium 6061[7].

Aluminium 6061 yang merupakan jenis aluminium dengan paduan antara Al-Mg-Si, dengan paduan tersebut dapat dikeraskan dengan penuaan setelah proses pelarutan. Aluminium ini termasuk banyak dipilih karena memiliki kekuatan yang baik dalam hal berat, keuletan yang baik, tahan korosi dan juga ketahanan retak[7].

pada sambungan Aluminium berseri 3003, 3004, 5052, 6061 dan 6063[11].

Tabel 1. Kandungan Mekanik Aluminium 6061[8]

Sifat Mekanik	Nilai
Poisson's Ratio	0,33
Modulus Of Elasticity	68,9 Gpa
Density	2700 Kg/m ³
Yield Stress	276 Mpa
Elongation at Break	12%
Fatigue Strength	96,5 Mpa
Tensile Strength	324 Mpa

Pada *Rules For Classification and Construction, Volume VI, Rules For Welding*, 2019 tentang *Welding Consumable for Aluminium Alloys*, Aluminium 6061 memiliki *Quality Grade RD/WD* dengan *Alloy Designation Numerical 6061* dan *Chemical Symbol AlMgSiCu*[9].

Tabel 2. Kandungan Kimia Aluminium 6061[8]

Sifat Kimia	Nilai
Alloy	6061
Si	0.4-0.8
Fe	0.7
Cu	0.15-0.4
Mn	0.15
Mg	0.8-1.2
Cr	0.04-0.35
Zn	0.25
Ti	0.15
Others	0.15

Pengelasan merupakan teknik menyambungkan logam dengan cara mencairkan logam pengisi atau tanpa logam pengisi dengan logam induk dan adanya tekanan atau tanpa tekanan serta menghasilkan sambungan yang terus menerus. Las GMAW (Gas Metal Arch Welding) atau MIG (Metal Inert Welding) 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 kawat dan logam. Gas yang melindungi kawat adalah Argon, Helium dan paduan kedua bahan tersebut. Untuk memaksimalkan kualitas dari busur, bisa ditambahkan gas Oksigen pada angka 2-5% atau CO pada angka 5-20%[10].

Elektroda atau Filler yang digunakan adalah elektroda berjenis ER 4043. Memiliki jenis unsur AlSi5. Elektroda ER 4043 adalah paduan Aluminium umum yang biasanya dipilih karena mempunyai kekuatan yang baik. Selain itu, ER 4043 juga memiliki ketahanan korosi yang sangat baik. Elektroda dengan jenis ini cocok digunakan



Gambar 2. Elektroda ER 4043.

Tabel 3. Kandungan Mekanik ER 4043[11]

Sifat Mekanik	Nilai
Yield Stress	140 Mpa
Tensile Strength	210 Mpa
Elongation	7 %

Tabel 4. Kandungan Kimia Aluminium 6061[11]

Sifat Kimia	Nilai
Si	4.5-6.0
Fe	0.8
Cu	0.30
Mn	0.05
Mg	0.05
Cr	0.05-0.2
Zn	0.1
Ti	0.2
Al	Balance
Si	4.5-6.0

Dalam proses pengelasan, perencanaan dalam posisi pengelasan sangat penting karena akan berpengaruh terhadap sifat dan kualitas dari hasil pengelasan. Posisi pengelasan adalah penempatan tangan pada arah pengelasan. Ada 4 cara penempatan pengelasan yaitu *Downhand-1G*, *Horizontal-2G*, *Vertical-3G*, dan *Overhead-4G*[10].

Kampuh las adalah bagian dari logam utama yang akan melalui proses pengelasan yang bagian tersebut akan diisi oleh logam las atau filler. Sambungan *single-V* banyak dipakai untuk menyambungkan pelat bertebal 5-15 mm dengan kriteria bersudut kampuh 50°-90°, berjarak akar 2 mm bertinggi akar 1-2 mm. Ada beberapa jenis tipe sambungan *Butt Joint*, yaitu *Square Butt Joint*, *Single V-Butt Joint*, *Single U Butt Joint*, *Double V-Butt Joint*, *Double U-Butt Joint*[7].

Dari keterangan di atas, penulis akan menggunakan kriteria pengelasan *Single-V Butt Joint* dengan variasi sudut 40°, 60°, 80°. Serta menggunakan variasi posisi pengelasan 1G dan 2G.

