



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Variasi Sudut Kampuh *Single V-Butt Joint* Las Mig pada Alumunium 6061 terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan

Kamal Zidan Hidayat^{1)*}, Untung Budiarto¹⁾, Kiryanto¹⁾

¹⁾Laboratorium Bahan Teknik

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail: zidankamal11@gmail.com

Abstrak

Alumunium digunakan sebagai bahan alternatif pengganti kayu untuk kapal ikan dan sebagai bahan pengganti baja untuk kapal patroli dan kapal cepat karena alumunium memiliki sifat yang mudah dibentuk, lentur, dan tahan korosi. Salah satu jenis alumunium adalah Alumunium 6061. Alumunium 6061 memiliki paduan antara Magnesium (Mg) dan Silikon (Si) yang memiliki sifat mekanik yang baik tanpa mengurangi hantaran listrik dan memiliki mampu las yang sangat baik. Pengelasan yang digunakan Las MIG (Metal Inert Gas) dengan elektroda ER 4043. Posisi pengelasan downhand (1G) dengan sambungan las sudut kampuh *Single V-Butt Joint*. Variasi sudutnya 40°, 60°, 80°. Pengujian yang dilakukan uji tarik dan uji kekerasan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hasil uji kekuatan tarik dan kekerasan sesuai standar BKI. Hasil penelitian pada uji tarik menunjukkan bahwa RAW material alumunium 6061 memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 279,64 MPa, regangan sebesar 4,42 %, modulus elastisitas sebesar 88,86 Gpa. Rata-rata kekuatan tarik kampuh 40° sebesar 171, 20 Mpa dengan regangan sebesar 20,28 %, dan modulus elastisitas sebesar 139,64 GPa. Rata-rata kekuatan tarik kampuh 60° sebesar 162,10 MPa dengan regangan sebesar 4,04 % dan modulus elastisitas sebesar 153,8 GPa. Rata-rata kekuatan tarik kampuh 80° sebesar 185,99MPa dengan regangan sebesar 3,42 % dan modulus elastisitas sebesar 104,99 Gpa. Pada uji kekerasan menggunakan metode vickers yang dilakukan pada 3 titik dengan beban 200 grf menunjukan bahwa RAW material memiliki rata-rata kekuatan kekerasan sebesar 68,3 VHN. Kampuh 40° memiliki kekuatan kekerasan sebesar 70,56 VHN. Kampuh 60° memiliki kekuatan kekerasan sebesar 72,16 VHN. Kampuh 80° memiliki kekuatan kekerasan sebesar 71,15 VHN. Perbandingan hasil uji tarik alumunium 6061 sudut 40° dan 80° memenuhi standart BKI (Tensile Strength) ≥ 170 Mpa.

Kata Kunci: Alumunium 6061, Pengelasan MIG, Sudut Kampuh, Kekuatan Tarik dan Kekerasan.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini alumunium digunakan sebagai bahan alternatif pengganti kayu untuk kapal ikan dan pengganti baja untuk kapal patroli karena alumunium memiliki sifat yang mudah dibentuk, lentur, dan tahan korosi. Bahan kayu dan baja mulai ditinggalkan karena perawatan yang sulit, harga yang mahal, dan kontruksi yang berat.

Alumunium terdiri dari beberapa kelompok yang dibedakan berdasarkan panduan penyusunnya. Salah satu jenis alumunium adalah Alumunium 6061. Alumunium 6061 memiliki paduan antara Magnesium (Mg) dan Silikon (Si) yang memiliki sifat mekanik yang baik tanpa mengurangi hantaran listrik dan memiliki sifat yang baik dalam segi kekuatan dan daya tahan korosi terutama korosi oleh air laut serta sifat mampu las yang sangat baik. [1]

Pengelasan merupakan proses penggabungan bagian permukaan tertentu dan material logam atau non logam yang dihasilkan dengan cara memanaskan material pada temperatur dengan atau tanpa logam pengisi yang memiliki temperatur lebur tidak jauh berbeda. Salah satu jenis metode pengelasan yang sering dipakai untuk mengelas material non logam seperti aluminium adalah metode Las MIG (*Metal Inert Gas*). Las MIG merupakan pengelasan melalui proses pencairan setempat menggunakan elektroda gulungan (*filler metal*) yang sama dengan logam dasarnya (*base metal*) untuk menyambung material, serta menggunakan gas kekal sebagai pelindung. [2] Elektroda yang digunakan adalah elektroda berjenis ER 4043. 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.

Perencanaan pada proses pengelasan dalam posisi pengelasan sangat penting karena akan berpengaruh terhadap sifat dan kualitas dari hasil pengelasan. Posisi pengelasan merupakan pengaturan posisi gerakan elektroda las. [3] Posisi pengelasan yang digunakan adalah posisi *downhand* (1G) dengan sambungan las sudut kampuh Single V-Butt Joint. Variasi sudutnya adalah 40°, 60°, 80°.

