

LAPORAN
PENELITIAN STTNAS



PENGARUH ARUS PROSES LAS TIG TERHADAP KEKUATAN IMPAK
DAN KETAHANAN KOROSI ALUMINIUM PADUAN

DISUSUN OLEH :

Ketua Peneliti : Ir. Wartono, M.Eng.

NIDN : 0015116201

Dibiayai Melalui Bantuan Dana Penelitian Dari STTNAS Yogyakarta
Semester Genap Tahun Anggaran 2017 /2018

JURUSAN TEKNIK MESIN
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA
2018

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN INTERNAL

1. **Judul Penelitian** : **PENGARUH ARUS PROSES LAS TIG TERHADAP KEKUATAN IMPAK DAN KETAHANAN KOROSI ALUMINIUM PADUAN**
2. **Kode / Rumpun Ilmu** : **431 / TEKNIK MESIN**
3. **Ketua Peneliti :**
- a. Nama lengkap : Ir. Wartono, M.Eng.
 - b. NIDN : 0015116201
 - c. Jabatan Fungsional : Lektor (200 AK)
 - d. Program Studi : Teknik Mesin
 - e. Nomor HP : 08164225377
 - f. Alamat surel (e-mail) : wartono_sttnas@yahoo.com
- Anggota Peneliti :**
- a. Nama lengkap : -
 - b. NIDN : -
 - c. Perguruan Tinggi : -
4. **Lokasi Penelitian** : STTNAS, UGM dan Inlastek Surakarta
5. **Lama penelitian** : 4 (empat) bulan
6. **Biaya Penelitian** : - Dana internal PT Rp. 5.000.000,-
- Dana lain Rp. 8.800.000,-

Yogyakarta, 31 Agustus 2018

Menyetujui,
Kepala P3M STTNAS

Dr. Ani Tjitra Handayani, S.T., M.T.
NIK : 9730078



Ketua Peneliti,

Ir. Wartono, M.Eng.
NIP : 196211151994031001

Mengetahui,
Ketua STTNAS

Dr. Ir. H. Irham, M.T.
NIK : 19730070



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan ridho-Nya sehingga penelitian dan laporan hasil Penelitian yang berjudul "Pengaruh Arus Proses Las TIG Terhadap Kekuatan Impak dan Ketahanan Korosi Aluminium Paduan, ini dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini merupakan penelitian yang didasari oleh keinginan penulis untuk mengembangkan ilmu pengetahuan rekayasa material khususnya terkait dengan pengelasan. Hasil penelitian diharapkan dapat berguna bagi pelaku industri otomotif, industri pesawat dan industri kapal laut yang menggunakan material aluminium paduan.

Berbagai pihak telah turut membantu dari saat persiapan hingga terselesaikannya laporan penelitian ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ketua Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah memberikan penugasan penelitian.
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
3. Kepala dan segenap staf P3M STTNAS Yogyakarta.
4. Kepala Laboratorium Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
5. Istriku Istiria Indarina, S.Sos., M.M., dan anakku Karina Dita Mandasari atas dukungan serta doanya.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga segala amal kebaikan yang diberikan kepada penulis, diberikan balasan pahala yang berlipat ganda dari Allah SWT. Amin.

Yogyakarta, 31 Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
INTISARI.....	ix
DAFTAR SINGKATAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Hipotesis.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Landasan Teori	5
2.2.1 Aluminium	5
2.2.2 Sifat Mekanik Alumunium Paduan	7
2.2.3 Klasifikasi Paduan Aluminium	8
2.2.4 Aluminium Paduan Seri 6xxx	10
2.2.5 Sifat Mampu Las Aluminium.....	11
2.3 Pengelasan	14
2.3.1 Definisi Pengelasan	14
2.3.2 Pengelasan TIG (<i>Tungsten Inert Gas</i>).....	15
2.3.3 Metalurgi Las	18
2.3.4 Logam pengisi (<i>filler</i>)	19
2.4 Pengujian Bahan.....	20
2.5 Pengujian-pengujian.....	21
2.5.1 Pengujian Komposisi	21

