



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW (Gas Metal ARC Welding) Pada Aluminium 6061

Leo Pranata Ketaren¹⁾, Untung Budiarto¹⁾, Ari Wibawa¹⁾

¹⁾Laboratorium Pengelasan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

e-mail : leoprاناتaketaren7@gmail.com, budiartountung@gmail.com, Arikapal75@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi pada era modern sekarang ini banyak ditemukan pembuatan produk/komponen yang menggunakan penyambungan material dengan menggunakan pengelasan. Pada proses penyambungan dengan menggunakan pengelasan, variasi kampuh las dan arus listrik 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 GMAW dengan variasi kampuh yang berbeda dan variasi arus listrik yang digunakan 180 A, 200 A, dan 220 A. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen, berdasarkan perlakuan yang diberikan oleh peneliti yaitu berupa pengelasan dengan menggunakan las GMAW pada aluminium 6061. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis kampuh yang digunakan dan pemilihan arus yang tepat sangat berpengaruh untuk kualitas sambungan yang ditinjau dari kekuatannya. Pengelasan GMAW dengan kampuh V dengan hasil yang maksimal pada arus 200 ampere memiliki rata-rata tegangan sebesar 142.61 MPa, regangan sebesar 29.6 %, dan modulus elastisitas sebesar 7.304 GPa. Untuk perubahan struktur mikro yang dihasilkan dari sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan GMAW dengan kampuh V memiliki tingkat kerapatan permukaan yang lebih baik dibandingkan sambungan las aluminium 6061 yang dihasilkan dari pengelasan GMAW kampuh X. Kesimpulan umum yang dapat diambil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) kampuh V menghasilkan kualitas sambungan yang lebih baik dari pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) kampuh X.

Kata Kunci : Aluminium 6061, Pengelasan GMAW, Kampuh Las, Arus Listrik, Uji tarik, Mikrografi

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada era modern sekarang ini banyak dijumpai pembuatan produk/komponen yang menggunakan penyambungan material baik di bidang otomotif, manufaktur, perkapalan dan lain-lain. Ada berbagai jenis material yang dapat digunakan oleh perusahaan dalam pembuatan sebuah produk, salah satu material yang banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari adalah aluminium. Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi terhadap air laut, hantaran listrik yang baik sebagai sifat logam, dan mempunyai sifat mampu las yang sangat baik [1]. Aluminium 6061 adalah jenis logam paduan antara

aluminium dengan magnesium dan silikon, yang sangat cocok digunakan untuk rangka konstruksi, khususnya konstruksi di bidang perkapalan. Metode untuk menyambungkan logam dengan cara tarik menarik antar atom dinamakan pengelasan. Salah satu metode pengelasan yang sering dipakai oleh masyarakat umum, yaitu metode GMAW (Gas Metal Arc Welding). Gas Metal Arc Welding (GMAW) adalah proses pengelasan yang energinya diperoleh dari busur listrik [2]. GMAW biasanya dioperasikan secara semi otomatis, sehingga dengan pesatnya perkembangan dunia kerja pekerjaan konstruksi dari ringan sampai berat banyak dibutuhkan pengelasan yang cepat dan kualitas tinggi, maka proses GMAW dapat

dijadikan sebagai proses alternatif dalam pengelasan. Pada proses pengelasan ini, maka dibutuhkan pengujian, yang berupa uji tarik dan uji mikrografi. Uji tarik merupakan pengujian yang dilakukan pada material untuk mengetahui kekuatan dan ketahanan suatu material terhadap beban tarik. Kekuatan tarik suatu material dapat diketahui apabila garis gaya berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus [3]. Hasil pengujian kekuatan tarik aluminium 5083 dari pengelasan GMAW dengan variasi kuat arus 130 amp, 150 amp, 170 amp, dan 200 amp menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda, yaitu dengan arus 130 Amp kekuatannya tertinggi yaitu sebesar 193,28 N/mm². Sama halnya dengan tegangan tarik rata-rata, regangan rata-rata pada arus 130 Amp adalah regangan yang terbesar senilai 0,86%. Jika rata-rata nilai dari modulus elastisitas besar, maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi atau semakin kaku, hal tersebut ditunjukkan pada arus 200 Amp yang nilai modulus elastisitasnya tertinggi sebesar 26,09KN/mm² [4]. Sedangkan, uji mikrografi adalah proses pengujian visual terhadap material yang dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh gambar yang menunjukkan struktur mikro sebuah logam atau paduan [5]. Penelitian foto mikro dalam penelitian ini digunakan untuk menunjukkan bagaimana sifat suatu material ketika dilakukan dengan perlakuan berbeda seperti perlakuan panas (*heat treatment*) dan perlakuan dingin (*cold treatment*) [6].