Pengujian yang dilakukan ada dua yaitu uji tarik dan uji kekerasan. Uji tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu logam dan paduannya. Pembebanan tarik merupakan suatu pembebanan pada benda dengan memberikan gaya yang berlawanan pada benda dengan arah menjauh dari titik tengah, atau dengan memberikan gaya pada salah satu ujung benda dan ujung lainnya diikat. Pengujian ini paling sering dilakukan karena merupakan dasar pengujian-pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan. Akibat dari penarikan gaya terhadap bahan adalah perubahan bentuk (deformasi) bahan, yaitu pergeseran butiran kristal logam hingga terlepasnya ikatan kristal tersebut karena gaya maksimum. [4].

Uji kekerasan merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui harga kekerasan dari benda uji pada beberapa bagian sehingga dapat diketahui distribusi kekerasan serta kekerasan rata-ratanya dari semua benda uji. Kekerasan merupakan ketahanan bahan terhadap goresan atau penetrasi pada permukaannya [5]

Pada penelitian yang berjudul Analisis Studi Karakteristik Hasil Pengelasan MIG pada Material Aluminium 5083 menunjukkan bahwa spesimen dengan nilai uji tarik terendah ada pada spesimen

250 Mm/menit dengan nilai 6,83 Kgf/Mm², sedangkan untuk nilai uji tarik tertinggi ada pada spesimen 550 Mm/menit dengan nilai 20,43 Kgf/Mm². [6]

Penelitian yang berjudul Analisa Pengaruh Perbedaan Feed Rate terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Aluminium 6061 Metode Pengelasan *Friction Stir Welding* dimana pada penelitian tersebut bahwa nilai kekuatan tarik rata-rata terbesar dihasilkan oleh *feed rate* 70 Mm/menit yaitu sebesar 150,06 MPa dan regangan rata-rata terbesar dihasilkan pada *feed rate* 200 Mm/menit yaitu sebesar 4%. [7]

Pada penelitian lainnya yang berjudul Pengaruh Posisi Pengelasan dan Bentuk Kampuh terhadap Kekuatan Tarik dan Mikrografi Sambungan Las MIG (*Metal Inert Gas*) pada Aluminium 6061 sebagai Bahan Material Kapal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengelasan paling baik adalah pengelasan MIG dengan posisi 3G (Vertikal) menggunakan kampuh V yaitu memiliki rata-rata tegangan sebesar 164.49 MPa, rata-rata regangan sebesar 0,0020%, dan modulus elastisitas sebesar 51.94 GPa Untuk perubahan struktur mikro yang dihasilkan dari sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan MIG dengan posisi 3G (Vertikal) menggunakan kampuh V memiliki tingkat kerapatan permukaan yang lebih halus dan lebih baik dibandingkan sambungan las dengan posisi 2G (Horizontal) menggunakan kampuh V, posisi 2G (Horizontal) menggunakan kampuh U, maupun posisi 3G (Vertikal) menggunakan kampuh U. Kesimpulan umum yang dapat diambil dari penelitian ini menunjukkan bahwa ditinjau dari posisi pengelasan, sambungan las menggunakan posisi 3G (Vertikal) menghasilkan kualitas sambungan yang lebih baik dari posisi 2G (Horizontal). Sedangkan ditinjau dari bentuk kampuh, sambungan las menggunakan kampuh V menghasilkan kualitas sambungan yang lebih baik dari kampuh U. [3]

Penelitian yang berjudul Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW (Gas Metal ARC Welding) pada Aluminium 6061, pada penelitian yang pernah dilakukan juga pada pengujian tarik dan struktur Mikrografi pada sambungan las aluminium 6061 menggunakan kampuh V dan X serta variasi arus listrik 180 A, 200 A, dan 220 A adalah sebagai berikut: Kekuatan rata-rata tegangan tarik maksimum yang di hasilkan dari sambungan las GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh V pada arus 200 ampere memiliki rata-rata

tegangan sebesar 142.61 MPa, rata rata regangan sebesar 29.6%, dan modulus elastisitas sebesar 7.304 GPa. Aluminium 6061 dengan jenis kampuh X dengan pengelasan GMAW pada arus 180 ampere memiliki rata-rata tegangan sebesar 139.005 MPa, rata-rata regangan sebesar 12.38%, dan modulus elastisitas sebesar 11.235 GPa.[7]

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana hasil uji kekuatan tarik dan kekerasanyang terjadi dari pengaruh variasi sudut kampuh single V-butt join sambungan las MIG pada Alumunium 6061, hasil uji kekuatan tarik dan kekerasan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hasil uji kekuatan tarik dan kekerasanyang terjadi dari pengaruh variasi sudut kampuh single V-butt join sambungan las MIG pada Alumunium 6061, menganalisis hasil uji kekuatan tarik dan kekerasan yang terjadi pada Alumunium 6061 tanpa perlakuan las, dan menganalisis perbandingan hasil uji kekuatan tarik dan kekerasan terhadap uji standar BKI.