2.5.2 Pengujian <i>Impact</i> (dengan Metode Charpy).....	21
2.5.3 Pengujian Struktur Mikro.....	24
2.5.4 Pengujian Korosi.....	25
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	31
3.1 Tujuan Penelitian.....	31
3.2 Manfaat Penelitian.....	31
BAB IV METODE PENELITIAN	32
4.1 Diagram Alir Penelitian	32
4.2 Bahan Penelitian.....	32
4.3 Peralatan penunjang	34
4.4 Prosedur Penelitian	34
4.4.1 Proses Pengelasan	34
4.4.2 Pengujian Struktur Mikro	34
4.4.3 Pengujian <i>Impact</i>	35
4.4.4 Pengujian laju korosi	36
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
5.1 Material	38
5.2 Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro	38
5.3 Analisis Hasil Pengujian Korosi	42
5.4 Analisis Hasil Pengujian Impak	47
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	50
6.1 Kesimpulan.....	50
6.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat-sifat fisik aluminium	6
Tabel 2.2. Sifat-sifat mekanik aluminium	9
Tabel 2.3. Penggunaan mesin las TIG untuk beberapa logam	17
Tabel 2.4. Identitas Warna dan Elemen Paduan	17
Tabel 2.5. Pemilihan logam pengisi (<i>filler</i>) dalam pengelasan aluminium	19
Tabel 2.6. Komposisi kimia filler seri 4xxx dan 5xxx	20
Tabel 4.7. Perbandingan Mpy dan Metric	37
Tabel 5.8. Hasil pengujian komposisi kimia (dalam % wt).....	38
Tabel 5.9. Hasil pengujian korosi aluminium paduan	45
Tabel 5.10. Tingkat ketahanan korosi berdasarkan harga MPY	46
Tabel 5.11. Hasil Pengujian Impak Spesimen Aluminium Paduan	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. Diagram fasa paduan Al-Mg-Si	11
Gambar 2-2. Terjadinya lubang halus dalam pengelasan aluminium	13
Gambar 2.3. Struktur mikro daerah las dari paduan aluminium	13
Gambar 2.4. Klasifikasi cara pengelasan	15
Gambar 2.5. Diagram rangkaian listrik dari mesin las listrik DC	16
Gambar 2.6. Daerah las.....	18
Gambar 2.7 Bentuk dan ukuran benda uji impact	22
Gambar 2.8 Skema mesin uji impact Charpy	23
Gambar 2.9 Skema Mikroskop Optik	24
Gambar 4-10. Diagram alir penelitian	32
Gambar 4.11. Bentuk kampuh V	33
Gambar 4-12. Mikroskop optik	35
Gambar 4-13. Spesimen Uji Impact mengacu ASTM E 23, Type A	35
Gambar 5.14. Foto Struktur Mikro Daerah Logam Induk	39
Gambar 5.15. Foto Struktur Mikro Daerah HAZ 90 A	39
Gambar 5.16. Foto Struktur Mikro Daerah Las (<i>Weld Metal</i>) 80 A	40
Gambar 5.17. Foto Struktur Mikro Daerah Las (<i>Weld Metal</i>) 90 A	40
Gambar 5.18. Foto Struktur Mikro Daerah Las (<i>Weld Metal</i>) 100 A	41
Gambar 5.19. Grafik laju korosi <i>raw material</i> dan daerah <i>weld metal</i>	45
Gambar 5.20. Grafik laju korosi <i>raw material</i> dan HAZ	46
Gambar 5.21. Grafik hasil rata-rata pengujian impak pada <i>weld metal</i>	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Instrumen Penelitian

Lampiran 2. Biodata Peneliti

INTISARI

Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah pengelasan dengan memakai busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap terbuat dari tungsten. Sedang sebagai bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari pistol las (*welding gun*). Untuk mencegah oksidasi digunakan gas mulia dan CO₂ sebagai gas pelindung. Pada penggunaan las TIG ini parameter pengelasan yang digunakan adalah besar arus pengelasan. Besar arus yang digunakan adalah 80 A, 90 A dan 100 A. Karena parameter yang digunakan sangat berpengaruh pada sifat mekanik logam khususnya pada logam hasil lasan.

Logam yang akan dilas adalah aluminium paduan yang berukuran 300 mm x 100 mm x 3 mm, dan disambung dengan menggunakan logam pengisi (*filler*). Penggunaan logam pengisi pada pengelasan aluminium didasarkan pertimbangan, antara lain : pencegahan retak, tegangan tarik atau geser las, dan keuletan las. Logam pengisi pada aluminium paduan ini harus memiliki sekurangnya 70% filler ER 5356 (Al-5%Mg), karena aluminium paduan ini sensitif terhadap retak jika komposisi logam las mendekati logam induknya.