Seiring perkembangan zaman, saat ini semakin banyak material aluminium digunakan dalam berbagai bidang konstruksi, termasuk penggunaan aluminium seri 6xxx. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai “Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW (Gas Metal ARC Welding) Pada Aluminium 6061” Penelitian ini bertujuan untuk meneliti tentang perbandingan kekuatan tarik, dan perubahan struktur mikro pada material aluminium 6061 setelah dilakukan pengelasan menggunakan pengelasan GMAW dengan variasi arus listrik yang digunakan 180 A, 200 A, 220 A.

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 tugas akhir ini adalah Aluminium 6061 dimana bahan ini biasanya digunakan pada konstruksi lambung kapal dan banyak digunakan pada kapal-kapal cepat.

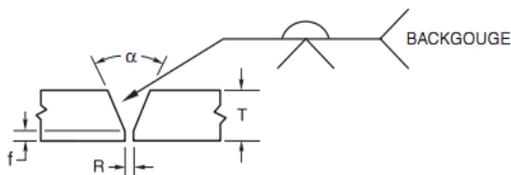


Gambar 1. Aluminium 6061

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen, berdasarkan perlakuan yang diberikan oleh peneliti yaitu berupa pengelasan dengan menggunakan las GMAW pada aluminium 6061. 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 [7]. Las GMAW/MIG (*Metal Inert Gas*) adalah jenis pengelasan dengan pencairan setempat yang menggunakan gas nyala yang berasal dari busur nyala listrik yang digunakan sebagai pencair metal yang dilas serta metal penambah yang disebut *Solid Wire*.

Besarnya arus dan tegangan pengelasan adalah pada tebal bahan dan diameter kawat elektroda serta posisi pengelasan atau berdasarkan WPS pekerjaan tersebut. Tabel berikut ini adalah ketentuan umum penyetelan/pengaturan besaran arus dan tegangan pengelasan berdasarkan diameter kawat elektroda [8]. Besar arus, kecepatan volume aliran gas, dan interaksi kedua parameter tersebut, memberikan pengaruh pada proses pengelasan GMAW terhadap ketangguhan HAZ [9]. Besarnya arus listrik pengelasan tergantung dari bahan, ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan, macam elektroda dan diameter inti elektroda. Dalam hal daerah las mempunyai kapasitas panas yang tinggi dengan sendirinya diperlukan arus listrik lasan yang besar. Untuk menghindari terbakarnya unsur-unsur paduan pada plat tipis sebaiknya digunakan arus las yang kecil. Demikian pula ditunjukkan bahwa peningkatan arus listrik pengelasan dapat meningkatkan persentase perpanjangan pada uji tarik pada pengelasan baja tahan karat austenitic. Tidak ada perbedaan signifikan dalam kedalaman

pengelasan penetrasi tetapi lebar manik las meningkat dengan peningkatan arus pengelasan dan peningkatan diameter logam pengisi. Kekuatan yang lebih tinggi (UTS dan YS) dari pada logam dasar diamati untuk semua sambungan. [10]. Variasi kuat arus yang digunakan adalah arus 180 A, 200A, dan 220A. dengan variabel tetap adalah spesimen aluminium 6061 dan variabel peubah adalah perlakuan uji tarik dan uji mikrofografi. Lokasi pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta pada tanggal 29 Juni 2019. Proses pengelasan yang digunakan pada penelitian ini mengacu kepada standar AWS NUMBER 3 dengan posisi las datar (1G) *Single-V Groove* dan *Double-V Groove* dengan sudut 60°. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan statistik.



Gambar 2. Tipe Sambungan Las *Butt Joint single V-Groove 60°*



Gambar 3. Tipe Sambungan Las *Butt Joint Double V-Groove 60°*

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

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. 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 A_0 adalah Luas Penampang Mula-mula (mm²).

2. Regangan maksimum (e)

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

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

$$e = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (4)$$

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

3. Modulus elastisitas (E)

Merupakan ukuran kekakuan suatu material pada grafik tegangan-regangan. Modulus elastisitas tersebut dapat dihitung dari slope kemiringan garis elastik yang linier.