Manfaat penelitian menurut kegunaan teoritis adalah bertujuan untuk mengetahui dasar teori yang dapat mendukung dalam menganalisa suatu struktur, khususnya analisis variasi sudut kampuh single v-butt joint sambungan las mig pada alumunium 6061 terhadap kekuatan tarik dan kekerasan. Manfaat menurut kegunaan praktis bagi peneliti adalah dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan, bagi pembaca diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai analisis variasi sudut kampuh single v-butt joint sambungan las MIG pada alumunium 6061 terhadap kekuatan tarik dan kekerasan, bagi pemilik kapal bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dan kekerasan material alumunium 6061 sehingga dapat diaplikasikan dengan baik pada kontruksi kapal.

2. METODE

2.1. Pengumpulan Data

Dalam penyusunan tugas akhir ini, perlu adanya kerangka dasar yang digunakan sebagai dasar dan arahan untuk menganalisa studi kasus tersebut, dan materi penelitian yang dimaksud meliputi data-data yang bersifat primer dan sekunder yang akan diproses dalam penelitian ini serta adanya teori dan referensi yang terkait.

Objek yang diteliti pada penelitian tugas akhir ini adalah Alumunium 6061. Aluminium adalah logam yang memiliki kekuatan yang relatif rendah

dan lunak. Aluminium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat lainnya. Umumnya aluminium dicampur dengan logam lainnya sehingga membentuk aluminium paduan. Material ini dimanfaatkan bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan industri, kongsruksi, dan lain sebagainya.[8]

Alumunium 6061 adalah salah satu logam dari sekian banyak logam yang potensial, Komposit Matrik Logam (MMCs) paduan Alumunium 6061 (tersusun atas Al, Mg, Si, Cr, Cu) telah menjadi obyek dari banyak riset, terutama oleh keringannya, murah dan kemudahan untuk difabrikasi.[10]. Alumunium 6061 memiliki ketahanan korosi yang tinggi karena logam ini sangat reaksi dan terbentuk lapisan oksida tipis pada permukaannya, sehingga jika bersentuhan dengan udara dan lapisan ini terkelupas maka akan segera terbentuk lapisan baru. Alumunium 6061 mempunyai titik cair (melting point) 660°C, kekuatan tarik 12,6 kgf/mm, berat jenis (density) 2,70 g/cm³, ekspansi thermal (linier coefficient of thermal).[11]



Gambar 1. Alumunium 6061

Table 1. Kandungan Material Alumunium 6061

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

Pengelasan adalah suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan yang dilaksanakan pada saat logam dalam keadaan cair. Proses pengelasan dapat dibedakan menjadi beberapa proses. Misalkan TIG, SMAW, GMAW, SAW, dan lain-lain.[12]

Jenis posisi pengelasan terdapat empat posisi pengelasan: datar, vertikal, horisontal dan diatas kepala (overhead). Ketinggian meja dan bangku kerja harus disetel untuk memudahkan pengelasan dilakukan pada posisi yang nyaman dan untuk mempertinggi efisiensi. Pengelasan overhead dan pengelasan pipa sangat sulit sehingga sambungan-sambungan yang sangat dapat diandalkan dan efisiensi.[13]

Pengelasan (welding) adalah salah satu 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 continue .[14]

Las MIG merupakan pengelasan melalui proses pencairan setempat menggunakan elektroda gulungan (rod filler metal) yang sama dengan logam dasarnya (base metal) untuk menyambung material, serta menggunakan gas kekal sebagai pelindung. [2]



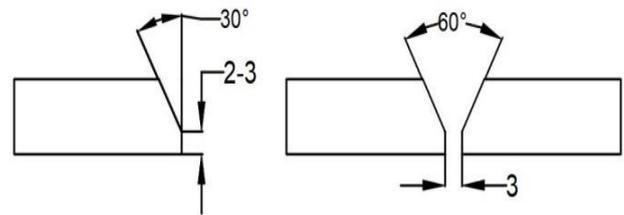
Gambar 2. Elektroda ER 4043

Proses pengelasan yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada standar *ASTM E8M* dengan bentuk kampuh *Single V- butt joint* dengan sudut $40^\circ, 60^\circ, 80^\circ$.

Pembuatan struktur las terdiri dari proses pemotongan material sesuai dengan ukuran, melengkungkannya, dan menyambungkannya satu sama lain. Tiap-tiap daerah yang disambung disebut dengan "sambungan".