Hasil sambungan yang telah dilakukan sangat menentukan kekuatan ataupun kandungannya, maka dari itu kualitas sangat diperlukan seperti sambungan dan masukan panas yang baik. Masukan panas (*Heat Input*) dalam pengelasan didapati adanya parameter-parameter pengelasan seperti :

$$HI = \frac{60 \times E \times I}{1000 \times C} \quad (1)$$

Dari keterangan di atas, HI merupakan *Heat Input* (KJ/mm), E merupakan tegangan busur (Volt), I adalah kuat arus (Ampere), dan C merupakan kecepatan las atau travel speed (mm/minutes)[10].

Uji Impak menurut Dieter G.E. (1988) adalah pengujian untuk menentukan kemampuan material tentang kerapuhan atau keuletan berdasarkan sifat tangguhannya. Hasil dari pengujian ini tidak sekaligus menggambarkan kondisi perpatahan spesimen secara langsung[10]. Uji Impak biasanya digunakan untuk polimer, keramik dan juga material komposit sektor industri logam. Benda hasil pengujian akan berbentuk rusak karena hasil dari penentuan benda berat yang ditubrukan. Tes ini mengukur energi yang diserap oleh spesimen yang telah dibuat / dilas[5]. Prinsip *Impact Test* yaitu dengan mengakumulasi besarnya gaya potensial yang diserap suatu material dari palu atau alat berat yang jatuh dari proses yang ditentukan dan spesimen ditubruk alat tersebut sehingga spesimen terdapat perubahan bentuk[10].

Prinsip pengujian ini adalah dengan membuat spesimen sesuai dengan spesifikasi Standar ASTM E23 yang kemudian spesimen tersebut diposisikan ke dalam alat uji impak yang prosesnya menggunakan standar ASTM E23[10].

Nilai Impak suatu material atau spesimen yang diuji dengan metode Charpy ditentukan oleh[10]:

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

Yang mana K adalah Nilai Impak (Kg.m/mm²), E merupakan energi yang terserap (Kg.m atau Joule) dan A adalah luas penampang (mm²)[10].

Pada penelitian ini dilakukan proses pengujian Impak dan tertulis pada *ASTM E23, Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*. Yang mana pengujian ini melingkup tentang proses perlakuan spesimen uji sampai nilai standar dari pengujian impak itu sendiri. Untuk standar nilai minimal pengujian Impak pada aturan ASTM yaitu bernilai 0,1 J/mm² untuk *welded materials* dan 0,4 J/mm² *non welded materials* yang mana didasari oleh

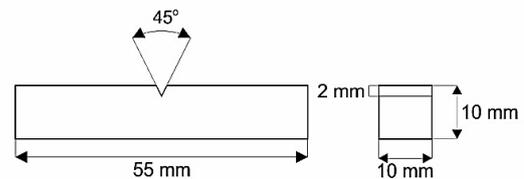
dimensi spesimen uji Impak dengan depth notch yaitu 2 mm[12].

2.2. Parameter Penelitian

1. Parameter Tetap

Parameter tetap yang ditentukan adalah penggunaan material yaitu Aluminium 6061. Dengan pengelasan MIG. Elektroda yang digunakan berjenis ER 4043 bertebal 1.2 mm. Dengan besar arus 140-160 Ampere, tegangan 21-25 Volt.

Untuk dimensi spesimen yang akan diteliti sebagai berikut :



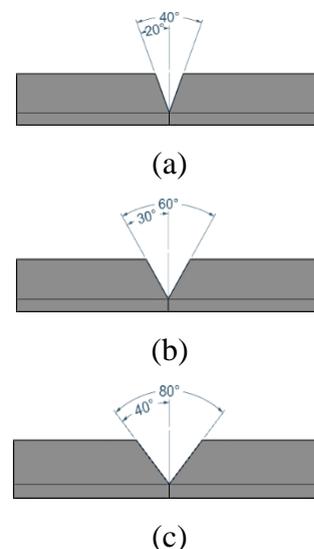
Gambar 3. Bentuk Spesimen Impak[12]

Tabel 5. Dimensi Spesimen Uji Impak[12]

Deskripsi	Dimensi
Overall Length (L)	55 mm
Width (W)	10 mm
thickness (t)	10 mm
Notch Thickness	2 mm
Notched Charpy	45°

2. Parameter Perubahan

Parameter ini adalah berisi tentang variasi sudut kampuh yaitu 40°,60°,80°. Dan variasi posisi pengelesan 1G dan 2G.