Hasil uji komposisi kimia menunjukkan aluminium ini mengandung beberapa unsur, yaitu Al-Cr-Fe-Si. Pengujian struktur mikro pada *weld metal* 100 A terlihat butiran Cr-Si yang besar, berbeda dengan *weld metal* 80 A dan 90 A terlihat butiran Cr-Si yang kecil. Pada Pengujian Impak yang tertinggi pada *weld metal* variasi arus 100 A mempunyai nilai rata-rata ketangguhan (*impact*) sebesar 0.210 J/mm². Sedangkan pada pengujian korosi menunjukkan korosi terbaik terletak pada *weld metal* 90 A.

Kata kunci : Pengelasan TIG, Arus Pengelasan, Aluminium Paduan, Kekuatan Impak, Korosi.

DAFTAR SINGKATAN

Al	: Aluminium
ASTM	: <i>American Standard for Testing and Material</i>
AWS	: <i>American Welding Society</i>
DIN	: Deutsche Industrie Norman
CCT	: Continuous Cooling Transformation
Cr	: Chromium
E	: Energi Terserap
Fe	: Ferrite
GMAW / MIG	: <i>Gas Metal Arc Welding / Metal Inert Gas</i>
GTAW / TIG	: <i>Gas Tungsten Arc Welding / Tungsten Inert Gas</i>
HAZ	: <i>Heat Affected Zone</i>
HI	: Harga Impak
I	: Besar Arus
ISO	: <i>International Standard Organisation</i>
JIS	: <i>Japaneese Industrial Standard</i>
MPY	: Mil Per Year
Si	: Silicon
WM	: <i>Weld Metal</i>
pH	: Potnsial Hidrogen

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini pengelasan telah banyak digunakan secara luas untuk menyambung batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Dengan banyaknya penggunaan teknologi ini disebabkan karena konstruksi mesin yang dibuat dengan menggunakan teknik penyambungan ini menjadi lebih ringan dan proses penyambungannya juga lebih sederhana serta biaya keseluruhannya menjadi lebih murah.

Lingkup penggunaan pengelasan dalam konstruksi mesin sangat luas meliputi untuk : perkapalan, jembatan, rangka-rangka baja, bejana tekan, pipa-pipa, pipa saluran, kendaraan rel dan alat-alat mesin lainnya. Pengelasan ini juga dapat digunakan dalam reparasi seperti mengisi lubang pada coran, membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagian-bagian yang sudah aus dan macam-macam reparasi lainnya. Pengelasan bukanlah tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta keadaan di sekitarnya.

Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen* (DIN) pengelasan merupakan proses penyambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Wirjosumarto, 2000). Teknologi pengelasan sering digunakan pada industri di bidang pemesinan. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi pada saat ini, beragam metode pengelasan yang digunakan semakin berkembang dalam menghasilkan suatu produk las yang berkualitas. Penggunaan metode pengelasan yang berkembang saat ini dalam industri yaitu GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*). Las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) atau disebut las TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah pengelasan dengan memakai busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap yang terbuat dari tungsten. Sedangkan logam pengisi sebagai bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari pistol las (*welding gun*) (Sriwidharto, 2006).

Pengelasan jenis las TIG ini, logam pengisi dimasukkan ke dalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk. Tetapi untuk mengelas pelat yang sangat tipis kadang-kadang tidak diperhatikan logam pengisi. Las TIG dilaksanakan dengan tangan atau secara otomatis dengan mengotomatiskan cara pengumpanan logam pengisi.

Las TIG atau biasa disebut las *wolfram* ini menggunakan batang *wolfram* sebagai elektroda yang dapat menghasilkan busur listrik tanpa turut mencair, yang menggunakan gas mulia sebagai gas pelindung. Penggunaan las TIG mempunyai beberapa keuntungan yaitu : (Sriwidharto, 2006)

1. Menghasilkan sambungan las bermutu tinggi.
2. Bebas dari terbentuknya percikan las.
3. Dapat digunakan dengan atau tanpa bahan tambahan.
4. Dapat digunakan pada hampir semua jenis logam termasuk pengelasan logam berbeda.