Beberapa variasi sambungan las sebagai pilihan berdasarkan ketebalan dan kualitas material, metode pengelasan, bentukstruktur dan sebagainya. Tipe sambungan las yang dipakai pada

penelitian ini *Butt Joint*. Penelitian ini menggunakan tipe sambungan *single V* dengan sudut kampuh $40^\circ, 60^\circ, 80^\circ$. 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*.



Gambar 3. Tipe Sambungan Las *single V- butt joint* dengan sudut 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.

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

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

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

Uji tarik merupakan pengujian merusak yang dilakukan dengan memberikan gaya tarik pada material yang berlawanan pada benda dengan arah menjauh dari titik tengah, atau dengan memberikan gaya pada salah satu ujung benda dan ujung lainnya yang diikat hingga benda putus dengan tujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu logam dan paduannya, khususnya pada kekuatan tarik material tersebut. Uji tarik merupakan dasar dari pengujian-pengujian bahan yang dijadikan dasar pada studi mengenai kekuatan suatu bahan atau material.

Uji tarik dapat menunjukkan bagaimana proses terjadinya deformasi pada bahan. Hasil pengukuran dari pengujian tarik adalah suatu kurva yang menggambarkan hubungan antara gaya yang digunakan dan perpanjangan yang dialami oleh spesimen.

Sifat-sifat yang dihasilkan dari pengujian tarik adalah sebagai berikut :

1. Tegangan tarik maksimum (σ)

Merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (*fracture*).

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (2)$$

Dimana, σ adalah Tegangan tarik maksimum (MPa, N/mm²), P adalah Beban Maksimum (N), dan A₀ adalah Luas Penampang Mula-mula (mm²).

2. Regangan maksimum (*e*)

Regangan maksimum dapat menunjukkan pertambahan panjang dari suatu material setelah perpatahan terhadap panjang awalnya.

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (3)$$

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

Dimana L_i adalah Panjang sesudah patah (mm), L₀ adalah Panjang mula-mula (mm), *e* adalah Regangan (%).

3. Modulus elastisitas

Nilai untuk menghitung ketahanan suatu material untuk mengalami deformasi setelah material diberi gaya. Modulus elastisitas atau biasa disebut modulus young ini didapat setelah material mendapatkan tegangan dan regangan. Rumus untuk modulus elastisitas adalah sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (4)$$

Keterangan:

E : Nilai modulus elastisitas material (GPa)

Σ : Nilai tegangan maksimum material (N/mm²)

E : Nilai regangan material (%).

2.2. Tahap Penelitian

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

1. Pengumpulan Bahan
Alumunium yang dipesan berukuran 20 cm x 70 cm x 10 cm.
2. Pemotongan Pelat
Pelat dipotong menjadi 7 bagian berukuran 20cm x 10cm x 10cm
3. Pembuatan Kampuh

Single V-butt joint dengan sudut 40°, 60°, 80°.

4. Pengelasan Alumunium

Setelah kampuh di bentuk lalu di las menggunakan pengelasan MIG dengan detail sebagai berikut:

- a. Pengelasan : GMAW-DC
- b. Mesin Las : MIG PATENT 503
- c. Elektroda : ER 4043
- d. Logam induk : Alumunium 6061
- e. Kuat Arus : 240 A

5. Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen uji tarik dibuat sesuai ukuran pada standar ASTM E8M, dengan dimensi ukuran 200 mm x 20 mm x 10 mm sebanyak 20 buah. Pengujian tarik menggunakan 12 spesimen, pengujian tarik tanpa perlakuan las menggunakan 4 spesimen, pengujian kekerasan menggunakan 3 spesimen, dan pengujian kekerasan tanpa perlakuan las 1 spesimen.

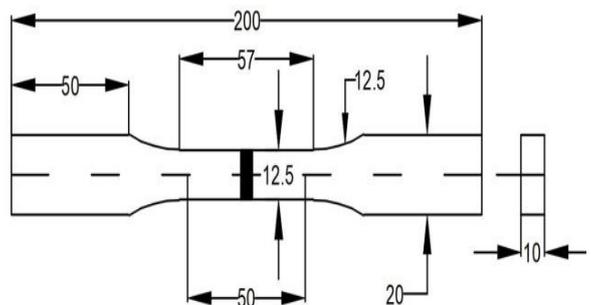
6. Proses Pengujian

Pengujian spesimen Tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta. Mesin yang digunakan untuk pengujian tarik dan impak ini adalah mesin "ContraLab France" yang tersedia di Laboratorium Teknik Bahan Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta.

