



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Pengaruh Posisi Pengelasan dan Bentuk Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik dan Mikrografi Sambungan Las *Metal Inert Gas* (MIG) Pada Aluminium 6061 Sebagai Bahan Material Kapal

Ian Niko Iswara Sihombing¹⁾, Untung Budiarto¹⁾ Ahmad Fauzan Zakki¹⁾

¹⁾Laboratorium Pengelasan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

e-mail : ianniko121@gmail.com, budiartountung@gmail.com, ahmadfzakki@yahoo.com,

Abstrak

Aluminium 6061 merupakan paduan antara magnesium (Mg) dan silicon (Si) yang sangat cocok digunakan untuk rangka konstruksi, khususnya konstruksi dibidang perkapalan. Pada proses penyambungan menggunakan pengelasan, variasi posisi pengelasan dan variasi kampuh las menjadi faktor penting dalam menentukan kekuatan tarik dan struktur mikro sambungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kekuatan tarik, dan perubahan struktur mikro pada material aluminium 6061 setelah dilakukan pengelasan menggunakan pengelasan MIG dengan variasi posisi yang digunakan yaitu 2G (Horizontal) dan 3G (Vertical) serta variasi kampuh yang digunakan yaitu kampuh V dan kampuh U. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis posisi yang digunakan dan pemilihan kampuh yang tepat sangat berpengaruh untuk kualitas sambungan yang ditinjau dari kekuatannya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengelasan paling baik adalah pengelasan MIG dengan posisi 3G (Vertical) menggunakan kampuh V yaitu memiliki rata-rata tegangan sebesar 164.49MPa, 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 (Vertical) 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 (Vertical) menggunakan kampuh U. Kesimpulan umum yang dapat diambil dari penelitian ini menunjukkan bahwa ditinjau dari posisi pengelasan, sambungan las menggunakan posisi 3G (Vertical) 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.

Kata Kunci : Aluminium 6061, Pengelasan MIG, Posisi Pengelasan, Kampuh Las, Tarik, Mikrografi

1. PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam ringan dan memiliki ketahanan korosi, hantaran listrik yang baik. Salah satu jenis aluminium adalah aluminium 6061. Aluminium jenis tersebut memiliki paduan antara magnesium (Mg) dan silikon (Si) yang memiliki sifat mekanik yang baik tanpa mengurangi hantaran listrik. Aluminium jenis ini sangat cocok digunakan untuk rangka konstruksi, khususnya konstruksi di bidang perkapalan [1].

Pengelasan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan industri karena memegang peranan utama dalam

rekayasa dan produksi logam. Pada proses penyambungan logam, sering sekali dilakukan dengan posisi tertentu untuk mengikuti perencanaan serta perancangan konstruksi yang akandi las. Pada pengaplikasiannya sering di temui pengelasan dibawah, dinding, maupun langit-langit konstruksi. Dari beberapa keadaan tersebut, maka dalam pengelasan ada penggolongan posisi dalam pengelasan. Dari penggolongan tersebut pada dasarnya posisi pengelasan secara garis besar digolongkan pada posisi *down hand*, *horizontal*, dan *over head* [2].

Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) adalah salah satu jenis pengelasan GMAW dimana pada

proses pengelasannya menggunakan gas kekal (*inert*) seperti Argon dan Helium sebagai gas pelindung oksidasi. Las MIG juga menggunakan *Wire Feeder* yang berfungsi untuk memutar elektroda menuju keluar ketika pengelasan berlangsung. Las MIG sering digunakan untuk mengelas material non logam seperti aluminium, stainless steel, paduan nikel, dan material non logam lainnya. Las MIG (*Metal Inert Gas*) 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 (*inert*) sebagai pelindung [3].

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan penelitian tentang Studi Karakteristik Hasil Pengelasan MIG Pada Material Aluminium 5083 yang menunjukkan bahwa spesimen dengan nilai uji tarik Tensile Strength terendah ada pada spesimen 250 mm/menit dengan nilai 6,83 kgf/mm², sedangkan untuk nilai uji tarik Tensile Strength tertinggi ada pada spesimen 550 mm/menit dengan nilai 20,43 kgf/mm² [4].

Pada penelitian sebelumnya, juga telah dilakukan penelitian tentang Pengaruh Gerak Elektroda dan Posisi Pengelasan Terhadap Uji Kekerasan Dari Hasil Las Baja SSC 41 yang menunjukkan hasil kekerasan vickers tertinggi pada posisi pengelasan 4G dan variabel gerakan elektroda pola C sebesar 513,891 Kg/mm² [5].

Pada penelitian sebelumnya, juga telah dilakukan penelitian tentang Analisa Pengaruh Perbedaan Feed Rate Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Aluminium 6061 Metode Pengelasan Friction Stir Welding dimana pada penelitian tersebut di dapat 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% [1].

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti tentang pengaruh posisi pengelasan dan jenis kampuh terhadap perbandingan kekuatan tarik, dan perubahan struktur mikro pada material aluminium 6061 setelah dilakukan pengelasan menggunakan pengelasan MIG.

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang menjadi pokok bahasan pada penelitian ini adalah bagaimana hasil kekuatan Tarik dan mikrografi yang terjadi pada material aluminium 6061 setelah dilakukannya pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) menggunakan kampuh V dan kampuh U.