Penyambungan aluminium adalah salah satu pengaplikasian pada pengelasan TIG. Aluminium dan paduannya merupakan logam yang banyak digunakan di bidang teknik karena memiliki berbagai keunggulan antara lain : ringan, mempunyai sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik, kekuatan tarik relatif tinggi, tahan korosi dan sifat mekaniknya dapat ditingkatkan dengan pengerjaan dingin atau perlakuan panas, serta mempunyai sifat mampu las (*weldability*) yang bervariasi tergantung pada jenis paduannya (Mandal, 2005). Kelebihan paduan aluminium dibandingkan dengan logam lainnya menyebabkan banyak digunakan di bidang struktur dan pemesinan, seperti : pesawat terbang, kapal, kendaraan serta industri otomotif.

Aluminium paduan seri 6xxx merupakan jenis aluminium yang dapat diperlakukan dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul (Wiryosumarto, 2000). Pada dasarnya komposisi kimia dari seri Al 6xxx adalah Al-Mg-Si. Paduan Al-Mg-Si mempunyai kekuatan kurang baik sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstruksi dsb, dan sangat baik untuk mampu bentuk yang tinggi pada temperatur biasa. Mempunyai mampu bentuk yang baik pada ekstruksi dan tahan korosi, dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaan. Paduan 6063 dipergunakan banyak untuk rangka-rangka konstruksi. Karena paduan dalam aluminium ini mempunyai kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik, maka dipergunakan untuk kabel tenaga (Tata Surdia, 1999).

Penelitian ini akan menggunakan aluminium paduan Al-Mg-Si seri 6xxx serta logam pengisi (*filler*) seri ER 5356 dengan proses pengelasan TIG. Adapun pengujian yang akan dilakukan dari penelitian ini adalah pengujian struktur mikro, pengujian komposisi,

pengujian *impact* dan pengujian ketahanan korosi. Pengelasan TIG pada aluminium ini menggunakan variasi besar arus pengelasan sebesar 80 A, 90 A dan 100 A.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimanakah pengaruh arus proses las TIG terhadap kekuatan impak dan ketahanan korosi aluminium paduan.

1.3 Batasan Masalah

Proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) dengan batasan masalah dengan variasi besar arus : 80 A, 90 A dan 100 A. Bahan yang digunakan adalah aluminium paduan seri 6xxx berbentuk pelat berukuran 300 mm x 100 mm x 3 mm. Dengan jenis sambungan kampuh V dengan sudut 60⁰ serta menggunakan bahan tambah (*filler*) ER 5356 dan memakai diameter elektroda Ø 1,6 mm. Pengujian yang dilakukan adalah :

1. Pengujian komposisi.
2. Analisis uji struktur mikro.
3. Analisis uji *impact*.
4. Analisis uji korosi.

1.4 Hipotesis

Dalam penelitian ini dapat disusun hipotesis sebagai berikut :

1. Semakin tinggi kuat arus, ketangguhan *impact* paduan aluminium semakin tinggi.
2. Semakin tinggi kuat arus, laju korosi paduan aluminium semakin rendah.
3. Semakin tinggi kuat arus, struktur mikro daerah las maupun HAZ paduan aluminium semakin homogen.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Muhammad Zaki, dkk (2015), meneliti pengaruh perbedaan suhu terhadap kekuatan impact aluminium 5083 hasil pengelasan Tungsten Inert Gas. Hasil pengujian kekuatan impact aluminium 5083 hasil pengelasan TIG dengan variasi suhu menunjukkan hasil rata-rata kekuatan impact yang tidak terlalu jauh yaitu pada suhu -20°C sebesar $0,03 \text{ J/mm}^2$, pada suhu -10°C sebesar $0,03 \text{ J/mm}^2$, pada suhu 0°C sebesar $0,04 \text{ J/mm}^2$, pada suhu kamar (34°C) sebesar $0,04 \text{ J/mm}^2$, pada suhu 50°C sebesar $0,05 \text{ J/mm}^2$ dan pada suhu 150°C sebesar $0,03 \text{ J/mm}^2$. Dari data ini dapat di simpulkan kuat impact yang terbesar yaitu pada suhu 50°C sebesar $0,05 \text{ J/mm}^2$. Jadi material 5083 ini termasuk material yang tahan terhadap perubahan suhu ini di sebabkan struktur material ini adalah FCC (*Face Centered Cubic*), dimana juga material 5083 terdapat campuran magnesium yang dapat bekerja dengan baik pada teperatur rendah dan memiliki kadar karbon yang tinggi. Karakteristik hasil pengelasan TIG aluminium 5083 terhadap perubahan suhu adalah campuran, di lihat dari hasil perpatahan yaitu kombinasi dari ulet ke getas.

