

ANALISIS PENGARUH MEDIA PENDINGIN AIR LAUT, OLI DAN COOLANT PADA HASIL PENGELASAN GMAW MATERIAL ALUMINIUM 6061 TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN LAJU KOROSI

Achmad Irfa' Lahumud Darojad

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: achmad.18058@mhs.unesa.ac.id

Yunus

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: Yunus@unesa.ac.id

Abstrak

Aluminium semakin berkembang pesat terutama pada industri perkapalan. Pengelasan merupakan proses yang sangat penting bagi industri di Indonesia. Hasil sambungan las juga mempengaruhi kekuatan konstruksi terhadap beban, sehingga proses pendinginan pada hasil pengelasan itu penting. Pemilihan media pendinginan sangat berpengaruh terhadap kekerasan material hasil pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh media pendingin air laut, oli dan coolant pada hasil pengelasan GMAW material aluminium terhadap struktur mikro, nilai kekerasan dan laju korosi. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif. Dalam penelitian ini plat aluminium 6061 dilas GMAW dengan elektroda ER 5356 dengan diameter 1,2 mm, menggunakan arus 130 A posisi pengelasan dibawah tangan (1G) dengan media pendingin air laut, oli dan coolant, kemudian dilakukan uji struktur mikro, uji kekerasan dan uji laju korosi. Data hasil eksperimen dianalisis dengan SPSS dengan metode *one way anova* dan uji-t. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa laju pendinginan paling cepat dan nilai kekerasan paling tinggi yaitu pada media pendingin air laut dengan laju pendinginan 24,72 °C/menit dan nilai kekerasan 59,3 HV. Pada hasil laju nilai laju korosi paling rendah pada media pendingin coolant yaitu 0,261 mmpy.

Kata Kunci: Aluminium 6061, Media Pendingin, Uji Struktur Mikro, Uji Kekerasan, Uji Laju Korosi.

Abstract

Aluminum is growing rapidly, especially in the shipping industry. Welding is a very important process for industry in Indonesia. The results of the welded joint also affect the strength of the construction against the load, so the cooling process for the welding results is important. The choice of cooling media greatly influences the hardness of the welding material. This research aims to determine the effect of seawater, oil and coolant cooling media on GMAW welding results of aluminum materials on microstructure, hardness values and corrosion rates. This research is experimental research. The method used is a quantitative method. In this research, 6061 aluminum plate was GMAW welded with ER 5356 electrodes with a diameter of 1.2 mm, using a current of 130 A underhand welding position (1G) with seawater, oil and coolant cooling media, then microstructure tests, hardness tests and tests were carried out. corrosion rate. Experimental data were analyzed using SPSS using one way anova and t-test methods. The results of this research show that the fastest cooling rate and highest hardness value are seawater cooling media with a cooling rate of 24.72 °C/minute and a hardness value of 59.3 HV. In the rate results, the lowest corrosion rate value for the coolant cooling media is 0.261 mmpy.

Keywords: Aluminum 6061, Cooling Media, Microstructure Test, Hardness Test, Corrosion Rate Test.

Universitas Negeri Surabaya

PENDAHULUAN

Aluminium dan paduan aluminium merupakan material yang memiliki sifat mekanik yang baik, ringan, tahan terhadap korosi, serta merupakan konduktor listrik dan panas yang cukup baik. Paduan aluminium dalam jumlah tertentu akan meningkatkan kekerasannya. Logam ini banyak digunakan tidak hanya untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga untuk bahan konstruksi pesawat terbang, otomotif, kapal laut dan bangunan.

Ramp door merupakan jembatan yang digunakan sebagai jalur keluar masuknya kendaraan dari kapal menuju dermaga. Biasanya *ramp door* dipasang di bagian depan atau belakang kapal. Masalahnya adalah sambungan

las. Pengelasan aluminium dapat meningkatkan resiko korosi jika tidak dilakukan dengan benar. Aluminium sendiri cukup tahan terhadap korosi akibat terbentuknya lapisan oksida yang melindungi permukaannya. Namun pada saat proses pengelasan aluminium, lapisan oksida ini dapat terganggu dan mengakibatkan rentan terhadap korosi.

Metode pengelasan yang banyak digunakan dalam industri untuk material aluminium adalah GMAW. Pengelasan GMAW merupakan proses penyambungan logam dengan cara memanaskan dan meleburkan logam menggunakan busur listrik. Proses pengelasan menyebabkan siklus termal yang cepat pada area *Heat Affected Zone* (HAZ) dan logam las sehingga dapat

meningkatkan laju korosi karena logam mengalami perubahan sifat fisik, metalurgi kompleks, deformasi dan tegangan termal. Pelat yang akan disambung atau dilas lebih rentan terhadap korosi karena material mengalami rekristalisasi pada saat proses pengelasan yang dapat mengubah sifat mekanik dan laju korosi pada struktur yang direkayasa. Untuk itu perlu dilakukan perawatan pasca pengelasan, salah satunya adalah *quenching*. Untuk mendapatkan hasil *quenching* dengan ketahanan korosi yang baik maka perlu diketahui media pendingin yang optimal pada proses *quenching*. Media pendingin yang menghasilkan pendinginan terlalu cepat dapat meningkatkan sifat getas sehingga kemungkinan terjadinya keretakan semakin tinggi sehingga dapat memicu terjadinya korosi.