2.3 Parameter Penelitian

1. Parameter Tetap

Pada penelitian ini parameter tetap adalah spesimen Alumunium 6061, tipe pengelasan yang di gunakan adalah pengelasan MIG dengan besar arus 240 A tegangang 27 V, elektroda yang digunakan adalah ER 4043 dengan diameter elektroda pengisi 1,2 mm dengan posisi pengelasan 1G dan dimensi ukuran spesimen sebagaiberikut[8]:



Gambar 4. Bentuk Spesimen Uji Tarik

Tabel 2. Dimensi Spesimen Uji Tarik

No	Keterangan	Panjang
1.	Gage length (G)	50 mm
2.	Length of reduced section (A)	57 mm
3.	Width (W)	12,5 mm
4.	Thickness (T)	10 mm
5.	Radius of fillet (R)	12,5 mm
6.	Overall length (L)	200 mm
7.	Width of grip section (C)	20 mm

Tabel 3. Dimensi Spesimen Uji Kekerasan

Keterangan	Ukuran
Panjang	100 mm
Lebar	30 mm
Tebal	10 mm

2. Parameter Perubahan

Pada penelitian ini parameter perubahan adalah yang pertama adalah variasi sudut kampuh yaitu sudut kampu 40°,60°,80°, kemudian yang kedua adalah kuat arus pengelasan yaitu pengelasan MIG.

Pada penelitian Tugas Akhir ini, proses. Sedangkan proses pengujian tarik, dan dampak pengelasan MIG dilakukan di laboratorium las "Inlastek Welding Institute" yang bertempat di Surakarta pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

2.4 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pembuatan spesimen maupun pengambilan data dalam penelitian ini antara lain:

1. Gerinda
2. Penggaris
3. Kapur
4. Elektroda ER 4043
5. Mesin Las MIG
6. Mesin Uji Tarik
7. Mesin Uji Kekerasan
8. Alumunium 6061
9. Jangka Sorong

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 Alumunium karbon rendah 6061.[9]

Tabel 4. Hasil Uji Komposisi

No	Unsur	Kandungan %
1.	Fe Ferrum	0,26
2.	Al Alumunium	97,61
3.	Si Silicon	0,65
4.	Mn Mangan	0,07
5.	Mg Magnesium	1
6.	Zn Zinc	0,11
7.	Cr Chromium	0,05
8.	Ti Titanium	0,07

Dari hasil pengujian komposisi kimia pada spesimen tersebut mengandung unsur penyusun utama Alumunium (Al) = 97,61%, besi (Fe) = 0,26%, mangan (Mn) = 0,07% yang berguna untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan, silisium (Si) = 0,65% yang berpengaruh meningkatkan kemampuan keseluruhan, tahan aus, ketahanan terhadap panas dan karat. Sedangkan unsur-unsur lain yang didapatkan yaitu: Magnesium (Mg) = 1%, Zinc (Zn) = 0,11%, chrom (Cr) = 0,05%, Titanium (Ti)=0,07%. Dapat disimpulkan bahwa material yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini sesuai dengan kriteria alumunium 6061(Low Carbon).

3.2 Hasil Pengelasan dan Heat Input

Dalam pengelasan pada penelitian ini menggunakan metode pengelasan MIG dengan memperimbangan diameter elektroda, *voltage*, *ampere*, dan sudut kampuh mempunyai tujuan agar masukan panas (*heat input*) dan penetrasi sambungan las dapat maksimal. Dari pengelasan MIG yang sudah dilakukan didapatkan rata-rata kecepatan pengelasan sebesar 20 cm/menit untuk kuat arus 240 A nilai heat input sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Kuat Arus 240 A} &= \frac{60 \times 27v \times 240A}{20 \text{ cm/menit}} \\ &= 19440 \text{ J/cm} \end{aligned}$$

3.3 Hasil Pengujian Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian tarik dilakukan menggunakan standar uji ASTM E8M pada tanggal 6 Juli 2020 yang bertempat di Laboratorium Teknik Bahan Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik adalah nilai tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas, yang dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dari material aluminium 6061 dan uji kekerasan untuk mengetahui nilai kekerasan aluminium 6061 setelah dilakukan pengelasan menggunakan las MIG dengan sudut kampuh.

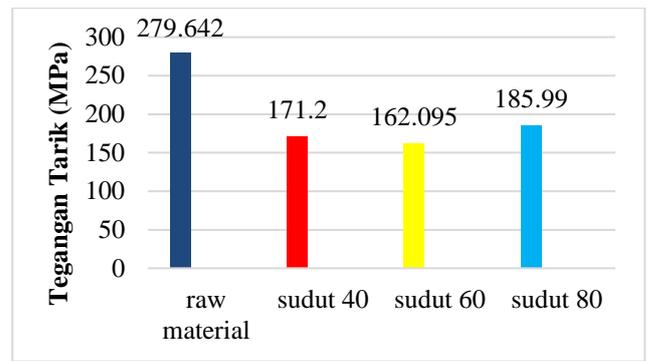
1. Tegangan Tarik

Berdasarkan dari hasil pengujian yang dilakukan, nilai tegangan tarik maksimum yang diperoleh dari material aluminium 6061 dengan variasi sudut kampuh adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Tegangan Tarik