Riswanda, dkk (2012), meneliti pengaruh variasi arus terhadap sifat mekanik dan korosi sambungan las tak sejenis aluminium paduan 5083 dan 6061-T6. Kuat arus yang digunakan adalah dengan variasi arus 100 A, 120 A, dan 140 A. Parameter arus 100 A, pada logam las terjadi peningkatan kekerasan yang relative tinggi tetapi kekuatan tariknya rendah. Hal ini dikarenakan kurangnya fusi, penetrasi pada alur las tidak sempurna dan adanya porositas sehingga patah getas terjadi pada logam las. Pada parameter 120 A, terjadi pelunakan pada daerah HAZ logam induk 5083, sedangkan pada arus 140 A pelunakan terjadi di bagian HAZ Al 6061-T6. Hasil uji kekuatan tarik juga menunjukkan konsistensi terhadap uji kekerasan yaitu masing-masing patahan terjadi pada daerah yang lunak. Laju korosi $0,0273 \text{ mm/yr}$ pada logam las arus 120 A lebih lambat dibandingkan dengan parameter lain.

Sholichuddin, dkk (2012), meneliti perbedaan sifat mekanik hasil penyambungan GTAW pada aluminium 6061 dengan filler ER 4043 dan ER 5356. Dari proses penyambungan pada aluminium 6061 MgSi yang di las dengan teknik GTAW dengan filler ER 4043 dan ER 5356 dapat disimpulkan bahwa nilai UTS pada penyambungan dengan ER 4043 lebih tinggi dibandingkan dengan filler ER 5356. Hasil uji kekerasan

menunjukkan kekerasan logam berkurang dari logam las ke arah HAZ dan logam induk. Hasil mikrostruktur menunjukkan dari logam induk ke daerah logam las terlihat masing-masing mempunyai bentuk butir cill, columnar dan equiaxial. Sedangkan pengelasan dengan filler ER 5356 hasil kekerasan menunjukkan lebih rendah dibandingkan dengan pengelasan dengan filler ER 4043. Dari hasil mikrostruktur pada pengelasan dengan filler ER 5356 dapat dilihat di daerah logam las permukaan logam las lebih kasar dibandingkan dengan pengelasan dengan filler ER 4043.

Wawan Hermawan (2016), melakukan penelitian pengaruh arus terhadap struktur mikro dan sifat mekanik produk las tembaga dan baja karbon dengan metode *Tungsten Inert Gas* (TIG). Pengelasan ini menggunakan sudut kampuh V tunggal dengan variasi arus 70 A, 75 A, 80 A, 90 A dan voltase 20-30 V serta kecepatan geser 8-12 cm/min. Berdasarkan hasil yang didapat dari pengujian struktur mikro proses pengelasan akan mempengaruhi terbentuknya struktur mikro logam baru. Hasil uji mikro baja menunjukkan daerah logam induk, HAZ dan logam las terdiri dari fasa ferit dan perlit ($\text{Fe} + \text{Fe}_3\text{C}$) semakin besar arus yang diberikan ukuran butir perlit semakin besar dibandingkan butir ferit. Sedangkan hasil uji mikro pada tembaga mengalami perubahan yang signifikan, semakin besar arus yang diberikan terjadi pembesaran dan pengasaran butir yang menunjukkan penurunan tingkat kekerasannya. Berdasarkan hasil yang didapat dari pengujian kekerasan baja dengan variasi arus pada logam induk mengalami peningkatan namun tidak begitu signifikan. Sedang pada HAZ dan logam las nilai kekerasannya justru tidak stabil, kekerasan tertinggi pada daerah HAZ adalah pada arus 90 A sebesar 42,36 HVN dan daerah logam las pada arus 70 A sebesar 35,16 HVN. Sedangkan pada tembaga semakin besar arus yang diberikan maka nilai kekerasan pada logam induk, HAZ dan logam las semakin menurun. Jadi jika di las di aluminium hasilnya akan menjadi baik.