Korosi merupakan fenomena yang terjadi secara alami, pengaruhnya dialami oleh hampir semua zat dan diatur oleh perubahan energi yang terjadi. Pada bab lain, korosi juga diartikan sebagai penurunan kualitas logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Logam bertindak sebagai sel penyedia elektron (anoda) dan lingkungan bertindak sebagai (katoda). Cara menentukan tahan atau tidaknya suatu material terhadap lingkungan korosif dapat dilakukan dengan menghitung laju korosi. Pengertian laju korosi sendiri merupakan suatu besaran yang menyatakan mudah atau tidaknya suatu material berinteraksi dengan lingkungannya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada proposal skripsi ini penulis akan membahas tentang pengaruh media pendingin air laut, oli dan *coolant* pada hasil pengelasan GMAW material aluminium 6061 terhadap nilai kekerasan dan laju korosi. Pada penelitian ini menggunakan teknik *quenching*. Media pendingin yang digunakan adalah air laut, oli dan *coolant*. Pengujian dan penelitian ini membahas tentang struktur mikro, nilai kekerasan dan laju korosi, sehingga diharapkan setelah melakukan pengujian dan penelitian ini, akan di hasilkan suatu data yang tepat dan akurat untuk pemilihan media pendingin yang baik, sehingga akan menghasilkan pengelasan yang baik dan sesuai dengan sifat mekanik hasil pengelasan yang di inginkan.

METODE.

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Metode eksperimen yang dilakukan dengan meneliti tentang pengaruh variasi media pendingin air laut, oli dan *coolant* pada hasil pengelasan GMAW dengan elektroda ER 5356, diameter 1,2 mm, menggunakan arus 130 A pada aluminium 6061. kemudian dilakukan uji struktur mikro, uji kekerasan dan uji laju korosi. Penelitian ini dilakukan dalam kondisi dan peralatan yang sudah disesuaikan.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat Penelitian
Penelitian dilakukan di berbagai tempat, antara lain :
 - Bengkel Politeknik Perkapalan Surabaya, sebagai tempat pengelasan dan pembuatan benda uji (spesimen).

- Laboratorium Politeknik Negeri Malang sebagai tempat pengujian struktur mikro
- Laboratorium Politeknik Negeri Malang sebagai tempat pengujian kekerasan.
- Laboratorium Korosi – Jurusan Teknik Material Metalurgi ITS, surabaya sebagai tempat pengujian laju korosi.

- Waktu Penelitian
Penelitian dilaksanakan setelah seminar proposal disetujui dan telah dilakukan revisi.

Variabel Penelitian

- Variabel bebas
Variasi bebas dalam penelitian ini adalah variasi media pendingin air laut, oli, dan *coolant*.
- Variabel terikat
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kekerasan, struktur mikro dan laju korosi.
- Variabel kontrol
Variabel kontrol pada penelitian ini adalah:
 - Aluminium 6061
 - *filler metal* ER 5356 dengan diameter 1,2 mm.
 - Arus 130 A
 - Pengelasan GMAW
 - *Metallurgical Microscope with Inverted*
 - Alat Uji Kekerasan *Vickers*
 - Alat Sel Tiga Elektroda

Spesimen Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium 6061. Berikut merupakan spesifikasi bahan pada uji struktur mikro, uji kekerasan dan uji laju korosi:

- Panjang : 50 mm
- Lebar : 25 mm
- Tebal : 6 mm

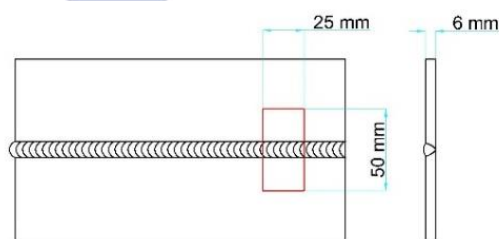
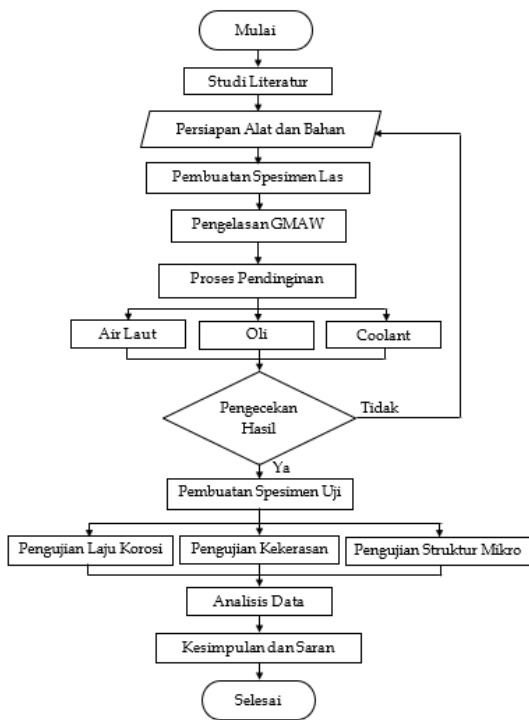


Diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Teknik Analisa Data

Analisis data dilakukan dengan cara mengkaji data hasil pengujian kekerasan *Vickers* dalam bentuk nilai, kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Selanjutnya dilakukan pengujian statistik dengan menggunakan Anova satu arah (*Analysis of Variance*) dengan menggunakan aplikasi SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Data Hasil Laju Pendinginan

Pada pengamatan laju pendinginan ini, dilakukan pada produk las yang sebelumnya dilakukan *quenching* pada media pendingin yang berbeda. Pengambilan data dilakukan dengan selang waktu pengambilan data 15 menit setelah produk di celup dari media pendingin. Alat bantu yang digunakan untuk mengambil data atau mengukur temperatur adalah *thermogun*.

Tabel 1. Data Hasil Penurunan Temperatur Dengan Variasi Media Pendingin

Media Pendingin	Waktu (Menit)	Temperatur (°C)	
		T1	T2
Air Laut	15	410	39
Oli	15	410	63
Coolant	15	410	69

Perhitungan laju pendinginan hasil las dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta P = \frac{\Delta T}{t}$$

$$= \frac{T1 - T2}{t}$$

Dimana :

ΔP = Laju Pendinginan (°C/menit)

T1 = Temperatur Awal (°C)

T2 = Temperatur Akhir (°C)

t = Waktu Pendinginan (menit)

Sehingga didapatkan nilai laju pendinginan untuk pengelasan dengan media pendingin air laut adalah:

$$\Delta P = \frac{(410 - 39)^\circ\text{C}}{15 \text{ menit}}$$

$$= \frac{376^\circ\text{C}}{15 \text{ menit}}$$

$$= 24,72 \text{ }^\circ\text{C/menit}$$

Nilai laju pendinginan untuk pengelasan dengan media pendingin oli adalah:

$$\Delta P = \frac{(410 - 63)^\circ\text{C}}{15 \text{ menit}}$$

$$= \frac{343^\circ\text{C}}{15 \text{ menit}}$$

$$= 23,12 \text{ }^\circ\text{C/menit}$$

Nilai laju pendinginan untuk pengelasan dengan media pendingin *Coolant* adalah:

$$\Delta P = \frac{(410 - 69)^\circ\text{C}}{15 \text{ menit}}$$

$$= \frac{275^\circ\text{C}}{15 \text{ menit}}$$

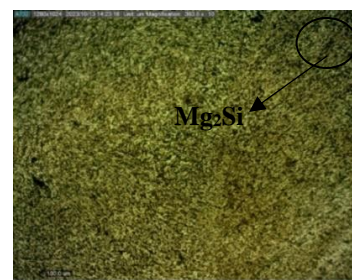
$$= 22,72 \text{ }^\circ\text{C/menit}$$

Hasil Uji Struktur Mikro

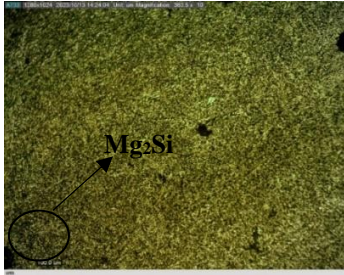
Dari hasil uji struktur mikro yang telah dilakukan pada aluminium 6061 setelah proses *quenching* pada media pendingin air laut, oli dan *coolant*. Daerah yang diuji foto struktur mikronya adalah *weld metal* (daerah las), HAZ (*Heat Affect Zone*), dan *base metal* (logam induk).



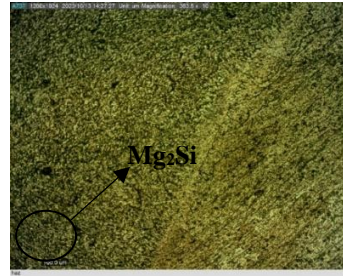
Gambar 2. Struktur mikro daerah *base metal* dengan media pendingin air laut



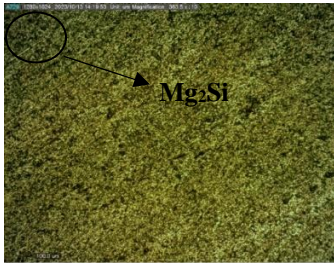
Gambar 3. Struktur mikro daerah HAZ dengan media pendingin air laut



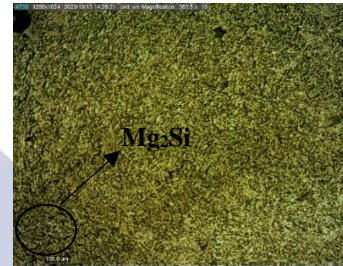
Gambar 4. Struktur mikro daerah *weld metal* dengan media pendingin air laut



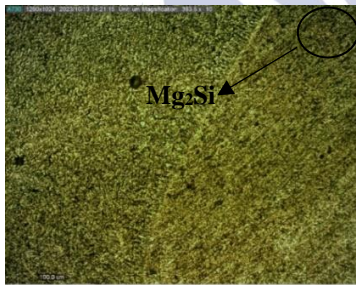
Gambar 9. Struktur mikro daerah HAZ dengan media pendingin *coolant*