Gambar 4. variasi sudut. a.40°, b.60°, c.80°[8]

Penelitian tugas akhir ini, untuk pengelasannya dilakukan di Laboratorium INLASTEK Surakarta, dan Pengujian Impak

dilakukan di Laboratorium Mesin FT Undip Semarang dan Laboratorium Bahan Teknik Sekolah Vokasi UGM.

Tabel 6. Kebutuhan Spesimen Uji

Sudut	1G	2G	RAW
40	4 Spesimen	4 Spesimen	4 Spesimen
60	4 Spesimen	4 Spesimen	
80	4 Spesimen	4 Spesimen	

2.3. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan dan bahan untuk pembuatan spesimen dan juga pengambilan data-data penelitian antara lain :

1. Aluminium 6061
2. Elektroda ER 4043
3. Alat Tulis
4. Jangka Sorong
5. Penggaris
6. Gerinda
7. Mesin Las MIG
8. Mesin Uji Impak
9. Mesin Uji Metalografi

2.4. Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini, penulis mendapatkan tahapan-tahapan dalam penelitian yaitu sebagai berikut :

1. Pengumpulan Bahan Material
 - Pembelian material Pelat Aluminium 6061 berdimensi 600 mm x 600 mm x 10 mm.
 - Pembelian Elektroda ER 4043 berukuran 1.2 mm.
2. Pemotongan Pelat Material

Material yang telah didapatkan selanjutnya dipotong berukuran 80 mm x 60 mm x 10 mm masing-masing 7 buah. Lalu 6 buah pelat yang telah selesai, dipotong kembali menjadi ukuran 80 mm x 28 mm x 10 mm.
3. Pembuatan Kampuh Las

Kampuh yang digunakan adalah Single V-Butt Joint dengan sudut 40°,60°,80°.
4. Pengelasan Material

Sesaat setelah material yang diberikan pemotongan kampuh selesai, maka selanjutnya dilakukan pengelasan MIG dengan penjelasan :

 - Pengelasan : GMAW -DC
 - Mesin Las : GeKaMac
 - Kuat Arus : 140-160 Ampere
 - Tegangan : 21-25 Volt
 - Elektroda : ER 4043 1.2 mm
 - Logam Induk : Aluminium 6061
5. Pembuatan Spesimen

Untuk pembuatan spesimen uji impact, spesimen dibuat atau dibentuk sesuai dengan

standar dimensi ASTM E23 yaitu berdimensi 55 mm x 10 mm x 10 mm dengan kedalaman takik 2 mm dan bersudut 45° sebanyak 28 spesimen.

6. Prosesi Pengujian Spesimen

Spesimen yang telah dibentuk selanjutnya dilakukan proses pengujian Impak yang dilakukan di Laboratorium Mesin FT UNDIP Semarang menggunakan Mesin Uji Impak. Lalu ditambahkan pengujian Metalografi yang dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Sekolah Vokasi UGM Yogyakarta.

Tahapan pengujian dilakukan sebagai berikut :

- Mempersiapkan alat uji, spesimen, jangka sorong, dan alat tulis.
- Spesimen ditaruh sesuai di tempatnya.
- Setelah ditaruh, siapkan pendulum palu dan mengatur kekuatan palu.
- Setelah disiapkan dan diatur, maka tekan tombol penahan pendulum palu dan pendulum menubruk spesimen uji.
- Hasil pengujian atau nilai impact bisa dilihat pada papan indikator mesin uji.

6. Proses Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah pendulum tidak bergerak dan indikator telah menunjukkan angka hasil pengujian. Data yang telah didapatkan ditulis dalam catatan uji dan spesimen hasil uji didokumentasikan.

7. Penyajian Data

Penyajian Data dalam penelitian ini menggunakan metode atau teknik dengan menampilkan tabel, lalu untuk memperjelas tabel yang ditampilkan tertaut grafik yang didukung dengan gambar atau dokumentasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengelasan dan Heat Input

Dalam penelitian ini penulis melakukan pengelasan di Laboratorium INLASTEK menggunakan metode pengelasan MIG dengan perolehan diameter elektroda, kuat arus, dan tegangan dengan berbagai pertimbangan penulis dan welder agar masukan panas (*Heat Input*) dan penetrasi pada sambungan lasnya maksimal. Dari pengelasan yang dilakukan, didapati tegangan 23 Volt dan kuat arus 150 Ampere dan adanya variasi pada kecepatan pengelasan.