Dari ulasan tinjauan pustaka tersebut belum ada yang pernah melakukan penelitian tentang “Pengaruh Arus Proses Las TIG Terhadap Kekuatan Impak Dan Ketahanan Korosi Aluminium Paduan” variasi arus 80 A, 90 A dan 100 A, sehingga judul tersebut menjadi bahan penelitian penulis.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Aluminium

Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak

kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton pertahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain (corrundum, gibbsite, boehmite, diaspore, dan lain-lain). Sulit menemukan aluminium murni di alam karena aluminium merupakan logam yang cukup reaktif.

Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya. Kekuatan tensil aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tensil berkisar 200-600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah ditebuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (*drawing*), dan diekstrusi.

Aluminium yang di dapat dalam keadaan cair dengan cara elektrolisis, umumnya mencapai kemurnian 99,85% berat. Dengan mengelektrolisis kembali maka dapat dicapai kemurnian 99,99%. Namun aluminium murni sangat lemah dan lunak. Untuk menambahkan kekuatan biasanya dipadu dengan logam lain. Aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang mempunyai kekuatan tinggi, tahan terhadap karat dan merupakan konduktor listrik yang cukup baik. Logam ini dipakai secara luas dalam bidang kimia, listrik, bangunan, transportasi dan alat-alat penyimpanan. Kemajuan akhir-akhir ini dalam teknik pengelasan busur listrik dengan gas mulia menyebabkan pengelasan aluminium dan paduannya menjadi sederhana dan dapat dipercaya.

Tabel 2.1. Sifat-sifat fisik aluminium.

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Masa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653-657
Panas jenis (cal/g.°C) (100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuai (20-100°C)	23,86x10 ⁻⁶	23,5x10 ⁻⁶
Jenis kristal, konstanta kisi	<i>fcc, a=4,013 kX</i>	<i>fcc, a=4,04 kX</i>

(Sumber : Tata Surdia, Pengetahuan Bahan Teknik, 1999)

Tabel 2.2. Sifat-sifat mekanik aluminium.

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan tarik (kg/mm ²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm ²)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinel	17	27	23	44

(Sumber : Tata Surdia, Pengetahuan Bahan Teknik, 1999)

Tabel 2.1 menunjukkan sifat-sifat fisik Al dan Tabel 2.2 menunjukkan sifat-sifat mekaniknya. Ketahanan korosi berubah menurut kemurnian, pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya dapat dipergunakan di udara tahan dalam waktu bertahun-tahun. Hantaran listrik Al, kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga, tetapi masa jenisnya kira-kira sepertiganya sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangnya. Oleh karena itu dapat dipergunakan untuk kabel tenaga dan dalam berbagai bentuk umpamanya sebagai lembaran tipis (*foil*). Dalam hal ini dapat dipergunakan Al dengan kemurnian 99,0%. Untuk *reflector* yang memerlukan refleksitas yang tinggi juga untuk kondensor elektrolit dipergunakan Al dengan angka sembilan empat.

2.2.2 Sifat Mekanik Aluminium Paduan

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. Aluminium memiliki beberapa kekurangan yaitu kekuatan dan kekerasan yang rendah bila dibanding dengan logam lain seperti besi dan baja. Aluminium memiliki karakteristik sebagai logam ringan densitas $2,7 \text{ g/cm}^3$.

Saat ini aluminium berkembang luas dalam banyak aplikasi industri otomotif, rumah tangga, maupun elektrik, karena beberapa sifat aluminium itu sendiri, yaitu :

a. Ringan

Aluminium memiliki sifat ringan, bahkan lebih ringan dari magnesium dengan densitas sekitar $1/3$ dari densitas besi. Kekuatan dari paduan aluminium dapat mendekati dari kekuatan baja karbon dengan kekuatan tarik 700 Mpa (100 Ksi). Kombinasi ringan dengan kekuatan yang cukup baik membuat aluminium sering diaplikasikan pada kendaraan bermotor, pesawat terbang, alat-alat konstruksi seperti tangga, *scaffolding*, maupun pada roket.

b. Mudah dalam pembentukannya

Aluminium merupakan salah satu logam yang mudah untuk dibentuk dan mudah dalam fabrikasi seperti ekstrusi, *forging*, *bending*, *rolling*, *casting*, *drawing*, dan *machining*. Struktur kristal yang dimiliki aluminium adalah struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*), sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Bahan aluminium mudah dibentuk yang kompleks dan tipis sekalipun, seperti bingkai jendela, lembaran aluminium foil, rel, gording, dan lain sebagainya.