No	Spesimen	σ max (MPa)	σ (MPa)
1.	RAW 1	279,11	279,64
2.	RAW 2	279,99	
3.	RAW 3	280,55	
4.	RAW 4	278,92	
5.	V40.1	169,48	171,20
6.	V40.2	169,27	
7.	V40.3	218,23	
8.	V40.4	127,84	
9.	V60.1	176,88	162,10
10.	V60.2	131,67	
11.	V60.3	203,67	
12.	V60.4	136,17	
13.	V80.1	155,85	185,99
14.	V80.2	194,98	
15.	V80.3	195,77	
16.	V80.4	197,37	

Spesimen RAW 1 adalah specimen nomer satu untuk raw material tanpa pengelasan. Spesimen V40 adalah specimen dengan variasi sudut 40°. Spesimen V60 sebagai specimen variasi sudut 60°. Sedangkan V80 berarti variasi sudut 80°.



Gambar 5. Grafik Tegangan Tarik

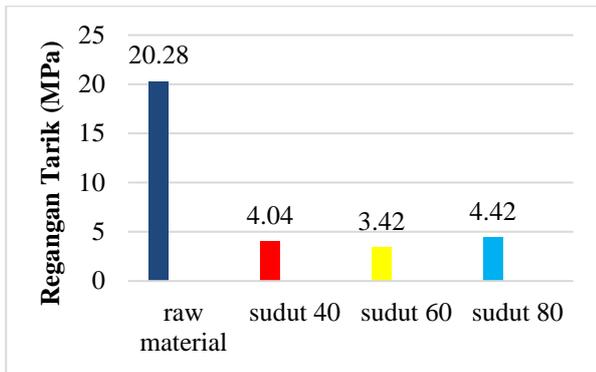
Berdasarkan hasil perhitungan nilai tegangan tarik maksimum yang didapatkan dari raw material Aluminium memiliki nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 279,64 MPa. Nilai tegangan tarik rata-rata yang didapatkan dari material Aluminium 6061 dengan variasi sudut 40° tegangan tarik rata-rata 171,20 MPa. Nilai tegangan tarik rata-rata yang didapatkan dari material Aluminium 6061 dengan variasi sudut 60° adalah sebesar 162,10 MPa dan pada variasi sudut 80° sebesar 185,99 MPa.

2. Regangan Tarik

Berdasarkan dari hasil pengujian, nilai regangan tarik maksimum yang didapatkan dari material aluminium 6061 dengan variasi sudut kampuh adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Data hasil pengujian regangan tarik

No	spesimen	REG. (%)	rata-rata (%)
1.	RAW 1	15,98	20,28
2.	RAW 2	20,32	
3.	RAW 3	25,73	
4.	RAW 4	19,12	
5.	V40.1	3,16	4,04
6.	V40.2	6,79	
7.	V40.3	4,23	
8.	V40.4	2,00	
9.	V60.1	3,23	3,42
10.	V60.2	2,38	
11.	V60.3	5,42	
12.	V60.4	2,67	
13.	V80.1	2,88	4,42
14.	V80.2	5,32	
15.	V80.3	4,90	
16.	V80.4	4,58	



Gambar 6. Grafik Regangan Tarik

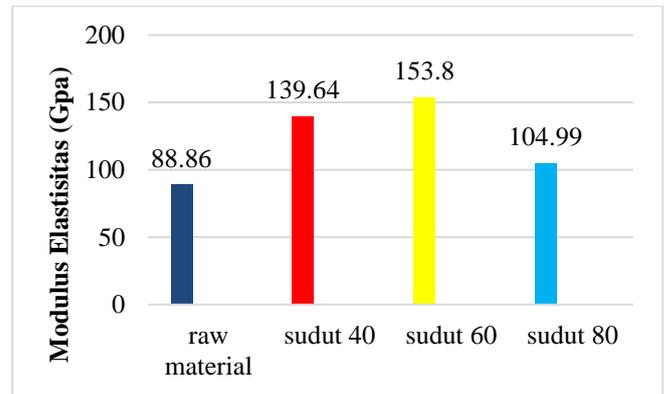
Berdasarkan hasil perhitungan nilai regangan tarik maksimum yang didapatkan dari raw material Aluminium memiliki nilai rata-rata regangan tarik sebesar 4,42 %. Nilai regangan tarik rata-rata yang didapatkan dari material Aluminium 6061 dengan variasi sudut 40° adalah memiliki regangan tarik rata-rata 20,28 %. Nilai regangan tarik rata-rata yang didapatkan dari material Aluminium 6061 dengan variasi sudut 60° adalah sebesar 4,04 % dan pada variasi sudut 80° sebesar 3,42%.