Tabel 7. Heat Input

No	Variasi	(V)	(A)	TS	Heat Input (KJ/mm)
1	1G 40°	23	150	220	0.0157
2	1G 60°	23	150	190	0.0182
3	1G 80°	23	150	160	0.0216

4	2G 40°	23	150	170	0.0203
5	2G 60°	23	150	140	0.0246
6	2G 80°	23	150	110	0.0314

3.2. Hasil Pengujian Impak

Pengujian impak dilaksanakan menggunakan standar ASTM E23 yang berkaitan tentang pengujian impak, hal ini dilakukan pada tanggal 20 Maret 2020 bertempat di Laboratorium Mesin Kapal Departemen Teknik Perkapalan FT UNDIP Semarang. Pengujian dengan metode impak dilakukan di Laboratorium Mesin Kapal di Departemen Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro. Pengujian dilakukan dengan pengawasan operator.



Gambar 5. Alat Uji Impak



Gambar 6. Pengukuran Spesimen



Gambar 7. Spesimen Pengujian

Tabel 8. Data hasil pengujian impak

Variasi	A (mm ²)	E (Joule)	K (Joule/mm ²)	K Rata-rata
1G-40	80.19	10	0.1247	0.1179
	77.42	10	0.1292	
	78.21	9	0.1151	
	78	8	0.1026	
1G-60	80.36	10	0.1244	0.1069
	80.36	9	0.112	
	78.57	8	0.1018	
	78.4	7	0.0893	
1G-80	80.58	8	0.0993	0.083
	79.79	7	0.0877	
	82.62	6	0.0726	
	82.82	6	0.0724	
2G-40	84.66	8	0.0945	0.0936
	83.83	7	0.0835	
	82	8	0.0976	
	81	8	0.0988	
2G-60	78.4	6	0.0765	0.0752
	80	7	0.0875	
	80	6	0.075	
	81	5	0.0617	
2G-80	79.38	5	0.063	0.0561
	81.18	5	0.0616	
	80.36	4	0.0498	
	80.19	4	0.0499	

	82	35	0.4268	
R	80	35	0.4375	0.4278
	83	35	0.4217	
	80	34	0.425	

Dapat dilihat dari hasil pengujian bahwa dalam variasi posisi dan sudut kumpuh berpengaruh terhadap nilai Impak.

Gambar 8. Diagram rata-rata Nilai Impak

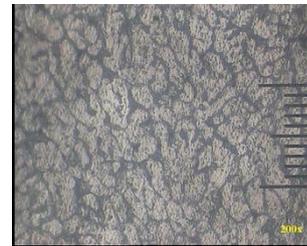
Dari hasil pengujian yang dilakukan dan digambarkan dalam grafik di atas, dapat diketahui bahwa nilai impak tertinggi dimiliki oleh *Raw Material* dengan nilai 0.4278 J/mm². Lalu diikuti oleh hasil pengujian dengan variasi 1G sudut 40° bernilai 0.1179 J/mm² dengan simpangannya ± 0.010 dan 1G sudut 60° dengan nilai 0.1069 J/mm² simpangannya ± 0.013, serta variasi 2G sudut 40° dengan nilai 0.0936 J/mm² dengan simpangannya ± 0.006. Selanjutnya terdapat hasil dari variasi 1G sudut 80° dengan nilai 0.0830 J/mm² dengan simpangannya ± 0.011, variasi 2G sudut 60° bernilai 0.0752 J/mm² dengan simpangannya ± 0.009 dan terendah dengan variasi 2G sudut 80° bernilai impak 0.0561 J/mm² dengan simpangannya ± 0.006.

3.2 Analisis Metalografi

Pengujian metalografi adalah proses pengujian dan observasi visual dengan tujuan untuk menentukan dan juga mempelajari hubungan yang terbentuk antara struktur dengan sifat dan perlakuan yang pernah dialami oleh logam, paduan dan bahan material lainnya. Proses ini dapat dilakukan dengan memakai berbagai skala pembesaran visual sekitar 20 kali sampai pembesaran 1.000.000 kali dengan mikroskop elektron. Pengujian ini mencakup juga pemeriksaan struktur kristal dengan menggunakan x-ray difraksi, tetapi yang paling umum dalam metalografi adalah menggunakan mikroskop cahaya dengan pembesaran 50-1000 kali (penelitian ini menggunakan pembesaran 200x) dan kemampuan resolusi struktur mikro sekitar 0,2 mikron atau bisa lebih besar (penelitian ini menggunakan 0,5 mikron).