c. Tahan terhadap korosi

Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam dari korosi. Hal tersebut dapat terjadi karena permukaan aluminium mampu membentuk lapisan alumina (Al_2O_3) bila bereaksi dengan oksigen.

d. Konduktifitas panas tinggi

Konduktifitas panas aluminium tiga kali lebih besar dari besi, maupun dalam pendinginan dan pemanasan. Sehingga aplikasi banyak digunakan pada radiator mobil, koil pada evaporator, alat penukar klor, alat-alat masak, maupun komponen mesin.

e. Konduktifitas listrik tinggi

Konduktifitas listrik dari aluminium dua kali lebih besar dari pada tembaga dengan perbandingan berat yang sama. Sehingga sangat cocok digunakan dalam kabel transmisi listrik.

f. Tangguh pada temperatur rendah

Aluminium tidak menjadi getas pada temperatur rendah hingga $-100^\circ C$, bahkan menjadi lebih keras dan ketangguhan meningkat. Sehingga aluminium dapat digunakan pada material bejana yang beroperasi pada temperatur rendah.

g. Tidak beracun

Aluminium tidak memiliki sifat racun pada tubuh manusia, sehingga sering digunakan dalam industri makanan seperti kaleng makanan dan minuman, serta pipa-pipa penyalur pada industri makanan dan minuman.

h. Mudah didaur ulang

Aluminium mudah untuk didaur ulang, bahkan 30% produksi aluminium di Amerika berasal dari aluminium yang didaur ulang. Pembentukan kembali aluminium dari material bekas hanya membutuhkan 5% energi dari pemisahan aluminium dan bauksit.

2.2.3 Klasifikasi Paduan Aluminium

Hasil dari pengolahan aluminium bermacam-macam, namun dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu paduan aluminium tempa dan paduan aluminium cor. Di berbagai negara di dunia keperluan industri umumnya dilakukan standarisasi mengenai klasifikasi aluminium. Saat ini klasifikasi yang sangat terkenal dan sempurna adalah standar Aluminium Association di Amerika (AA) yang didasarkan atas standar terdahulu

dari Aloca (*Aluminium Company of America*). Adapun sifat umum dari beberapa jenis paduan :

1. Jenis Al murni (1xxx)

Jenis ini adalah aluminium dengan kemurnian antara 99,0% sampai 99,99%. Aluminium jenis ini mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik, konduksi panas dan konduksi listrik yang baik juga mempunyai sifat mampu las dan mampu potong yang baik. Kekurangan jenis ini adalah kekuatannya yang rendah.

2. Jenis Al-Cu (2xxx)

Jenis ini merupakan jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Dengan melalui pengerasan endap atau penyepuhan sifat mekanik jenis ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah dibanding dengan jenis paduan yang lain. Mempunyai sifat mampu las yang baik sehingga jenis paduan ini biasanya digunakan untuk konstruksi keeling dan banyak digunakan dalam konstruksi pesawat terbang seperti duralumin (2017) dan super duralumin (2024).

3. Jenis Al-Mn (3xxx)

Jenis ini merupakan jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan sehingga penaikan kekuatannya melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya. Jenis ini juga mempunyai ketahanan korosi yang baik, mampu potong dan sifat mampu lasnya yang baik seperti pada jenis Al-murni. Tetapi kekuatannya lebih baik dari pada Al-murni.

4. Jenis Al-Si (4xxx)

Jenis ini merupakan jenis aluminium yang tidak dapat diperlaku-panaskan. Jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Karena sifat-sifatnya jenis ini banyak digunakan sebagai logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun paduan tempa. Paduan ini juga mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang kecil dan sebagai penghantar listrik dan panas yang baik. Karena mempunyai kelebihan yang mencolok maka paduan ini banyak dipakai baik sebagai logam maupun logam pengisi (*filler*).

5. Jenis Al-Mg (5xxx)

Jenis ini merupakan jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan. Mempunyai ketahanan korosi yang baik, terutama korosi oleh air laut dan mempunyai sifat

mampu las yang baik. Paduan Al-Mg banyak digunakan dalam konstruksi umum, tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.