3. Modulus Elastisitas

Berdasarkan dari hasil pengujian, nilai regangan tarik maksimum yang didapatkan dari material aluminium 6061 dengan variasi sudut kampuh adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Data hasil modulus elastisitas

N0	Spesimen	E (Gpa)	Ē (Gpa)
1.	RAW 1	66,45	88,86
2.	RAW 2	130,65	
3.	RAW 3	74,18	
4.	RAW 4	84,18	
5.	V40.1	124,53	139,64
6.	V40.2	61,86	
7.	V40.3	181,38	
8.	V40.4	190,80	
9.	V60.1	144,64	153,8
10.	V60.2	243,83	
11.	V60.3	125,13	
12.	V60.4	101,61	
13.	V80.1	108,22	104,99
14.	V80.2	82,02	
15.	V80.3	127,35	
16.	V80.4	102,37	



Gambar 7. Grafik Modulus Elastisitas

Berdasarkan dari hasil pengujian, nilai modulus elastisitas rata-rata yang didapatkan dari Raw adalah sebesar 88,86 Gpa. Nilai modulus elastisitas rata-rata material Aluminium 6061 dengan sudut 40° adalah sebesar 139,64 GPa. Nilai modulus elastisitas rata-rata yang didapatkan dari material Aluminium 6061 dengan sudut 60° adalah sebesar 153,8 GPa. Sedangkan Nilai modulus elastisitas rata-rata yang didapatkan dari material Aluminium 6061 dengan sudut 80° adalah sebesar 104,99 GPa.

3.4 Hasil Pengujian Kekerasan

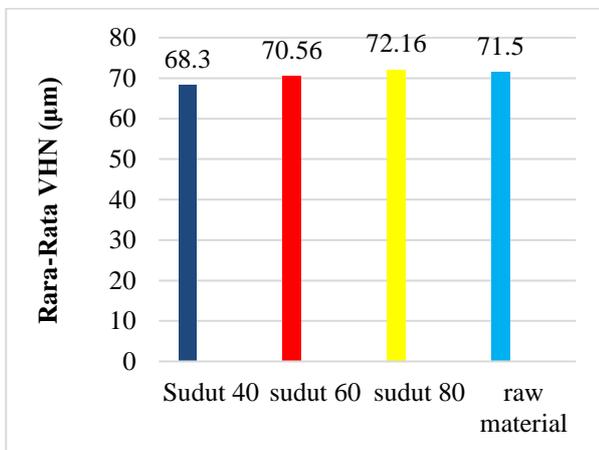
Uji kekerasan metode *Vickers* dilakukan di Laboraturim Bahan Uji Sekolah Vokasi Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta pada tanggal 29 Juli 2020. Uji ini menggunakan pembebanan 200grf selama 5 detik. Satuan pengukuran diagonal jejak indenter adalah μm . Posisi untuk menguji kekerasan kali ini di daerah *heat affected zone* secara acak.



Gambar 8. Uji Kekerasan *Vickers*

Tabel 8. Data hasil Uji Kekerasan

No	Kode	(VHN)	Rata-rata (VHN)
1	RM	67,7	68,3
		67,7	
		68,7	
2	V40	71,5	70,56
		69,6	
		70,6	
3	V60	71,5	72,16
		72,5	
		72,5	
4	V80	71,5	71,5
		71,5	
		71,5	



Gambar 9. Grafik Rata-Rata VHN

Alumunium 6061 yang telah dibentuk spesimen uji kekerasan sesuai dimensi pengujian kemudian di uji kekerasan dengan metode *Vickers* untuk mengetahui nilai kekerasan dari Alumunium 6061 setelah diberi variasi sudut 40°, 60°, 80°. Pengujian dilakukan pada 3 titik secara acak, dengan beban 200 grf dan waktu tekan 5 detik. Berdasarkan pengujian kekerasan *Vickers* yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Hasil uji kekerasan Raw material menunjukkan hasil 68,3 VHN. Hasil uji kekerasan variasi sudut kampuh 40° memiliki hasil rata-rata VHN sebesar 70,56. Hasil uji kekerasan variasi sudut kampuh 60° memiliki hasil rata-rata VHN sebesar 72,16. Hasil uji kekerasan variasi sudut kampuh 80° memiliki hasil rata-rata VHN sebesar 71,15.

2. Hasil uji kekerasan ini menunjukkan bahwa Alumunium 6061 yang diberi variasi sudut kampuh 60° memiliki hasil yang paling tinggi, sedangkan hasil kekerasan raw material tanpa perlakuan las dan sudut memiliki hasil terendah.

3.5 Perbandingan Hasil Uji dengan Standar BKI

Menurut standart BKI (Badan Klasifikasi Indonesia) pada “*Rules For The Classification and Construction, Part 1 Vol VI: Rules for Welding, Section 5 J, Tabel 5.30: “Welding Consumables and Auxiliary Materials”* menjelaskan bahwa sambungan las alumunium 6061 harus mempunyai standar nilai kuat tarik (*Tensile Strength*) ≥ 170 MPa.[10]

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tarik yang dihasilkan pada pengujian yang dilakukan pada sambungan las alumunium 6061 menggunakan jenis las MIG, variasi sudut 40° dan 80° memenuhi standart BKI .