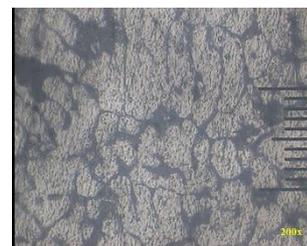
Gambar 9. 1G 40°



Gambar 10. 1G 60°



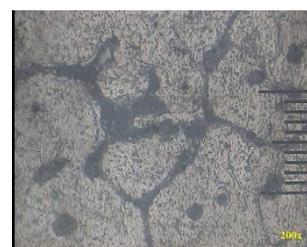
Gambar 11. 1G 80°



Gambar 12. 2G 40°



Gambar 13. 2G 60°



Gambar 14. 2G 80°



Gambar 15. Raw Material

Hasil pengamatan menggambarkan bahwa dapat disimpulkan variasi Posisi 1G 40o memiliki struktur paling baik di antara variasi 1G-60°, 1G-80°, 2G-40°, 2G-60°, 2G-80°. dan Raw Material juga memiliki struktur yang sangat baik karena lebih rapat di antara spesimen uji seperti 1G-40°, 1G-60°, 1G-80°, 2G-40°, 2G-60°, 2G-80°.

Perbandingan Hasil Uji dengan Standar Kriteria ASTM E23

Setelah dilaksanakan pengujian ini, diketahui bahwa nilai impact yang didapatkan pada spesimen sambungan las aluminium 6061 dengan variasi posisi pengelasan dan variasi sudut kampuh las menunjukkan bahwa nilai tersebut tidak ada yang memenuhi standar ASTM. Menurut ASTM pada “ASTM E23, Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials” 0,10 J/mm² untuk *welded materials* dan 0,40 J/mm² *non welded materials* yang mana didasari oleh dimensi spesimen uji Impact dengan depth notch yaitu 2 mm [12].

Nilai kekuatan impact yang didapatkan dari hasil pengujian yang dilakukan pada aluminium 6061 sambungan las MIG posisi pengelasan 1G masing masing pada sudut 40 memiliki rata-rata kekuatan impact sebesar 0.1179 J/mm², sudut 60 memiliki rata-rata kekuatan impact sebesar 0.1069 J/mm², sudut 80 memiliki rata-rata kekuatan impact sebesar 0.083 J/mm². Lalu pada posisi pengelasan 2G masing-masing pada sudut 40 memiliki rata-rata kekuatan impact sebesar 0.0936 J/mm², sudut 60 memiliki rata-rata kekuatan impact sebesar 0.0752 J/mm², sudut 80 memiliki rata-rata kekuatan impact sebesar 0.0561 J/mm². serta raw material yang memiliki rata rata nilai 0.4278 J/mm².

Dari hasil ini menunjukkan bahwa spesimen yang memiliki nilai yang sesuai atau melampaui dari standar rules atau aturan ASTM E23 adalah spesimen variasi 1G dengan variasi sudut 40 bernilai 0.1179 J/mm² dan sudut 60 bernilai 0.1069 J/mm² untuk spesifikasi *welded materials* dan *Raw Material* untuk *non-welded materials* dengan nilai 0.4278 J/mm².

KESIMPULAN

Setelah dilakukan beberapa proses penelitian, didapati kesimpulan sebagai berikut; Untuk hasil pengujian impact, diketahui bahwa aluminium 6061 sambungan las MIG posisi pengelasan 1G masing masing pada sudut 40 memiliki rata-rata kekuatan impact sebesar 0.1179 J/mm², sudut 60 memiliki rata-rata kekuatan impact sebesar 0.1069 J/mm², sudut 80 memiliki rata-rata kekuatan impact sebesar 0.083 J/mm². Lalu pada posisi pengelasan 2G masing-masing pada sudut 40 memiliki rata-rata kekuatan impact sebesar 0.0936 J/mm², sudut 60 memiliki rata-rata kekuatan impact sebesar 0.0752 J/mm², sudut 80 memiliki rata-rata kekuatan impact sebesar 0.0561 J/mm². serta raw material yang memiliki rata rata nilai 0.4278 J/mm².