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan jurnal ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan

yang di harapkan adalah Logam Aluminium yang digunakan adalah AA 6061, dengan ketebalan pelat 10 mm, pengelasan ini juga menggunakan jenis pengelasan MIG dengan settingan *Ampere*, voltase dan jenis elektroda yang disesuaikan dengan kondisi plat dan bentuk bevel las agar didapatkan hasil yang maksimal, logam pengisi / elektroda (*filler metal*) dari aluminium 6061 yang digunakan adalah AWS ER 5356, pelat aluminium di las dengan posisi 2G (*Horizontal*) dan 3G(*Vertical*), serta sambungan las menggunakan jenis sambungan kampuh V dan kampuh U dengan sudut 60°, pengujian di laboratorium menggunakan sampel dengan 20 buah spesimen, uji tarik menggunakan standar pengujian ASTM E8, dan penelitian ini hanya dilakukan dengan pengujian tanpa analisis dengan *software*.

2. METODE

2.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini melakukan pengumpulan data dari jurnal, buku-buku referensi, internet dan studi lapangan secara langsung.

Objek yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah Aluminium 6061 dimana bahan ini biasanya digunakan pada kontruksi lambung kapal dan banyak digunakan pada kapal cepat.



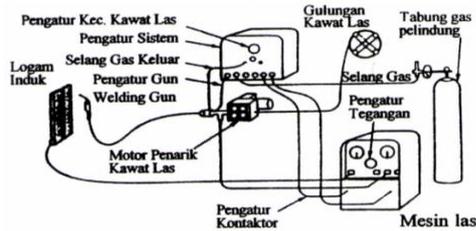
Gambar 1. Aluminium 6061

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen, berdasarkan perlakuan yang diberikan oleh peneliti yaitu berupa pengelasan dengan menggunakan las.

Las menurut DIN (*Deutch Industrie Normen*) adalah suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan cair. Las dapat didefinisikan sebagai sambungan dari beberapa logam paduan menggunakan energi panas yang dilakukan dalam keadaan cair. Teknik penyambungan dengan pengelasan adalah teknik yang paling umum digunakan dalam pekerjaan keteknikan. Pengelasan merupakan proses penyambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan [6].

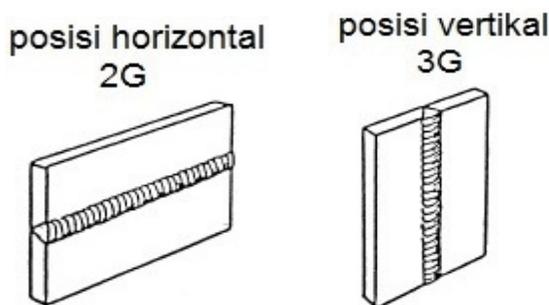
Las MIG (*Metal Inert Gas*) dapat digunakan secara otomatis maupun semi-otomatis, karena memiliki arus searah dengan polaritas balik yang baik. Kawat elektroda (*filler*) yang digunakan

dalam pengelasan MIG memiliki diameter antara 1,0 mm hingga 2,4 mm. Sedangkan untuk pengelasan pada aluminium atau material non logam yang sangat tebal, digunakan kawat elektroda (*filler*) yang berdiameter 3,2 mm sampai 6,4 mm [7].



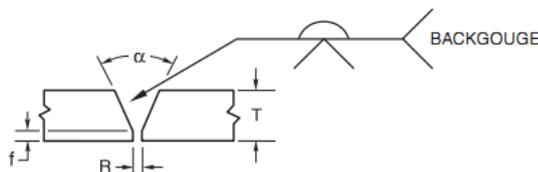
Gambar 2. Proses Pengelasan MIG

Posisi pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah dari pada elektroda sewaktu mengelas. Penelitian ini menggunakan jenis posisi pengelasan 2G (*horizontal*) dan 3G (*vertical*).

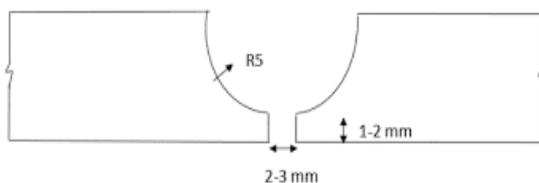


Gambar 3. Posisi Pengelasan 2G dan 3G

Tipe sambungan las dipilih berdasarkan beberapa kriteria antara lain, kualitas material, metode pengelasan, struktur material, dan sebagainya. Penelitian ini menggunakan jenis sambungan las Kampuh V dan Kampuh U dengan sudut kampuh V 60°.



Gambar 4. Tipe Sambungan Las Kampuh V dengan sudut 60°



Gambar 5. Tipe Sambungan Las Kampuh U

Kualitas dari sambungan las sangat menentukan kekuatan 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 las, dan kecepatan pengelasan.

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

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

Pengujian 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 [4]

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

1. Tegangan tarik (σ)

Tegangan tarik merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (*fracture*). Kekuatan tarik maksimum dari suatu bahan dapat dirumuskan:

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

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

2. Regangan tarik (ϵ)

Regangan tarik maksimum adalah pertambahan panjang maksimum yang dihasilkan dari suatu material setelah dilakukan pengujian tarik. Regangan tarik dapat menunjukkan pertambahan panjang dari suatu material setelah perpatahan terhadap panjang awalnya.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

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

Dimana, L_i adalah Panjang sesudah patah (mm), L_0 adalah Panjang mula-mula (mm), ε adalah Regangan (%).