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut. Pengujian tarik, kekuatan tarik terbesar terdapat pada raw material yang memiliki nilai tegangan tarik 279,64 Mpa, lalu variasi sudut 80° sebesar 185,99 Mpa, dan sudut 40° sebesar 171,20 Mpa, serta yang paling terkecil sudut 60° sebesar 162,10 Mpa. Selanjutnya, regangan tarik tertinggi ada pada raw material sebesar 20,28%. Kemudian sudut 80°, selanjutnya sudut 40°, untuk nilai regangan tarik terendah ada pada variasi sudut 60°. Hasil modulus elastisitas terbesar ada pada variasi sudut kampuh 60° yaitu sebesar 153,8GPa. Kemudian modulus elastisitas dari variasi sudut 40° selanjutnya variasi sudut 80°. Modulus elastisitas terkecil pada raw material. Perbandingan hasil uji tarik alumunium 6061 pada sudut 40° sebesar 171,20 Mpa dan sudut 80° sebesar 185,99 Mpa memenuhi memenuhi standart BKI (*Tensile Strength*) ≥ 170 Mpa.

Pengujian kekerasan, hasil uji kekerasan raw material menunjukkan hasil 68,3. Hasil uji kekerasan variasi sudut kampuh 40° memiliki hasil rata-rata HVN sebesar 70,56. Hasil uji kekerasan variasi sudut kampuh 60° memiliki hasil rata-rata HVN sebesar 72,16. Hasil uji kekerasan variasi sudut kampuh 80° memiliki hasil rata-rata HVN sebesar 71,15. Kemudian, hasil uji kekerasan ini menunjukkan bahwa Alumunium 6061 yang diberi variasi sudut kampuh 60° memiliki hasil yang

paling tinggi, sedangkan hasil kekerasan raw material tanpa perlakuan las dan sudut memiliki hasil terendah.

Perbandingan hasil uji dengan standar BKI, berdasarkan hasil pengujian kekuatan tarik yang dihasilkan pada pengujian yang dilakukan pada sambungan las aluminium 6061 menggunakan jenis las MIG, variasi sudut kampuh 40° dan 80° memiliki kekuatan tarik memenuhi standar BKI.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penelitian dan penulisan ini penulis menyadari bahwa jurnal ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak lain. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Pak Untung dan Pak Kiryanto, dosen penguji, dan Laboratorium Las *Inlastek Welding Institute* Surakarta dan Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Gadjah Mada Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Nurhafid, "Analisa Pengaruh Perbedaan Feed Rate Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Aluminium 6061 Metode Pengelasan Friction Stir Welding," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, 2017.
- [2] H. Sunaryo, *Teknik Pengelasan Kapal Jilid I untuk Sekolah Menengah Kejuruan*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [3] I. N. I. Sihombing, "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.
- [4] H. A. Luhur P, E. S. Hadi, and W. Amiruddin, "Jurnal teknik perkapalan," *Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, pp. 421–430, 2017.
- [5] T. Willson F, "Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Puntir, Kekerasan, dan Mikrografi Baja ST 60 Sebagai Bahan Poros Propeller.
- [6] F. B. Susetyo, "Studi Karakteristik Hasil Pengelasan MIG Pada Material Aluminium 5083," *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, 2013.
- [7] L. Ketaren, "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.
- [8] T. Surdia, *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradya Paramita.
- [9] Ardianto dan Elvinaro, *Komunikasi Massa Suatu Pengantar*. Bandung: Simbiosis Rekatama Media, 2009.

- [10] M. Alip, *Teori dan Praktik Las*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1989.
- [11] "BKI (Vol VI), 2019 Rules for Welding, 2019."
- [12] I. I. P. M and H. Yudo, "ANALISIS PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP PELAT KLASIFIKASI BKI TEBAL 10 mm PADA SAMBUNGAN LAS," *Kapal*, vol. 5, no. 2, pp. 136–141, 2012.
- [13] S. J. Sisworo, Msi, "PENGARUH PERBEDAAN POSISI PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN T-Joint PENGELASAN FILLET DENGAN LAS FCAW PADA PLAT MILD STEEL," *Tek. Perkapalan*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2011.
- [14] A. Ardiyanto, "Pengaruh Variasi Sudut Kampuh dan Kuat Arus terhadap Kekuatan Tarik Aluminium 6061 pada Pengelasan Tungsten Inert Gas (Tig).," *J. Tek. Mesin Teknik Mesin*, 2017.
- [15] ASME Boiler and Pressure Vessel Committee and N. Examination, *ASME Section IX QW-490*. 2010.