Gambar 5. Struktur mikro daerah *base metal* dengan media pendingin oli

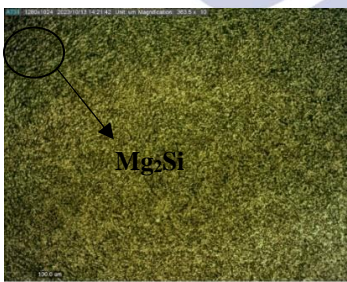


Gambar 10. Struktur mikro daerah *weld metal* dengan media pendingin *coolant*



Gambar 6. Struktur mikro daerah HAZ dengan media pendingin oli

Berdasarkan foto mikro hasil pengelasan GMAW aluminium 6061 diatas diperoleh kandungan Mg_2Si . Perubahan Fasa terjadi pada daerah *base metal*, HAZ dan *weld metal*. Struktur mikro yang terbentuk yang lebih dominan diantaranya adalah Mg_2Si . Pada daerah *base metal*, HAZ dan *weld metal* pada pendingin air laut, oli dan *coolant* fasa yang terbentuk lebih banyak yaitu pada daerah *weld metal* sehingga meningkatkan kekuatan mekanik material tersebut.



Gambar 7. Struktur mikro daerah *weld metal* dengan media pendingin oli

Hasil Uji Kekerasan

Spesimen yang diuji kekerasan *Vickers* adalah material jenis aluminium 6061 yang sebelumnya telah dilas dengan menggunakan las MIG (*Metal Inert Gas*). Setelah dilas kemudian spesimen dilakukan pendinginan dengan media pendingin yang berbeda yaitu air laut, oli, dan *coolant*. Dalam proses uji kekerasan, jumlah spesimen yang diuji ada tiga spesimen pada setiap media pendingin yang digunakan. Dimana di setiap spesimen ada 9 titik yang diuji kekerasannya yaitu 3 titik pada daerah *weld metal*, 3 titik pada daerah HAZ (*Heat Affect Zone*), dan 3 titik pada daerah *base metal*. Hal ini dilakukan agar data yang dihasilkan baik dan valid. Data hasil uji kekerasan disajikan dalam tabel berikut.



Gambar 8. Struktur mikro daerah *base metal* dengan media pendingin *coolant*

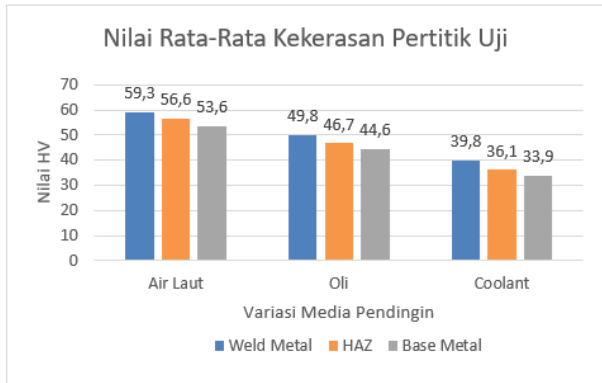
$$HV = 1.8544 \times \frac{F}{d^2}$$

Keterangan:

- HV : Angka kekerasan *Vickers*
- F : Beban (kgf)
- d : Diagonal (mm)

Tabel 2. Hasil Uji Kekerasan *Vickers*

Mark Of Material	Media Pendingin	Lokasi	Identasi			Rata-Rata
			Ke-1	Ke-2	Ke-3	
A1	Air Laut	Weld Metal	59,8	58,6	59,4	59,3
		HAZ	57,4	55,8	56,6	56,6
		Base Metal	54,4	52,8	53,6	53,6
A2	Oli	Weld Metal	51,8	47,6	49,9	49,8
		HAZ	47,9	45,4	46,8	46,7
		Base Metal	45,6	43,8	44,8	44,6
A3	Coolant	Weld Metal	41,4	37,2	41,2	39,8
		HAZ	36,8	34,8	36,6	36,1
		Base Metal	34,6	32,8	34,2	33,9



Gambar 11. Grafik Perbandingan Nilai Rata-Rata Kekerasan Pertitik Uji

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai kekerasan di setiap daerah ujinya. Daerah *weld metal*, HAZ, dan *base metal* memiliki nilai kekerasan yang tinggi pada variasi media *quenching* air laut dengan rata-rata sebesar 59,3 HV pada daerah *weld metal*, sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada variasi media *quenching coolant* dengan rata-rata sebesar 33,9 HV pada daerah *base metal*.

Adanya perbedaan nilai kekerasan pada setiap daerah pengelasan ini disebabkan media *quenching* yang berbeda-beda sehingga laju pendinginan yang terjadi pada masing-masing spesimen pun juga berbeda-beda.