3. Modulus elastisitas (E)

Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu material pada grafik tegangan-regangan. Semakin besar nilai dari modulus elastisitas, maka material atau bahan tersebut semakin sedikit mengalami perubahan bentuk, sehingga nilai regangan elastis dari material tersebut semakin kecil. Jika nilai modulus elastisitas semakin besar maka menunjukkan bahwa sifat dari material atau bahan tersebut semakin kaku. Modulus kekakuan tersebut dapat dihitung dari slope kemiringan garis elastis yang linier, yang dirumuskan :

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

Dimana, E adalah Modulus elastisitas (MPa), σ adalah Tegangan Maksimum (KN/mm²), dan ε adalah Regangan (%).

Uji tarik dapat menunjukkan bagaimana proses terjadinya deformasi pada bahan.

Pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa fenomena perpatahan ulet dan getas yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Perpatahan ulet menunjukkan bahwa sifat mekanik dari bahan tersebut adalah ulet dan tangguh. Sedangkan perpatahan getas menunjukkan bahwa material tersebut memiliki sifat getas karena tidak ada atau sedikit sekali terjadi deformasi plastis pada material tersebut [8].

Uji mikrografi adalah proses pengujian visual yang dilakukan terhadap material dengan tujuan untuk memperoleh gambar yang menunjukkan struktur mikro sebuah logam atau paduan [9].

Struktur mikro dari suatu logam atau paduan dapat diketahui melalui pengujian mikrografi dengan memperjelas batas-batas butir pada material sehingga dapat langsung dilihat dengan menggunakan mikroskop dan diambil gambarnya [10].

2.2 Parameter Penelitian

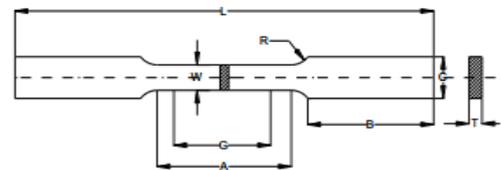
1. Parameter Tetap

Pada penelitian ini, parameter tetap adalah spesimen aluminium 6061, tipe pengelasan MIG, diameter elektroda 0.8 mm.

Tabel 1. Properti Aluminium 6061 [11].

Aluminium 6061	
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

Dimensi ukuran spesimen sebagai berikut :



Gambar 6. Bentuk Spesimen Uji Tarik [12]

Tabel 2. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Keterangan	Panjang
Gage length (G)	50,0 mm
Length of reduced section (A)	57 mm
Width (W)	12,5 mm
Thickness (T)	10 mm
Radius of fillet (R)	12,5 mm
Overall length (L)	200 mm
Width of grip section (C)	20 mm
Length of grip section (B)	50 mm

2. Parameter Perubahan

- Posisi pengelasan
- Bentuk Kampuh
- Pengujian Tarik
- Pengujian Mikrografi

2.3 Alat-alat

Alat-alat yang digunakan antara lain :

1. Mesin bubut
2. Mesin uji Tarik
3. Mesin uji Mikrografi
4. Alat ukur berupa Jangka sorong
5. Amplas no.100, no.220, no.400, no.600, no.800, dan no.1000
6. Autosol
7. NaOH

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Tarik

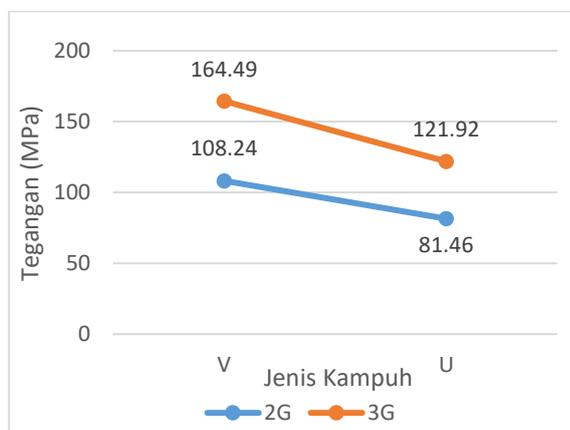
Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik ini adalah nilai tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas, yang dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dari material aluminium 6061 setelah dilakukan pengelasan menggunakan las *Metal Inert Gas* (MIG) .

3.1.1 Tegangan Tarik

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Tegangan Tarik

No	Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	P Max (KN)	σ Max (N/mm ²)	σ rata-rata (N/m ²)
1	V 2G-1	12,62	9,86	13,82	111,06	108,24
2	V 2G-2	12,26	9,80	11,97	99,63	
3	V 2G-3	12,24	10,01	13,97	114,02	
4	V 2G-4	11,90	10,24	10,51	86,25	
5	V 3G-1	11,11	10,00	18,7	168,32	164,49
6	V 3G-2	11,90	10,08	18,02	150,23	
7	V 3G-3	11,75	10,22	20,27	168,80	
8	V 3G-4	12,00	10,01	18,78	156,34	
9	U 2G-1	11,55	9,75	16,77	148,92	81,46
10	U 2G-2	11,87	10,07	7,04	43,00	
11	U 2G-3	11,80	10,16	13,2	110,10	
12	U 2G-4	12,33	10,19	9,47	75,37	
13	U 3G-1	12,27	9,71	16,23	136,22	121,92
14	U 3G-2	12,07	10,10	14,8	121,40	
15	U 3G-3	12,86	10,04	15,63	121,06	
16	U 3G-4	12,02	10,06	14,91	123,30	

Keterangan: Spesimen V 2G-4 tidak masuk dalam perhitungan karena memiliki simpangan yang terlalu kecil. Sedangkan spesimen V 3G-2, U 2G-1, U 3G-1, tidak masuk kedalam perhitungan karena memiliki simpangan yang terlalu besar.