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

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

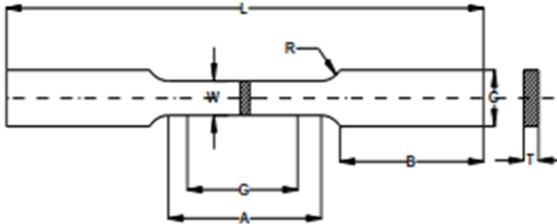
Setiap pemanjangan Δl dari panjang semula l_0 akan menyebabkan penyusutan lebar $-\Delta b$, misalnya dari lebar semula b_0 . Menurut Poisson, persentase penyusutan lebar akan sebanding dengan persentase pemanjangan. Maka didefinisikanlah apa yang dikenal dengan Angka Banding Poisson, m selaku tetapan kesebandingan yang menurut hubungan berikut.

$$Poisson, m = - \frac{\text{Rengangan Transversal}}{\text{Rengangan Longitudinal}} \quad (6)$$

2.2. Parameter Penelitian

1. Parameter Tetap

- Spesimen aluminium 6061
- Keterangan Spesimen:
Dimensi specimen pengujian tarik berdasarkan standard ASTM E8



Gambar 4. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Keterangan :

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

- Pembentukan spesimen
- Variasi kuat arus
- Variasi kampuh
- Pengujian tarik
- Pengujian Mikrofafi

2.3. Alat-alat

Alat-alat yang digunakan antara lain:

1. Mesin bubut
2. Mesin uji tarik
3. Mesin uji Mikrofafi
4. Jangka sorong
Amplas no. 100, no. 220, no. 400, no. 600, no. 800, dan no 1000.
5. Autosol
6. NaOH

2.4. Lokasi Penelitian

Pada penelitian Tugas Akhir ini, proses pengelasan GMAW dilakukan di laboratorium las "INLASTEK WELDING INSTITUTE" Surakarta. Sedangkan proses pengujian tarik dan Mikrofafi pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

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 GMAW (Gas Metal ARC Welding).

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Tarik Base Metal [11]

Spesimen (Aluminium 6061)	Tegangan (σ_{max}) (MPa)	Regangan (ϵ) (%)	E (GPa)
BM 1	303,75	10,9	2,78
BM 2	305,26	11,1	2,75
BM 3	304,34	10,9	2,79
Rata-rata	304,45 MPa	10,96 %	2,77 GPa

3.1.1 Tegangan Tarik

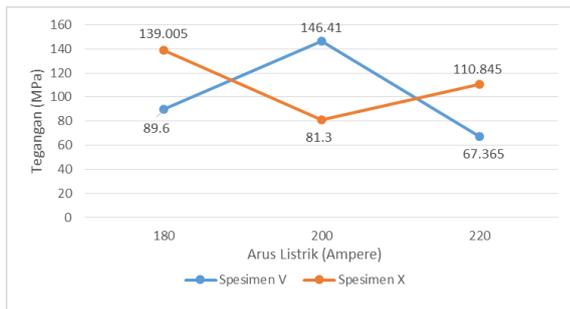
Tabel 4. Data Hasil Pengujian Tegangan Tarik

NO	SPEMEN	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Δl (mm)	P Max (KN)	Tegangan σ (MPa)	Rata-rata (N/mm ²)
1	V180-1	12.15	9.98	5.8	11.34	93.52	
2	V 180-2	12.33	9.9	5.88	12.13	99.37	89.6
3	V 180-3	12.47	9.97	5.5	9.45	76.01	
4	V200-1	11.97	9.85	12.24	18.16	154.02	
5	V 200-2	11.96	10.42	10.07	18,16	145.72	146.41
6	V 200-3	12.66	10.43	9.46	18.42	139.5	
7	V 220-1	11.63	10.26	4.23	7.3	61.18	
8	V 220-2	11.97	9.87	5.41	8.69	73.55	93.7
9	V 220-3	12.17	10.29	7.68	18.33	146.37	
10	X 180-1	10.75	10.15	6.05	15.28	140.04	
11	X 180-2	12.35	10.02	5.56	10.36	83.72	120.57
12	X 180-3	11.67	10.13	6.33	16.31	137.97	
13	X 200-1	12.02	10.17	5.94	9.67	79.1	
14	X 200-2	12.24	10.14	8.27	12.39	99.83	81.3
15	X 200-3	11.7	10.06	3.97	7.65	64.99	
16	X 220-1	11.8	10.38	13.86	18.55	151.45	
17	X 220-2	13.04	10.29	10.77	15.65	116.63	124.38
18	X 200-3	11.82	10.67	7.34	13.25	105.06	