Tabel 3. Hasil Anova Nilai Kekerasan

ANOVA					
Pengerasan	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1777.647	2	888.824	121.352	.000
Within Groups	175.784	24	7.324		
Total	1953.432	26			

Berdasarkan hasil uji Anova diatas diperoleh nilai F hitung sebesar 121.352 dengan nilai Sig. 0,000 dan F tabel sebesar 3.40. Nilai F hitung lebih besar daripada F tabel maka dapat disimpulkan bahwa Ho ditolak dan Ha diterima yang berarti koefisien korelasi signifikan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang signifikan pada nilai kekerasan akibat proses *quenching* dengan media air laut, oli dan *coolant* pada aluminium 6061.

Tabel 4. Hasil SPSS Uji T Nilai Kekerasan

NO	Variasi	Mean	Std. Deviation	t	Sig.(2-tailed)	Ket.
1	Air Laut	56.489	2.5379	7.849	0.000	Ada Perbedaan Signifikan
	Oli	47.067	2.5549	7.849		
2	Air Laut	56.489	2.5379	15.165	0.000	Ada Perbedaan Signifikan
	Coolant	36.622	3.0007	15.165		
3	Oli	47.067	2.5549	7.950	0.000	Ada Perbedaan Signifikan
	Coolant	36.622	3.0007	7.950		

Berdasarkan hasil uji T dalam tabel diatas diperoleh hipotesis minor sebagai berikut:

1) Hipotesis Minor 1:

Berdasarkan hasil uji T pada tabel diatas diperoleh t hitung sebesar 7,849 dengan signifikasi sebesar 0,00 lebih kecil dari taraf signifikasi yang ditetapkan sebesar 0,05. Maka Ha diterima dengan Ho ditolak. Sehingga disimpulkan bahwa ada perbedaan pengaruh yang signifikan hasil las MIG (*Metal Inert Gas*) aluminium 6061 terhadap nilai kekerasan antara variasi *quenching* air laut dan oli dimana nilai kekerasan pada media *quenching* air laut lebih tinggi dibandingkan dengan media *quenching* oli.

2) Hipotesis Minor 2:

Berdasarkan hasil uji T pada tabel diatas diperoleh t hitung sebesar 15,165 dengan signifikasi sebesar 0,00 lebih kecil dari taraf signifikasi yang ditetapkan sebesar 0,05. Maka Ha diterima dengan Ho ditolak. Sehingga disimpulkan bahwa ada perbedaan pengaruh yang signifikan hasil las MIG (*Metal Inert Gas*) aluminium 6061 terhadap nilai kekerasan antara variasi *quenching* air laut dan *coolant* dimana nilai kekerasan pada media *quenching* air laut lebih tinggi dibandingkan dengan media *quenching coolant*.

3) Hipotesis Minor 3:

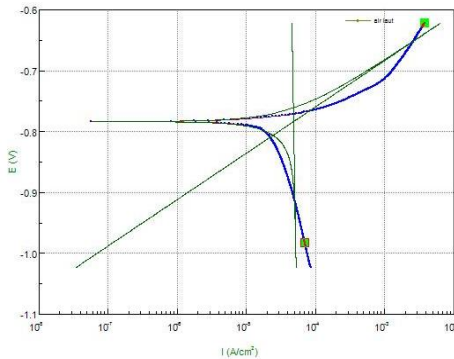
Berdasarkan hasil uji T pada tabel diatas diperoleh t hitung sebesar 7,950 dengan signifikasi sebesar 0,00 lebih kecil dari taraf signifikasi yang ditetapkan sebesar 0,05. Maka Ha diterima dengan Ho ditolak. Sehingga disimpulkan bahwa ada perbedaan pengaruh yang signifikan hasil las MIG (*Metal Inert Gas*) aluminium 6061 terhadap nilai kekerasan antara variasi *quenching* oli dan *coolant* dimana nilai kekerasan pada media *quenching* oli lebih tinggi dibandingkan dengan media *quenching coolant*.

Hasil Uji Laju Korosi

Pada spesimen uji hasil las dengan media pendingin air laut mendapatkan hasil perhitungan prediksi korosi dari software NOVA yaitu nilai potensial -0.783 V, kerapatan arus 48.53 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, prediksi laju korosi 0.568 mmpy dan Diagram Tafel. Tabel dibawah ini menunjukkan hasil dan Diagram Tafel spesimen uji hasil las GMAW dengan media pendingin air laut.

Tabel 5. Output Software NOVA Pendingin Air Laut

E_{corr} (V)	i_{corr} ($\mu A/cm^2$)	Corrosion rate (mmpy)
-0.783	48.53	0.568

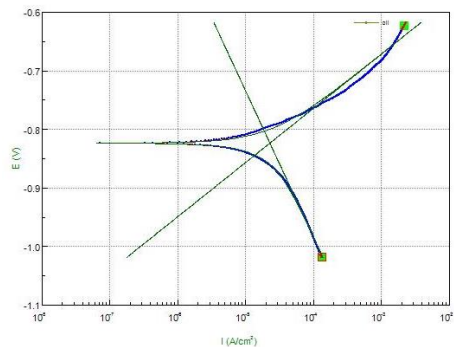


Gambar 12. Diagram Tafel Media Pendingin Air Laut

Pada spesimen uji hasil las dengan media pendingin oli mendapatkan hasil perhitungan prediksi korosi dari software NOVA yaitu nilai potensial -0.823 V, kerapatan arus 22.93 $\mu A/cm^2$, prediksi laju korosi 0.267 mmpy dan Diagram Tafel. Tabel dibawah ini menunjukkan hasil dan Diagram Tafel spesimen uji hasil las GMAW dengan media pendingin oli.