Gambar 7. Grafik Nilai Tegangan Tarik

Pada pengujian tarik ini, dihasilkan standar deviasi untuk posisi pengelasan 2G (*Horizontal*) menggunakan kampuh V sebesar 12,62, untuk posisi pengelasan 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh V sebesar 9,16, untuk posisi pengelasan 2G (*Horizontal*) menggunakan kampuh U sebesar 39,91, dan untuk posisi pengelasan 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh U sebesar 7,21.

Dari data hasil tersebut, nilai kekuatan tarik maksimum pada eksperimen ini adalah sebesar 164,49 MPa yang dihasilkan rata-rata pengujian spesimen dengan posisi pengelasan 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh V. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah adalah sebesar 81,46 MPa yang dihasilkan rata-rata pengujian spesimen dengan posisi pengelasan 2G (*Horizontal*) menggunakan kampuh U.

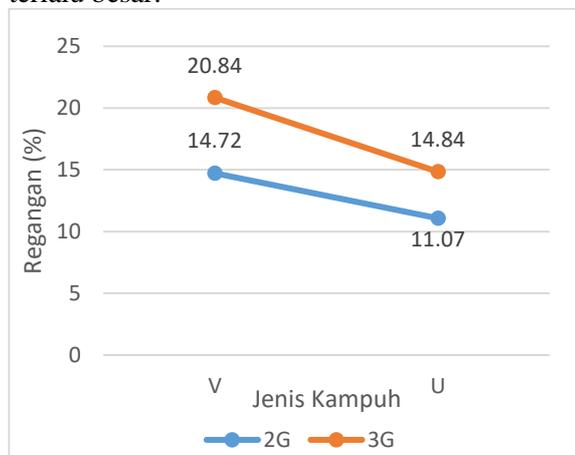
Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, dilihat dari posisi pengelasan baik untuk kampuh V maupun kampuh U menunjukkan bahwa nilai rata-rata tegangan tarik posisi 3G (*Vertical*) lebih baik dari 2G (*Horizontal*). Sedangkan untuk bentuk kampuh, baik dengan posisi pengelasan 2G (*Horizontal*) maupun 3G (*Vertical*), menunjukkan bahwa nilai rata-rata tegangan tarik untuk kampuh V lebih baik dari pada kampuh U.

3.1.2 Regangan Tarik

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Regangan Tarik

NO	Spesimen	L0 (mm)	L1 (mm)	ΔL (mm)	Regangan (%)	Regangan Rata-rata (%)
1	V 2G-1	50	57,70	7,70	15,40	14,72
2	V 2G-2	50	57,80	7,80	15,60	
3	V 2G-3	50	56,58	6,58	13,16	
4	V 2G-4	50	56,58	6,68	13,36	
5	V 3G-1	50	59,50	9,50	19,00	20,84
6	V 3G-2	50	58,59	8,59	17,18	
7	V 3G-3	50	59,67	9,67	19,34	
8	V 3G-4	50	62,09	12,09	24,18	
9	U 2G-1	50	59,81	9,81	19,62	11,07
10	U 2G-2	50	54,09	4,09	8,18	
11	U 2G-3	50	57,15	7,15	14,30	
12	U 2G-4	50	55,37	5,37	10,74	
13	U 3G-1	50	60,28	10,28	20,56	14,84
14	U 3G-2	50	57,25	7,25	14,50	
15	U 3G-3	50	57,75	7,75	15,50	
16	U 3G-4	50	57,26	7,26	14,52	

Keterangan: Spesimen V 2G-4 tidak masuk dalam perhitungan karena memiliki simpangan yang terlalu kecil. Sedangkan spesimen V 3G-2, U 2G-1, U 3G-1, tidak masuk kedalam perhitungan karena memiliki simpangan yang terlalu besar.



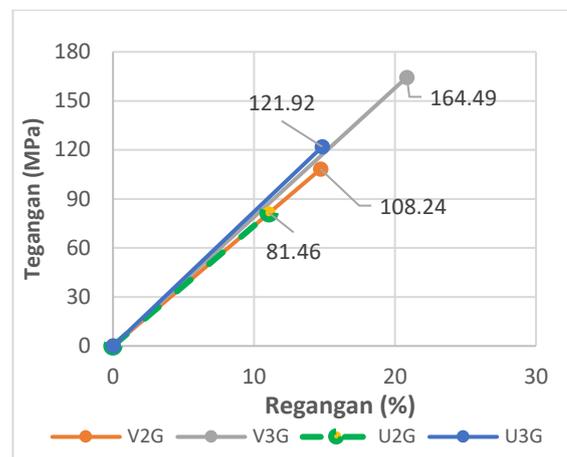
Gambar 8. Grafik Nilai Regangan Tarik

Pada hasil pengujian tarik dari sambungan las ini, hasil yang di dapat dari posisi pengelasan 2G (*Horizontal*) menggunakan kampuh V didapat nilai rata-rata sebesar 14,72 %, untuk posisi 2G (*Horizontal*) menggunakan kampuh U sebesar 11,07%, untuk posisi 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh V sebesar 20,84%, dan untuk posisi pengelasan 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh U didapat nilai rata-rata regangan sebesar 14,84%.