Terdapat pengaruh dari variasi posisi pengelasan dan variasi sudut kampuh pengelasan; 1G memiliki nilai impact lebih baik ketimbang 2G, lalu semakin kecil sudut kampuh pada pengelasan maka semakin besar nilai impactnya.

Menurut ASTM pada “ASTM E23, Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials” 0,10 J/mm² untuk *welded materials* dan 0,40 J/mm² *non welded materials* yang mana didasari oleh dimensi spesimen uji Impact dengan depth notch yaitu 2 mm. Dari hasil ini menunjukkan bahwa spesimen yang memiliki nilai yang sesuai atau melampaui dari standar rules atau aturan ASTM E23 adalah spesimen variasi 1G dengan variasi sudut 40 bernilai 0.1179 J/mm² dan sudut 60 bernilai 0.1069 J/mm² untuk spesifikasi *welded materials* dan *Raw Material* untuk *non-welded materials* dengan nilai 0.4278 J/mm².

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penelitian dan penulisan ini, penulis menyadari bahwa jurnal ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih Penulis sampaikan kepada Dosen Pembimbing 1 dan Dosen Pembimbing 2, Dosen Penguji, Laboratorium INLASTEK, Laboratorium Bahan Teknik SV UGM, dan Laboratorium Mesin FT UNDIP.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Naufal, S. Jokosisworo, and S. Samuel, “Pengaruh Kuat Arus Listrik Dan Sudut Kampuh V Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekuk Aluminium 5083 Pengelasan Gtaw,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 1, 2016.
- [2] L. P. Ketaren, U. Budiarto, and A. W. B. Santosa, “Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro

- Sambungan Las GMAW (Gas Metal ARC Welding) Pada Aluminium 6061,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, 2019.
- [3] A. Asrul, K. Kamil, and M. H. Asiri, “Analisis Kekuatan Sambungan Las Metal Inert Gas (MIG) pada Logam Aluminium Paduan AA6063 dengan Variasi Arus Listrik,” *Tek. Mesin” Teknol.*, vol. 18, no. 1 Apr, 2018.
- [4] I. N. Sihombing, S. Jokosiworo, and B. A. Adietya, “Pengaruh Posisi Pengelasan dan Bentuk Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik dan Mikrografi Sambungan Las Metal Inert Gas (MIG) Pada Aluminium 6061 Sebagai Bahan Material Kapal,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, 2019.
- [5] G. Vernoval, S. Jokosiworo, and B. A. Adietya, “Pengaruh Perbedaan Tool Tilt Angle terhadap Kekuatan Tarik, Impak, Pada Aluminium 6061 dengan Pengelasan Double Sided Friction Stir Welding,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, 2019.
- [6] M. H. F. Al Hazza, A. Endut, E. Y. T. Adesta, N. A. B. Ibrahim, and M. Y. Ali, “Statistical Analysis of Energy Absorption in Aluminum Foam Sandwich Under Impact testing Using the Taguchi Design,” 2018.
- [7] A. Ardiyanto, “PENGARUH VARIASI SUDUT KAMPUH DAN KUAT ARUS TERHADAP KEKUATAN TARIK ALUMINIUM 6061 PADA PENGELASAN TUNGSTEN INERT GAS (TIG).” Universitas Negeri Semarang, 2016.
- [8] W. A. Alloys, “International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and,” 2015.
- [9] B. K. Indonesia, “Rules for the Classification and Construction: Volume VI Rules for Welding.” Jakarta, 2013.
- [10] I. Al Ghifari, U. Budiarto, and A. F. Zakki, “Analisa Kekuatan Impak, Tarik, dan Mikrografi Aluminium 5083 Akibat Pengelasan MIG (Metal Inert Gas) dengan Variasi Posisi Pengelasan,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 6, no. 4, 2018.
- [11] Z. H. Mohsein, “IMPROVEMENT OF BENDING STRENGTH FOR INERT GAS WELD JOINT ALUMINUM ALLOYS 6061-T6 USING SHOT PEENING,” *J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 27–40, 2015.
- [12] A. International, “ASTM E23: Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials.” ASTM International West Conshohocken, 2002.