Kemudian dilakukan uji statistik untuk mengetahui data yang diluar dari margin eror. Pada uji statistik menggunakan standar deviasi sebagai acuan. Berdasarkan uji statistik maka data yang di dapat sebagai berikut:

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Tegangan Tarik setelah perhitungan standart deviasi

No Spesimen	σ (MPa)	σ Rata - rata (N/mm ²)	Standar Deviasi (MPa)	σ (MPa)	σ Rata - rata (N/mm ²)	
1	V 180-1	93.5		93.5		
2	V 180-2	99.4	89.6	12.15	99.4	96.445
3	V 180-3	76		76		
4	V 200-1	154		154		
5	V 200-2	146	146.41	7.27	146	142.61
6	V 200-3	140		140		
7	V 220-1	61.2		61.2		
8	V 220-2	73.6	93.7	46.04	73.6	67.365
9	V 220-3	146		146		
10	X 180-1	140		140		
11	X 180-2	83.7	120.57	31.93	83.7	139.005
12	X 180-3	138		138		
13	X 200-1	79.1		79.1		
14	X 200-2	99.8	81.3	17.52	99.8	72.045
15	X 200-3	65		65		
16	X 220-1	151		151		
17	X 220-2	117	124.38	24.16	117	110.845
18	X 200-3	105		105		



Gambar 5. Diagram Nilai Tegangan Tarik

Pada pengujian statistic di atas, spesimen 3 V 180, spesimen 1 V 200, spesimen 3 V 220, spesimen 2 X 180, spesimen 2 X 200, spesimen 1 X 220 mengalami penyimpangan nilai dari nilai spesimen yang ada pada varisinya masing-masing. Hal ini disebabkan karena adanya proses pengelasan yang kurang merata sehingga pada setiap variasi terhadap satu spesimen yang memiliki nilai kekuatan yang menyimpang.

Dari pengujian yang telah dilakukan, hasil pengujian tarik dari sambungan las GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh V, nilai kekuatan tarik maksimum yang dihasilkan dengan arus listrik 200 A adalah sebesar 145.7 Mpa. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah dari sambungan las GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh V yang dihasilkan dengan arus listrik 220 A adalah sebesar 61.18 Mpa. Nilai rata-rata kekuatan tarik maksimal dari sambungan las aluminium 6061

menggunakan las GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh V yang dilakukan adalah sebesar 142.61 MPa.

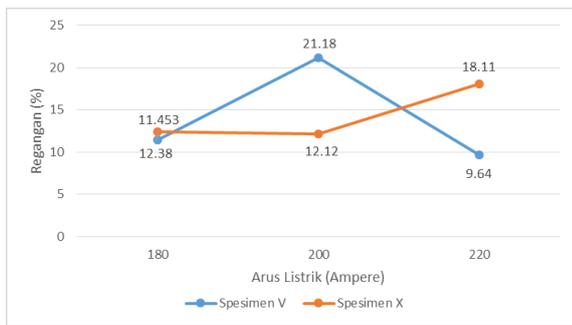
Pada kampuh X nilai kekuatan tarik maksimal yang dihasilkan dari pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) pada pengujian dengan arus listrik 220 Ampere adalah sebesar 151.45 MPa dan hasil kekuatan tarik terkecil yang dihasilkan dengan arus listrik 200 Ampere pada pengujian ketiga adalah sebesar 79.1 Mpa. Nilai kekuatan tarik rata-rata maksimal yang dihasilkan dari sambungan las aluminium 6061 menggunakan las GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh X adalah sebesar 139.005 Mpa.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, hasil sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh V menghasilkan kualitas sambungan las yang lebih baik dibandingkan dengan pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh X yang ditunjukkan dengan hasil nilai kekuatan tarik yang lebih besar.