Dari hasil tersebut, nilai regangan tarik maksimum pada eksperimen ini adalah sebesar 20,84% yang dihasilkan rata-rata pengujian spesimen dengan posisi pengelasan 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh V. Sedangkan nilai regangan tarik terendah adalah sebesar 11,07% yang dihasilkan rata-rata pengujian spesimen dengan posisi pengelasan 2G (*Horizontal*) menggunakan kampuh U.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, dilihat dari posisi pengelasan baik untuk kampuh V maupun kampuh U menunjukkan bahwa rata-rata nilai regangan tarik pengelasan posisi 3G (*Vertical*) lebih baik dari 2G (*Horizontal*). Sedangkan untuk bentuk kampuh, baik dengan posisi pengelasan 2G (*Horizontal*) maupun 3G (*Vertical*), nilai rata-rata regangan tarik menunjukkan bahwa hasil pengujian untuk kampuh V lebih baik dari pada kampuh U.

Grafik tegangan-regangan adalah grafik yang membandingkan hasil tegangan tarik dan regangan tarik dari material. Adapun hasil perbandingan tegangan-regangan adalah sebagai berikut :



Gambar 9. Grafik Nilai Tegangan-Regangan

3.1.3 Poison number

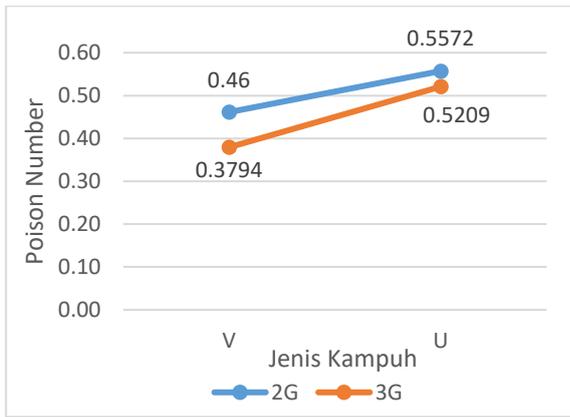
Poison Number adalah hasil pembagian dari regangan longitudinal terhadap regangan transversal. Regangan longitudinal adalah besarnya regangan yang di pengaruhi oleh perubahan panjang spesimen setelah dilakukannya uji, sedangkan regangan transversal adalah regangan yang dipengaruhi oleh perubahan lebar dari spesimen setelah dilakukan uji.

$$\nu = \frac{-\Delta b/b_0}{\Delta L/L_0} \quad (5)$$

Tabel 6. Poison Number

NO	Spesimen	B1	B0	%T	%L	ν	Rata-rata
1	V 2G-1	11,9	12,62	0,06	0,15	0,37	0,46
2	V 2G-2	11,2	12,26	0,09	0,16	0,55	
3	V 2G-3	11,5	12,24	0,06	0,13	0,46	
4	V 2G-4	10,6	11,90	0,11	0,13	0,83	
5	V 3G-1	9,8	11,11	0,12	0,19	0,62	0,38
6	V 3G-2	10,9	11,90	0,08	0,17	0,49	
7	V 3G-3	11,2	11,75	0,05	0,19	0,24	
8	V 3G-4	11,2	12,00	0,07	0,24	0,28	
9	U 2G-1	10,3	11,55	0,11	0,20	0,55	0,56
10	U 2G-2	11,3	11,87	0,05	0,08	0,59	
11	U 2G-3	10,9	11,80	0,08	0,14	0,53	
12	U 2G-4	11,6	12,33	0,06	0,11	0,55	
13	U 3G-1	10,5	12,27	0,14	0,21	0,70	0,52
14	U 3G-2	10,9	12,07	0,10	0,15	0,67	
15	U 3G-3	11,9	12,86	0,07	0,16	0,48	
16	U 3G-4	11,3	12,02	0,06	0,15	0,41	

Keterangan: Spesimen V 2G-4 tidak masuk dalam perhitungan karena memiliki simpangan yang terlalu kecil. Sedangkan spesimen V 3G-2, U 2G-1, U 3G-1, tidak masuk kedalam perhitungan karena memiliki simpangan yang terlalu besar.



Gambar 10. Grafik Nilai Poisson Number

Dari grafik di atas di dapat bahwa poisson number maksimum yaitu hasil dengan posisi pengelasan 3G (*vertical*) menggunakan kampuh U adalah 0,55 sedangkan hasil minimum yaitu 0,37 untuk posisi pengelasan 2G(*Horizontal*) menggunakan kampuh V.

3.1.4 Modulus Elastisitas

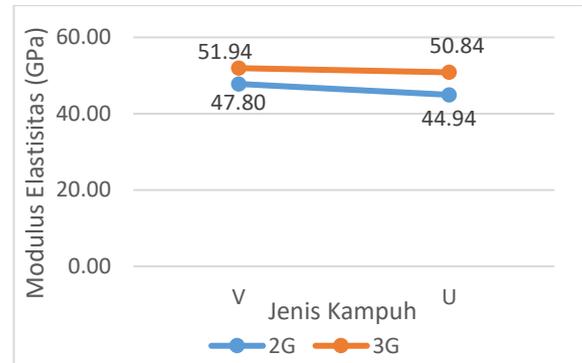
Modulus elastisitas atau modulus young adalah perbandingan antara tegangan dan regangan aksial dalam deformasi yang terjadi secara elastis. Modulus elastisitas dapat menunjukkan kecenderungan suatu material atau bahan untuk berubah bentuk dan kembali lagi ke bentuk semula apabila diberi beban tarik.