Tabel 6. Output Software NOVA Pendingin Oli

E_{corr} (V)	i_{corr} ($\mu A/cm^2$)	Corrosion rate (mmpy)
-0.823	22.93	0.267

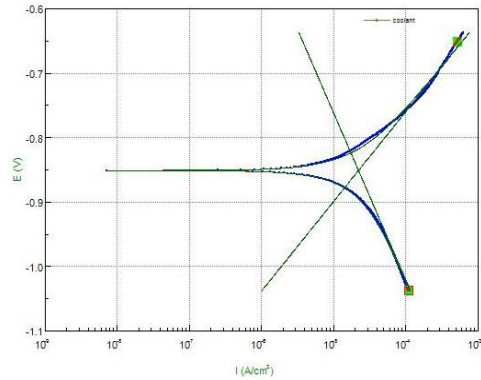


Gambar 13. Diagram Tafel Media Pendingin Oli

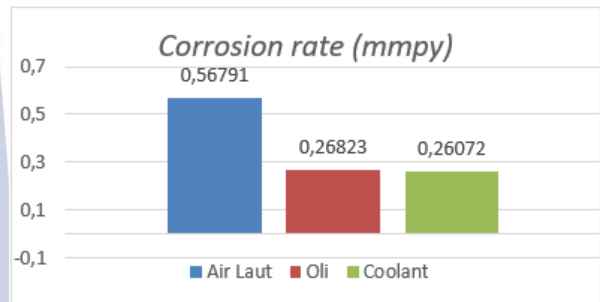
Pada spesimen uji hasil las dengan media pendingin air laut mendapatkan hasil perhitungan prediksi korosi dari software NOVA yaitu nilai potensial -0.852 V, kerapatan arus 22.28 $\mu A/cm^2$, prediksi laju korosi 0.261 mmpy dan Diagram Tafel. Tabel dibawah ini menunjukkan hasil dan Diagram Tafel spesimen uji hasil las GMAW dengan media pendingin coolant

Tabel 7. Output Software NOVA Pendingin Coolant

E_{corr} (V)	i_{corr} ($\mu A/cm^2$)	Corrosion rate (mmpy)
-0.852	22.28	0.261



Gambar 14. Diagram Tafel Media Pendingin Coolant



Gambar 15. Laju Korosi Variasi Media Pendingin

Hasil pengelasan pada spesimen menggunakan media pendingin air laut memiliki laju korosi 0.568 mmpy dikategorikan sebagai *fair*. Hasil pengelasan pada spesimen menggunakan media pendingin oli memiliki laju korosi 0.267 mmpy dikategorikan sebagai *Good*. Pada hasil pengelasan spesimen menggunakan media pendingin coolant memiliki prediksi laju korosi 0.261 dikategorikan sebagai *Good*.

PEMBAHASAN
Uji Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro hasil pengelasan GMAW terhadap bahan aluminium 6061 dilakukan pada daerah *base metal*, HAZ dan *weld metal*. Adapun daerah base metal merupakan daerah yang mana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur dan sifat, HAZ (*Heat Effect Zone*) merupakan daerah material yang masih terpengaruh oleh panas pengelasan GMAW, dan *weld metal* merupakan daerah endapan las dari aluminium yang mencair saat pengelasan dan kemudian membeku. Berdasarkan struktur mikro terdapat struktur yang terdiri dari $Al_{18}Mg_3Cr_2$, Al_6Mn , dan Mg_2Si . Dimana yang paling terlihat adalah fase Mg_2Si yang berwarna biru kehitaman dan berbentuk seperti *Chinese script* yakni panjang dan meliuk-liuk. Sedangkan $Al_{18}Mg_3Cr_2$ dan Al_6Mn berwarna putih keabu-abuan yang terletak merata pada spesimen Aluminium, Untuk penjelasan hasil uji struktur mikro yang terbentuk setelah pendinginan 3 variasi media, sebagai berikut:

• **Media Pendingin Air Laut**

- Struktur mikro pada daerah *base metal* terlihat kandungan Mg_2Si dan Al_6Mn . Kandungan Mg_2Si berukuran lebih besar dan mendominasi daripada Al_6Mn . Namun tidak ada perubahan partikel, jadi perubahan fasa tetap.
- Struktur mikro pada daerah HAZ terlihat kandungan Al_6Mn lebih terlihat diantara Mg_2Si yang mulai merata. Perubahan ukuran Mg_2Si terjadi karena faktor pemasukan panas yang mulai merambat dari *weld metal*, daerah HAZ disebut juga daerah transisi karena daerah tersebut mulai terkena pengaruh panas pengelasan, sehingga memiliki kekuatan mekanik tinggi.
- Struktur mikro pada daerah *weld metal* terlihat Mg_2Si lebih dominan dari pada Al_6Mn . Mg_2Si semakin halus cenderung dan semakin memperbanyak batas butir. Banyaknya Mg_2Si membuat gerakan dislokasi semakin sulit juga akan meningkatkan sifat mekanik dari material.