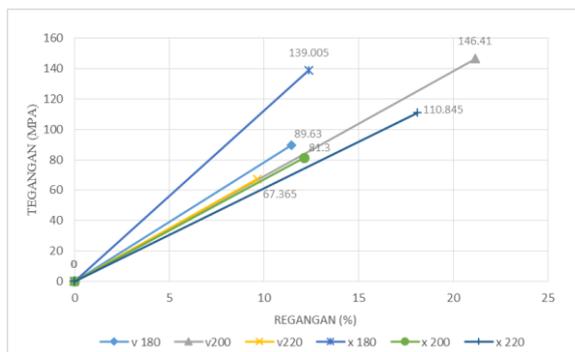
3.1.2 Regangan Tarik

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Regangan Tarik

No Spesimen	Regangan (%)	Regangan Rata-rata (%)	
1	V 180-1	11.6	
2	V 180-2	11.76	11.68
3	V 180-3	11	
4	V 200-1	24.48	
5	V 200-2	20.14	29.6
6	V 200-3	18.92	
7	V 220-1	8.46	
8	V 220-2	10.82	9.64
9	V 220-3	15.36	
10	X 180-1	12.1	
11	X 180-2	11.12	12.38
12	X 180-3	12.66	
13	X 200-1	11.88	
14	X 200-2	16.54	9.91
15	X 200-3	7.94	
16	X 220-1	27.72	
17	X 220-2	21.54	24.63
18	X 200-3	14.68	



Gambar 6. Grafik Nilai Regangan Tarik



Gambar 7. Grafik Nilai Perbandingan Tegangan/Regangan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, maka nilai regangan tarik maksimum yang dihasilkan dari sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh V setelah uji tarik dengan kuat arus 200 A adalah sebesar 24.48 %. Sedangkan nilai regangan tarik terendah yang dihasilkan adalah sebesar 8.46 % yang dihasilkan pada pengujian spesimen MIG pada kampuh V dengan arus listrik 220 Ampere. Nilai regangan rata-rata maksimal yang dihasilkan dari sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) pada kampuh V yang dilakukan adalah sebesar 29.6 %.

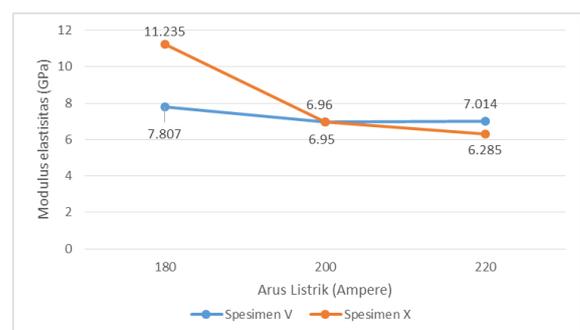
Pada hasil pengujian tarik dari sambungan las aluminium 6061 menggunakan las GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh X yang dilakukan pada penelitian ini, nilai regangan tarik maksimum dengan arus listrik sebesar 220 Ampere yang dihasilkan adalah sebesar 21.64 %. Nilai regangan tarik terendah yang dihasilkan pada sambungan las aluminium 6061 menggunakan las GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kuat arus 200 Ampere pada pengujian ketiga adalah sebesar 7.94 %. Sedangkan nilai regangan rata-rata maksimal sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) pada kampuh X yang dilakukan adalah sebesar 24.63 %.

Berdasarkan gambar 7, nilai regangan tarik yang dihasilkan pada penelitian ini telah sesuai dengan teori tegangan-regangan bahwa nilai tegangan tarik berbanding lurus dengan nilai regangan yang dihasilkan. Semakin besar nilai tegangan tarik, maka semakin besar nilai regangan tariknya.

3.1.3 Modulus Elastisitas

Tabel 7. Data Hasil Pengujian Tarik (Modulus Elastisitas)

No	Spesimen	σ Max (MPa)	Regangan (%)	E (MPa)	E (GPa)	E Rata-rata (GPa)
1	V 180-1	93.52	11.6	8062	8.06	
2	V 180-2	99.37	11.76	8450	8.45	8.255
3	V 180-3	76.01	11	6910	6.91	
4	V 200-1	154.02	24.48	6292	6.29	
5	V 200-2	145.72	20.14	7235	7.24	7.304
6	V 200-3	139.5	18.92	7373	7.37	
7	V 220-1	61.18	8.46	7232	7.23	
8	V 220-2	73.55	10.82	6798	6.8	7.014
9	V 220-3	146.37	15.36	9529	9.53	
10	X 180-1	140.04	12.1	11574	11.6	
11	X 180-2	83.72	11.12	7529	7.53	11.235
12	X 180-3	137.97	12.66	10898	10.9	
13	X 200-1	79.1	11.88	6658	6.66	
14	X 200-2	99.83	16.54	6036	6.04	6.346
15	X 200-3	64.99	7.94	8185	8.19	
16	X 220-1	151.45	27.72	5464	5.46	
17	X 220-2	116.63	21.54	5415	5.41	5.438
18	X 200-3	105.06	14.68	7157	7.16	