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai modulus elastisitas yang dihasilkan dari pengujian tarik sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil Pengujian Tarik (Modulus Elastisitas)

NO	Spesimen	σ Luluh	ϵ (%)	E (MPa)	E (Gpa)	Rata-Rata (Gpa)
1	V 2G-1	82,19	0,0015	53368,23	53,37	47,80
2	V 2G-2	64,76	0,0016	41511,30	41,51	
3	V 2G-3	63,85	0,0013	48519,13	48,52	
4	V 2G-4	55,20	0,0013	41317,05	41,32	
5	V 3G-1	124,55	0,0019	65554,98	65,55	51,94
6	V 3G-2	97,65	0,0017	56837,83	56,84	
7	V 3G-3	94,53	0,0019	48876,10	48,88	
8	V 3G-4	100,06	0,0024	41381,28	41,38	
9	U 2G-1	110,20	0,0020	56166,74	56,17	44,94
10	U 2G-2	38,28	0,0008	46800,72	46,80	
11	U 2G-3	61,66	0,0014	43117,17	43,12	
12	U 2G-4	48,24	0,0011	44914,69	44,91	
13	U 3G-1	100,81	0,0021	49030,16	49,03	50,84
14	U 3G-2	78,91	0,0015	54422,49	54,42	
15	U 3G-3	67,79	0,0016	43736,16	43,74	
16	U 3G-4	78,91	0,0015	54348,62	54,35	

Keterangan: Spesimen V 2G-4 tidak masuk dalam perhitungan karena memiliki simpangan yang terlalu kecil. Sedangkan spesimen V 3G-2, U 2G-1, U 3G-1, tidak masuk kedalam perhitungan karena memiliki simpangan yang terlalu besar.



Gambar 11. Grafik Nilai Modulus Elastisitas

Pada hasil pengujian tarik dari sambungan las ini, nilai modulus elastisitas tertinggi pada eksperimen ini adalah sebesar 51,94 MPa yang dihasilkan rata-rata pengujian spesimen dengan posisi pengelasan 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh V. Sedangkan nilai modulus elastisitas terendah adalah sebesar 44,94 MPa yang dihasilkan rata-rata pengujian spesimen dengan posisi pengelasan 2G (*Horizontal*) menggunakan kampuh U.

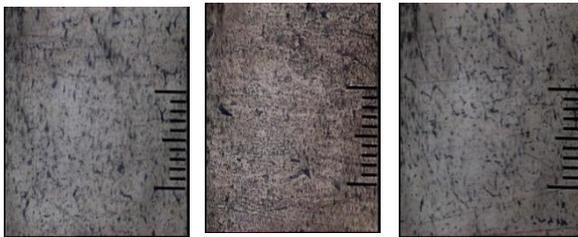
3.2 Hasil Pengujian Mikrografi

Uji mikrografi adalah proses pengujian visual yang dilakukan terhadap material dengan tujuan untuk memperoleh gambar yang menunjukkan struktur mikro sebuah logam atau paduan. Pengujian mikrografi dapat menunjukkan bagaimana sifat suatu material ketika dilakukan dengan perlakuan berbeda seperti perlakuan panas (*heat treatment*) dan perlakuan dingin (*cold treatment*).



Gambar 12. Spesimen Uji Mikrografi

Dari pengujian mikrografi pada sambungan las aluminium 6061 setelah di las menggunakan pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) didapatkan hasil gambar struktur mikro dari sambungan las aluminium 6061 untuk pengelasan dengan posisi 2G (*Horizontal*) menggunakan kampuh V, yaitu :



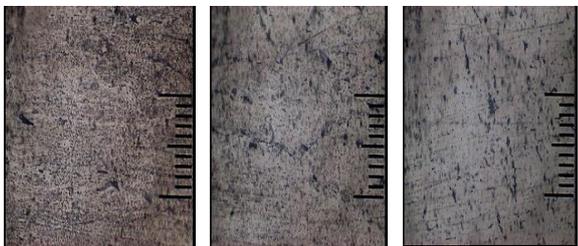
1.BM 2.HAZ 3.LAS

Gambar 13. Gambar Struktur Mikro Hasil Las MIG Dengan Posisi Pengelasan 2G (*Horizontal*) Menggunakan Kampuh V

Dari hasil pengujian mikrografi pada sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan MIG (Metal Inert Gas) dengan kampuh V posisi pengelasan 2G (*Horizontal*), terlihat perubahan struktur mikro antara daerah base metal dengan daerah las juga tidak terlalu jauh, tapi terlihat dimana kerapatan permukaan logam pada daerah las sedikit lebih renggang di banding daerah base metal.

Demikian juga di bagian HAZ (*Heat Afected Zone*), dimana las dan base metal terlihat menyatu tetapi masih terdapat beberapa titik las yg kurang harlus. Hal ini dapat di sebabkan karena masukan panas (*heat input*) yang dihasilkan pada pengelasan MIG (Metal Inert Gas) dengan posisi pengelasan dan bentuk kampuh kurang bagus atau proses perlakuan seperti amplas dan pemberian larutan NaOH yg kurang maksimal, sehingga kerapatan permukaan yang dihasilkan pada spesimen hasil pengelasan MIG (Metal Inert Gas) ini sudah cukup rapat tapi penetrasi yang dihasilkan kurang maksimal.