• **Media Pendingin Oli**

- Struktur mikro pada daerah *base metal* terlihat kandungan Mg_2Si dan Al_6Mn . Kandungan Mg_2Si berukuran lebih besar dan mendominasi daripada Al_6Mn . Namun tidak ada perubahan partikel, jadi perubahan fasa tetap.
- Struktur mikro pada daerah HAZ terlihat kandungan Al_6Mn lebih terlihat diantara Mg_2Si yang mulai merata. Perubahan ukuran Mg_2Si terjadi karena faktor pemasukan panas yang mulai merambat dari *weld metal*, daerah HAZ disebut juga daerah transisi karena daerah tersebut mulai terkena pengaruh panas pengelasan, sehingga memiliki kekuatan mekanik tinggi.
- Struktur mikro pada daerah *weld metal* terlihat Mg_2Si lebih dominan dari pada Al_6Mn . Mg_2Si semakin halus cenderung dan semakin memperbanyak batas butir. Banyaknya Mg_2Si membuat gerakan dislokasi semakin sulit juga akan meningkatkan sifat mekanik dari material. Hasil lasan memiliki kekuatan mekanik yang tinggi.

• **Media Pendingin Coolant**

- Struktur mikro pada daerah *base metal* terlihat kandungan Mg_2Si dan Al_6Mn . Ukuran Mg_2Si berukuran lebih besar dan mendominasi daripada Al_6Mn . Namun tidak ada perubahan partikel, jadi perubahan fasa tetap.
- Struktur mikro pada daerah HAZ terlihat kandungan Al_6Mn lebih terlihat diantara Mg_2Si yang mulai merata. Perubahan ukuran Mg_2Si terjadi karena faktor pemasukan panas yang mulai merambat dari *weld metal*, daerah HAZ disebut juga daerah transisi karena daerah tersebut mulai terkena pengaruh panas

pengelasan, sehingga memiliki kekuatan mekanik tinggi.

- Struktur mikro pada daerah *weld metal* terlihat Mg_2Si lebih dominan dari pada Al_6Mn . Mg_2Si semakin halus cenderung dan semakin memperbanyak batas butir. Banyaknya Magnesium juga akan meningkatkan kekerasan dari material.

Uji Kekerasan

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai kekerasan di setiap daerah ujinya. Daerah *weld metal*, HAZ, dan *base metal* memiliki nilai kekerasan yang tinggi pada variasi media *quenching* air laut dengan rata-rata sebesar 59,3 HV pada daerah *weld metal*, sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada variasi media *quenching coolant* dengan rata-rata sebesar 33,9 HV pada daerah *base metal*.

Adanya perbedaan nilai kekerasan pada setiap daerah pengelasan ini disebabkan media *quenching* yang berbeda-beda sehingga laju pendinginan yang terjadi pada masing-masing spesimen pun juga berbeda-beda.

Selain itu, naik turunnya nilai kekerasan juga didukung oleh hasil uji struktur mikro yang menunjukkan bahwa:

- Pada daerah *weld metal* banyak terdapat struktur Mg_2Si dibandingkan daerah HAZ dan *base metal* sehingga daerah *weld metal* bersifat lebih keras.
- Pada daerah HAZ terlihat kandungan Al_6Mn lebih terlihat diantara Mg_2Si yang mulai merata. Perubahan ukuran Mg_2Si terjadi karena faktor pemasukan panas yang mulai merambat dari *weld metal*, daerah HAZ disebut juga daerah transisi karena daerah tersebut mulai terkena pengaruh panas pengelasan, sehingga memiliki kekuatan mekanik tinggi.
- Pada daerah *base metal* terlihat kandungan Mg_2Si dan Al_6Mn . Ukuran Mg_2Si berukuran lebih besar dan mendominasi daripada Al_6Mn .

Uji Laju Korosi

Spesimen hasil pengelasan menggunakan variasi media pendingin air laut memiliki prediksi laju korosi paling rendah. Bila dibandingkan dengan spesimen uji hasil pengelasan dengan variasi media pendingin oli, laju korosi turun tidak terlalu signifikan. Sedangkan bila dibandingkan dengan spesimen uji hasil pengelasan dengan media pendingin air laut laju korosi turun hingga dua kali lipat. Dalam hal ini Semakin kecil nilai laju korosi suatu material, sifat ketahanan korosinya semakin baik. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Adanya proses *quenching* memiliki pengaruh pada laju korosi karena proses pendinginan dapat mempengaruhi struktur mikro dan sifat korosif dari material. Semakin rendah nilai laju korosi suatu material, sifat ketahanan korosinya semakin baik. Pada hasil laju laju korosi paling rendah yaitu pada media pendingin *coolant* yaitu 0,261 mmpp, sedangkan

laju korosi paling tinggi yaitu pada media pendingin air laut yaitu 0,568 mmpy.