Gambar 8. Grafik Nilai Modulus Elastisitas

Berdasarkan gambar 8, nilai modulus elastisitas tertinggi pada sambungan las aluminium 6061 terhadap pengelasan GMAW pada kampuh V adalah sebesar 7.85 GPa dengan arus listrik sebesar 220 Ampere. Sedangkan nilai modulus elastisitas terendah pada kampuh V dihasilkan sebesar 6.291 GPa dengan arus listrik 200 Ampere. Nilai modulus elastisitas rata-rata yang dihasilkan pada sambungan las aluminium 6061 terhadap

pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh V adalah sebesar 7.541 GPa.

Pada hasil pengujian tarik dari sambungan las aluminium 6061 terhadap pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh X nilai modulus elastisitas terbesar dihasilkan pada pengujian bahan spesimen GMAW kampuh X dengan besar arus listrik 180 ampere, dengan nilai modulus elastisitas sebesar 9.99 GPa. Sedangkan nilai modulus elastisitas terendah yang dihasilkan adalah sebesar 6.011 GPa yang dihasilkan pada pengujian spesimen GMAW pada kampuh X dengan arus listrik 220 ampere. Nilai modulus elastisitas rata-rata yang dihasilkan pada hasil pengujian tarik dari sambungan las aluminium 6061 terhadap pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh X adalah sebesar 68.91 GPa.



Gambar 9. Spesimen sebelum pengujian



Gambar 10. Spesimen setelah pengujian

3.1.4 Poison Number

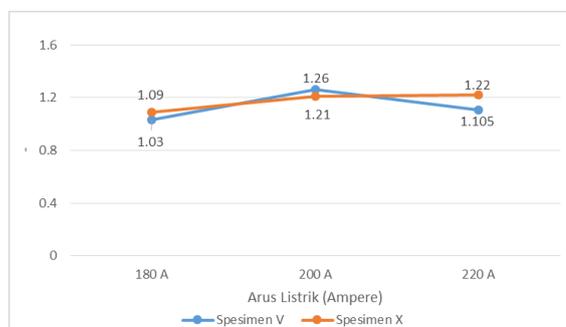
Dalam kenyataannya, setiap pemanjangan ΔL dari panjang semula L_0 akan menyebabkan penyusutan lebar $-\Delta b$, misalnya dari lebar semula b_0 . Menurut poison, persentase penyusutan lebar akan sebanding dengan persentase perpanjangannya

Berdasarkan dari hasil pengujian, nilai *Poison Number* terbesar yang didapatkan dari material aluminium 6061 dengan arus X 200

adalah sebesar 1.72 dengan nilai rata-rata *poison number* 1.36. Berdasarkan tabel nilai rata-rata terbesar terjadi pada pengujian las terjadi pada X 200 yakni 1.36.

Tabel 8. Data Hasil Perhitungan Poison Number

No	Spesimen	e		m	
		Trans	Long		Rata-rata
1	V 180-1	0.15	0.12	1.10	
2	V 180-2	0.09	0.12	0.71	1.03
3	V 180-3	0.17	0.11	1.29	
4	V 200-1	0.33	0.24	1.01	
5	V 200-2	0.39	0.20	1.39	1.23
6	V 200-3	0.32	0.19	1.28	
7	V 220-1	0.14	0.08	1.45	
8	V 220-2	0.16	0.11	1.29	1.11
9	V 220-3	0.10	0.15	0.57	
10	X 180-1	0.12	0.12	0.88	
11	X 180-2	0.15	0.11	1.20	1.09
12	X 180-3	0.18	0.13	1.20	
13	X 200-1	0.19	0.12	1.34	
14	X 200-2	0.2	0.17	1.01	1.36
15	X 200-3	0.16	0.08	1.72	
16	X 220-1	0.36	0.28	0.95	
17	X 220-2	0.39	0.22	1.30	1.25
18	X 200-3	0.28	0.15	1.51	



Gambar 11. Grafik *Poison Number*

3.2 Perbandingan Hasil Uji dengan Standar BKI

Pada hasil pengujian yang telah dilakukan, nilai kekuatan tarik pada sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan Gas Metal ARC Welding (GMAW) dengan variasi kampuh V, X dan variasi arus listrik 180 A, 200 A dan 220 A belum ada 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 Auxillary Materials", aluminium 6061 harus mempunyai standar nilai kuat tarik (Tensile Strength) ≥ 170

Mpa [12]. Nilai kekuatan tarik yang dihasilkan pada pengujian yang dilakukan pada sambungan las aluminium 6061 pada variasi kampuh dan arus memiliki kekuatan tarik rata-rata V 180 sebesar 96.445 MPa, V 200 sebesar 142.61 MPa, V 220 sebesar 67.365 MPa, X 180 sebesar 139.005 MPa, X 200 sebesar 72.045, X 220 sebesar 110.845 MPa.