Hasil gambar struktur mikro dari sambungan las aluminium 6061 setelah di las menggunakan pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) dengan posisi 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh V yang didapat dari pengujian mikrografi adalah sebagai berikut :



1.BM 2.HAZ 3.LAS

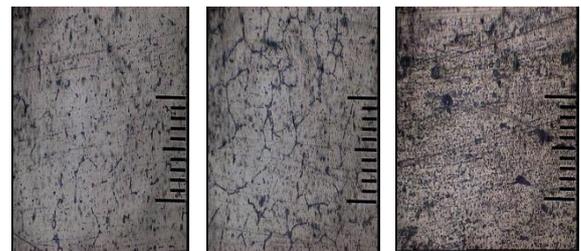
Gambar 14. Gambar Struktur Mikro Hasil Las MIG Dengan Posisi Pengelasan 3G (*Vertical*) Menggunakan Kampuh V

Dari hasil pengujian mikrografi pada sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan MIG (Metal Inert Gas) dengan posisi pengelasan 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh

V, terlihat perubahan struktur mikro antara daerah base metal dengan daerah las tidak terlalu jauh, dimana kerapatan permukaan logam pada daerah las hampir sama dengan daerah base metal.

Demikian juga di bagian HAZ (*Heat Afected Zone*), dimana las dan base metal terlihat menyatu dan halus. Hal ini dapat di sebabkan karena masukan panas (*heat input*) yang dihasilkan pada pengelasan MIG (Metal Inert Gas) dengan posisi pengelasan dan bentuk kampuh ini cukup baik, sehingga kerapatan permukaan yang dihasilkan pada spesimen hasil pengelasan MIG (Metal Inert Gas) ini cukup rapat karena penetrasi yang dihasilkan lebih maksimal.

Hasil gambar struktur mikro dari sambungan las aluminium 6061 setelah di las menggunakan pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) dengan posisi 2G (*Vertical*) menggunakan kampuh U yang didapat dari pengujian mikrografi adalah sebagai berikut :



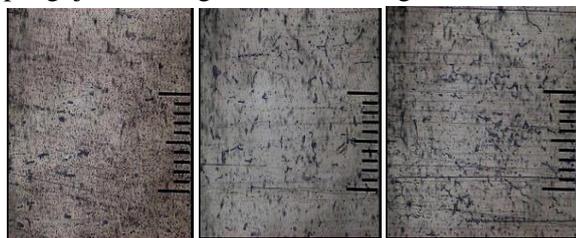
1. BM 2.HAZ 3.LAS

Gambar 15. Gambar Struktur Mikro Hasil Las MIG Dengan Posisi Pengelasan 2G (*Horizontal*) Menggunakan Kampuh U

Dari hasil pengujian mikrografi pada sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan MIG (Metal Inert Gas) dengan posisi pengelasan 2G (*Horizontal*) menggunakan kampuh U, terlihat jelas perubahan struktur mikro antara daerah base metal dengan daerah las, dimana kerapatan permukaan logam pada daerah las lebih renggang di banding daerah base metal.

Demikian juga di bagian HAZ (*Heat Afected Zone*), dimana las dan base metal kurang menyatu dan banyak terlihat titik las yg kurang harlus. Hal ini dapat di sebabkan karena masukan panas (*heat input*) yang dihasilkan pada pengelasan MIG (Metal Inert Gas) dengan posisi pengelasan 2G (*Horizontal*) menggunakan kampuh U tersebut kurang bagus serta proses perlakuan seperti amplas dan pemberian larutan NaOH yg kurang maksimal, sehingga kerapatan permukaan yang dihasilkan pada spesimen hasil pengelasan MIG (Metal Inert Gas) ini kurang maksimal.

Hasil gambar struktur mikro dari sambungan las aluminium 6061 setelah di las menggunakan pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) dengan posisi 2G (*Vertical*) menggunakan kampuh U yang didapat dari pengujian mikrografi adalah sebagai berikut :



1.BM 2. BM 3.BM

Gambar 16. Gambar Struktur Mikro Hasil Las MIG Dengan Posisi Pengelasan 3G (*vertical*) Menggunakan Kampuh U

Dari hasil pengujian mikrografi pada sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) dengan posisi pengelasan 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh U, struktur mikro antara daerah base metal dengan daerah las tidak berbeda, dimana kerapatan permukaan logam pada daerah las hampir sama dengan daerah base metal. Hal ini terlihat dari halusya permukaan serta jumlah bintik hitam dalam pengelasan yang sedikit

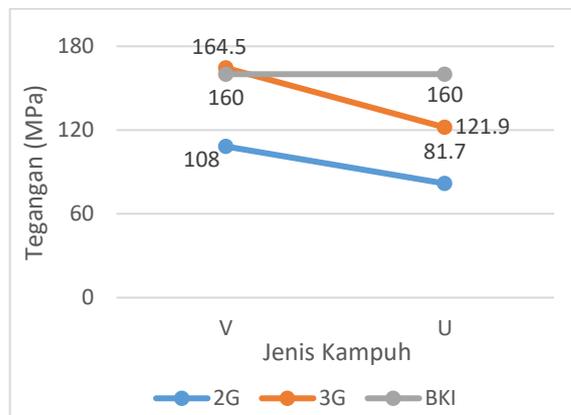
Demikian juga di bagian HAZ (*Heat Affected Zone*), dimana las dan base metal terlihat menyatu dan halus. Hal ini di sebabkan karena masukan panas (*heat input*) yang dihasilkan pada pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) dengan posisi pengelasan dan bentuk kampuh tersebut cukup baik, sehingga kerapatan permukaan yang dihasilkan pada spesimen hasil pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) ini cukup rapat karena penetrasi yang dihasilkan lebih maksimal.