Dari hasil menunjukkan bahwa media pendingin air laut yang memiliki nilai kekerasan tinggi memiliki laju korosi yang rendah dikarenakan pada media pendingin air laut memiliki sanlisis larutan garam yang tinggi sehingga meningkatkan laju korosi yang tinggi, sedangkan pada media pendingin coolant memiliki laju korosi yang rendah dikarenakan pada media pendingin coolant terdapat *inhibitor corrotion* yang menghambat laju korosi. Sehingga media pendingin coolant memiliki ketahanan korosi yang baik dan mempunyai laju korosi yang rendah.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari pengujian bahan dan analisa data serta pembahasan analisis pengaruh media pendingin air laut, oli dan coolant pada hasil pengelasan GMAW material aluminium 6061 terhadap nilai kekerasan dan laju korosi, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Adanya proses *quenching* dengan menggunakan media pendingin air laut, oli dan coolant pasca pengelasan GMAW berpengaruh terhadap struktur mikro aluminium 6061. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada daerah *weld metal* terdapat Mg₂Si yang halus dan merata dibandingkan daerah *base metal* dan HAZ sehingga memiliki nilai kekerasan tinggi, semakin banyak struktur mikro Mg₂Si yang halus dan merata maka nilai kekerasan semakin tinggi, begitu pula sebaliknya.
- Adanya proses *quenching* dengan menggunakan media pendingin air laut, oli dan coolant berpengaruh terhadap nilai kekerasan aluminium 6061. Semakin cepat laju pendinginan maka nilai kekerasan aluminium 6061 semakin tinggi, sedangkan semakin lambat laju pendinginan maka nilai kekerasan aluminium 6061 semakin rendah. Nilai kekerasan tertinggi aluminium 6061 terdapat pada daerah *weld metal* dengan media *quenching* air laut dengan rata-rata sebesar 59,3 HV, sedangkan nilai kekerasan terendah aluminium 6061 terdapat pada daerah *base metal* dengan media *quenching* coolant dengan rata-rata sebesar 33,9HV.
- Adanya proses *quenching* memiliki pengaruh pada laju korosi karena proses pendinginan dapat mempengaruhi struktur mikro dan sifat korosif dari material. Semakin rendah nilai laju korosi suatu material, sifat ketahanan korosinya semakin baik. Pada hasil laju laju korosi paling rendah yaitu pada media pendingin coolant yaitu 0,261 mmpy, sedangkan laju korosi paling tinggi yaitu pada media pendingin air laut yaitu 0,568 mmpy. Dari hasil menunjukkan bahwa media pendingin air laut yang memiliki nilai kekerasan tinggi memiliki laju korosi yang rendah dikarenakan pada media pendingin air laut memiliki sanlisis larutan garam yang tinggi

sehingga meningkatkan laju korosi yang tinggi, sedangkan pada media pendingin coolant memiliki laju korosi yang rendah dikarenakan pada media pendingin coolant terdapat *inhibitor corrotion* yang menghambat laju korosi sehingga pada media pendingin coolant memiliki ketahanan korosi yang baik.

Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Untuk mendapatkan nilai kekerasan tinggi pasca pengelasan disarankan menggunakan media *quenching* air laut.
- Pada penelitian ini terbatas hanya mengetahui struktur mikro kekerasan dan laju korosi saja, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui sifat mekanis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambar Isworo. (2020). Analisis Perbandingan Kekuatan Impak, Tarik, Tekuk dan Mikrogafi Pada Aluminium 606. Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro Semarang.
- Chamberlain & Trethewey. (1991). Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Connor, L. P. (1987). *Welding Handbook*. Vol. I: *Welding Technology*. In *American Welding Society*
- Fontana. 1986. *Corrosion Engineering Hand Book*. Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- Mikail Rizki. (2018). Analisis Pengaruh Variasi Elektroda Pada Pengelasan Aluminium 5083 Dengan 6061 Terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro, dan Prediksi Korosi. Teknik ITS.
- Olson. (1993). *Welding, Brazing, and Soldering Volume 6 of the Asm Handbook*. *Asm International*.
- Rajan, T., & Sharma, A. (2011). *Heat Treatment: Principles and Techniques, 2nd Edition*. In *PHI Learning Private Limited*.
- Rokhim. (2018). Desain *Ramp Door* pada Haluan Kapal Motor Cepat 38 Meter. *Undergraduate thesis*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sonawan, H., & Suratman, R. (2003). Pengantar untuk Memahami Proses Pengelasan Logam. Bandung.
- Surdia, T., & Saito. (1985) Pengetahuan Bahan Teknik. Pradya Paramita. Jakarta
- Totten, G. E. (2003). *Handbook of Aluminium. Volume 1 Physical Metallurgy and Processes*, Marcel Dekker Inc. New York.
- Wirjosumarto, H. dan Okumura, T., 2000, Teknologi Pengelasan Logam. Cetakan kedelapan, Jakarta.
- Zaid, B., Saidi, D., Benzaid, A., & Hadji, S. (2008). *Effects of pH and chloride concentration on pitting corrosion of AA6061 aluminum alloy*. *Corrosion Science*.