Nilai tarik mengalami penurunan pada sambungan las aluminium 6061 dibandingkan dengan standar BKI dapat diakibatkan karena kualitas pengelasan yang dihasilkan ketika proses pengelasan kurang maksimal. Hal ini dapat disebabkan karena beberapa faktor diantaranya kurang optimal ketika pengelasan, dan heat input yang kurang maksimal. Oleh karena itu diperlukan ketelitian yang lebih, serta pengembangan penelitian tentang pengelasan *Gas Metal ARC Welding* yang lebih baik agar hasil yang di dapatkan bias lebih maksimal.

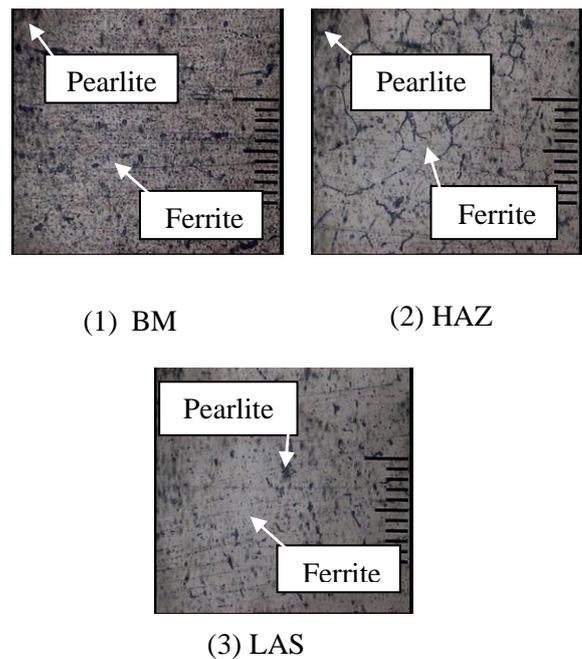
3.3 Hasil Pengujian Mikrografi

Uji mikrografi adalah proses pengujian visual yang dilakukan terhadap material dengan tujuan untuk melihat bentuk struktur mikro pada sambungan las aluminium 6061 setelah di las menggunakan pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan variasi kampuh yang berbeda yaitu kampuh V dan kampuh X.



Gambar 12. Spesimen Uji Mikrografi

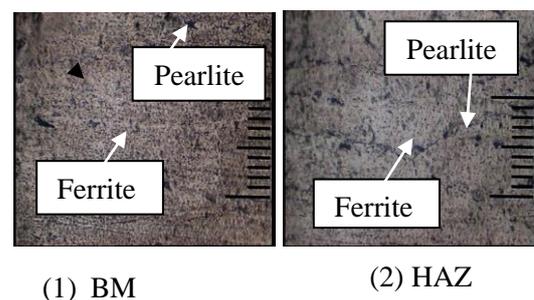
Dari pengujian mikrografi pada sambungan las aluminium 6061 setelah di las menggunakan pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding), didapatkan hasil gambar struktur mikro dari sambungan las aluminium 6061 setelah di las menggunakan pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding), yaitu :

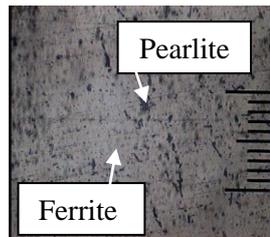


Gambar 13. Struktur Mikro Hasil Las GMAW dengan kampuh V

Dari gambar struktur mikro yang dihasilkan dari sambungan las aluminium 6061 menggunakan las GMAW (Gas Metal ARC Welding) terlihat bahwa terjadi perubahan struktur mikro pada daerah las, dimana kerapatan permukaan logam yang dihasilkan pada daerah las lebih renggang dibandingkan daerah base metal. Pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), terlihat jelas batas antara daerah base metal dengan daerah las yang memiliki bentuk permukaan yang berbeda. Hal ini disebabkan karena masukan panas (*heat input*) yang dihasilkan ketika pengelasan GMAW terlalu besar sehingga menyebabkan kerapatan permukaan yang dihasilkan pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dan daerah las membentuk rongga yang lebih besar dibandingkan pada daerah base metal.