3.3 Perbandingan Hasil Uji dengan Standar BKI

Pada hasil pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, nilai kekuatan tarik yang dihasilkan pada sambungan las aluminium 6061 menggunakan las *Metal Inert Gas* (MIG), hanya hasil pengelasan dengan posisi 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh V yang memenuhi standar nilai kuat tarik BKI. Menurut BKI pada “*Rules For The Classification and Construction, Part 1 Vol VI: Rules for Welding, Section 5: Welding Consumables and Auxilliary Materials*”, sambungan las aluminium 6061 harus mempunyai standar nilai kuat tarik (*Tensile Strength*) ≥ 160 MPa [13].

Dari nilai kekuatan tarik yang dihasilkan pada pengujian yang dilakukan pada sambungan

las aluminium 6061, hanya nilai posisi 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh V sebesar 164,49 MPa yang memenuhi. Hasil pengujian selain posisi 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh V, semuanya dibawah 160 MPa.



Gambar 17. Grafik Perbandingan Hasil Uji dengan Standar BKI

Penurunan nilai kekuatan tarik dan regangan pada sambungan las aluminium 6061 dibandingkan dengan standar BKI dapat diakibatkan karena kualitas sambungan yang dihasilkan ketika proses pengelasan tidak maksimal. Hal ini dapat disebabkan karena beberapa faktor, seperti arus yang digunakan, elektroda yang digunakan, maupun ketrampilan dari juru las (*welder*) itu sendiri, sehingga kedepannya perlu perhatian lebih ketika proses pengelasan agar hasil yang didapatkan dapat maksimal.

4 KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil setelah dilakukan pengujian tarik dan struktur Mikrografi pada sambungan las aluminium 6061 menggunakan posisi 2G (*Horizontal*) dan 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh V dan kampuh U adalah sebagai berikut:

Kekuatan rata-rata tegangan tarik maksimum di hasilkan dari sambungan las *Metal Inert Gas* (MIG) dengan posisi pengelasan 3G (*Vertical*) menggunakan kampuh V memiliki rata-rata tegangan sebesar 164,49 MPa, rata-rata regangan sebesar 20,84%, dan modulus elastisitas sebesar 8,02 GPa.

Secara umum jika ditinjau dari posisi pengelasan, sambungan las menggunakan posisi 3G (*Vertical*) 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.

Perbandingan perubahan struktur mikro Aluminium 6061 setelah di las menggunakan *Metal Inert Gas* (MIG), untuk perubahan struktur mikro yang dihasilkan dari sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan MIG dengan posisi 3G (Vertical) menggunakan kampuh V memiliki tingkat kerapatan permukaan yang lebih baik dibandingkan sambungan las dengan posisi 2G (Horizontal) menggunakan kampuh V, posisi 2G (Horizontal) menggunakan kampuh U, maupun posisi 3G (Vertical) menggunakan kampuh U

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penulisan jurnal ini penulis menyadari bahwa jurnal 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 jurnal ini. Secara khusus, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Orang tua, Dosen Pembimbing 1 dan 2 yang telah memberikan petunjuk, bantuan, serta dukungan dalam menyelesaikan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] A. N. Qomari, P. T. Hutomo, J. Teknik, M. Fakultas, T. Universitas, and N. Malang, "Pengaruh Pola Gerakan Elektrode dan Posisi Pengelasan Terhadap Kekerasan Hasil Las Pada Baja ST 60," no. 2, pp. 1-8, 2015.
- [3] Sunaryo, H. 2008. *Teknik Pengelasan Kapal Jilid 1 untuk Sekolah Menengah Kejuruan*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [4] Susetyo, F. B., Syaripuddin, & Hutomo, S. (2013). Studi Karakteristik Hasil Pengelasan MIG. *Jurnal Mechanical*, 4(2), 13.
- [5] Duniawan, Agus. 2015. *Pengaruh Gerak Elektroda dan Posisi Pengelasan Terhadap Uji Kekerasan Dari Hasil Las Baja SSC 41*. *Jurnal Teknologi*. Vol. 8, No 2. Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- [6] Jones D (n.d). 2015. *Pengertian Pengelasan*. Diambil dari: <http://www.pengelasan.com/2014/06/pengertianpengelasanadalah.html>. (05 Januari 2018).
- [7] Setiawan, A. 2016, Januari 19. *DEFINISI PENGELASAN MENGGUNAKAN LAS MIG*. Diambil dari: [www.indotara.co.id: http://www.indotara.co.id/definisi-pengelasan-menggunakan-las-mig&id=213.html](http://www.indotara.co.id/definisi-pengelasan-menggunakan-las-mig&id=213.html). (05 Januari 2018).
- [8] Setiaji, R. 2009. *Pengujian Tarik*. Jakarta: Laboratorium Metalurgi Fisik FTUI.
- [9] Majanasastra, R. B. 2016. Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming Pada Material Tembaga (Cu) C84800 Dan Aluminium Al 6063. *Jurnal Imiah Teknik Mesin Universitas Islam 45 Bekasi* , 19-29.
- [10] *Metallography and Microstructure*. 2004. ASM Metals Handbook, Vol 9.
- [11] ASM Aerospace Specification Metals Inc. 2018. *ASM Material Data Sheet*. Diambil dari : <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=ma6061t6>. (30 Maret 2019).
- [12] ASTM E8/E8M-09. 2009. *Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate*. USA.
- [13] Biro Klasifikasi Indonesia, "Rules for the Classification and Construction: Volume VI Rules for Welding," Jakarta, 2013.