Sedangkan hasil gambar struktur mikro dari sambungan las aluminium 6061 setelah di las menggunakan pengelasan GMAW (Gas Metal ARC Welding) dengan kampuh X yang didapat dari pengujian mikrografi adalah sebagai berikut :





(3) LAS

Gambar 14. Struktur Mikro Hasil Las GMAW dengan kampuh X

Dari hasil pengujian mikrografi pada sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan GMAW (*Gas Metal ARC Welding*) dengan kampuh X, terlihat jelas perubahan struktur mikro antara daerah base metal dengan daerah las, dimana kerapatan permukaan logam pada daerah las lebih renggang dibandingkan daerah base metal. Namun batas antara daerah base metal dengan daerah las yang terlihat pada daerah HAZ (*Heat Afected Zone*) tampak lebih halus dan menyatu

Fasa yang bisa dilihat dari keenam foto diatas adalah *ferrite* yang berwarna putih dan *pearlite* yang berwarna hitam (gelap). Fasa *ferrite* merupakan fasa yang memiliki kekuatan rendah namun memiliki keuletan yang baik. Fasa *pearlite* merupakan fasa yang memiliki kekuatan yang kuat dan cukup keras.

4 KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil setelah di lakukan 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.

Perbandingan perubahan struktur mikro Aluminium 6061 setelah di las menggunakan pengelasan GMAW yaitu dengan kampuh V memiliki tingkat kerapatan permukaan yang lebih baik dibandingkan sambungan las

aluminium 6061 yang dihasilkan dari pengelasan GMAW kampuh X, karena struktur mikro yang dihasilkan dari sambungan las aluminium 6061 menggunakan las GMAW kampuh V terlihat lebih menyatu dan dapat bersubstitusi dengan logam induk yang terlihat pada daerah HAZ (*Heat Afected Zone*)

Sambungan las aluminium 6061 menggunakan pengelasan GMAW (*Gas Metal ARC Welding*) kampuh V menghasilkan kualitas sambungan yang lebih baik dari kampuh X.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. D. S. S. Ir. Tata Surdia, M.S. Met. E, *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT.PIRAMIDA PRATAMA, 1999.
- [2] Sunaryo, H. 2008. *Teknik Pengelasan Kapal Jilid 1 untuk Sekolah Menengah Kejuruan*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [3] Susetyo, F. B., Syaripuddin, & Hutomo, S. Studi Karakteristik Hasil Pengelasan MIG. *Jurnal Mechanical*, 4(2), 13, (2013).
- [4] R. P. Putra, "Pengaruh Arus Listrik Dan Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impact Alumunium 5083 Pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)," *Pengaruh Arus List. Dan Temp. Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impact Alumunium 5083 Pengelasan GMAW (GAS Met. ARC Welding)*, vol. vol 4, p. no 1, 2016.
- [5] R. B. Majanasastra, Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming Pada Material Tembaga (Cu) C84800 Dan Aluminium Al 6063, *J. Imiah Tek. Mesin Univ. Islam 45 Bekasi*, pp. 19–29, 2016.

- [6] Wiryosumarto, H., & Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [7] Widharto, S. 2006. *Menuju Juru Las Tingkat Dunia*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [8] AusAid, *Dasae LAS MIG-MAG/ GMAW*. Batam, 2001.
- [9] Budiarsa, I.N. 2008. Pengaruh Besar Arus Pengelasan dan Kecepatan Volume Alir Gas pada Proses Las GMAW terhadap Ketangguhan Aluminium 5083. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, 2(2): 112-116.
- [10] Nnuka, E.E. & Okonji, P.O. 2015. Effect of Welding Current and Filler Metal Types on Percent Elongation of GTAW Austenitic Stainless Steel Weld Joints. *European Journal of Material Sciences*, 2(1): 26–31.
- [11] A. Nurhafid, “Analisa Pengaruh Perbedaan Feed Rate Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Aluminium 6061 Metode Pengelasan Friction Stir Welding,” *Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, pp. 473–476, 2017.
- [12] Biro Klasifikasi Indonesia, “*Rules for the Classification and Construction: Volume VI Rules for Welding*,” Jakarta, 2013.