6. Jenis Al-Mg-Si (6xxx)

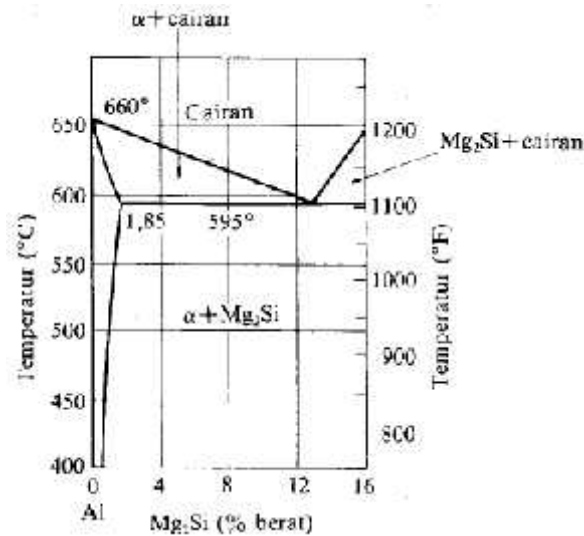
Jenis ini merupakan jenis yang dapat diperlaku-panaskan dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang terjadi.

7. Jenis Al-Zn (7xxx)

Jenis ini merupakan jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Biasanya ke dalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu, dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 50 kg/mm^2 , sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralium. Berlawanan dengan kekuatannya, sifat mampu las dan daya tahannya terhadap korosi kurang menguntungkan. Dalam waktu akhir-akhir ini paduan Al-Zn-Mg mulai banyak digunakan dalam konstruksi las, karena jenis ini mempunyai sifat mampu las dan daya tahan korosi yang lebih baik dari pada paduan dasar Al-Zn. Disamping itu juga pelunakan pada daerah las dapat mengeras kembali karena pengerasan alamiah..

2.2.4 Aluminium paduan seri 6xxx

Dalam penelitian ini aluminium yang digunakan adalah aluminium paduan seri 6xxx. Aluminium paduan seri 6xxx adalah paduan Al-Mg-Si yang dapat diperlaku panaskan dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan tahan korosi yang tinggi. Pada paduan ini bila ditambahkan sedikit Mg pada Al, pengerasan penuaan sangat jarang terjadi, tetapi bila secara simultan mengandung Si, maka dapat dikeraskan dengan penuaan panas setelah perlakuan pelarutan. Hal ini disebabkan karena senyawa Mg-Si berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari sistim biner semu dengan Al.



Gambar 2.1. Diagram fasa paduan Al-Mg-Si (Tata Surdia, 1999)

Gambar 2.1. menunjukkan diagram fasa paduan Al-Mg-Si yang berasal dari kelarutan yang menurun dari Mg-Si terhadap larutan padat Al dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Pada paduan ini dapat diperoleh paduan 5053, 6063, dan 6061. Aluminium yang digunakan pada penelitian ini adalah paduan 6063. Paduan 6063 dipergunakan banyak untuk rangka-rangka konstruksi. Karena paduan ini mempunyai kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik, maka dipergunakan untuk kabel tenaga. Dalam hal ini pencampuran dengan Cu, Fe dan Mn perlu dihindari karena unsur-unsur itu menyebabkan tahanan listrik menjadi tinggi.

2.2.5 Sifat Mampu Las Aluminium

a) Sifat-sifat umum

Dalam pengelasan, paduan aluminium mempunyai sifat yang kurang baik jika dibandingkan dengan baja. Sifat-sifat yang kurang baik atau merugikan tersebut adalah :

1. Karena panas jenis dan daya hantar panasnya tinggi maka sukar sekali untuk memanaskan dan mencairkan sebagian kecil saja.
2. Paduan aluminium mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium Al₂O₃ yang mempunyai titik cair yang tinggi. Karena sifat ini maka peleburan antara logam dasar dan logam las menjadi terhalang.
3. Karena mempunyai koefisien muai yang besar, maka mudah sekali terjadi deformasi sehingga paduan-paduan yang mempunyai sifat getas panas akan cenderung membentuk retak panas.

4. Karena perbedaan yang tinggi antara kelarutan hydrogen dalam logam cair dan logam padat, maka dalam proses pembekuan yang terlalu cepat akan terbentuk rongga halus bekas kantong-kantong hydrogen.
5. Paduan aluminium mempunyai berat jenis rendah, karena itu banyak zat-zat lain yang terbentuk selama pengelasan akan tenggelam. Keadaan ini memudahkan terkandungnya zat-zat yang tidak dikehendaki ke dalamnya.
6. Karena titik cair dan viskositasnya rendah, maka daerah yang kena pemanasan mudah mencair dan jatuh menetes.

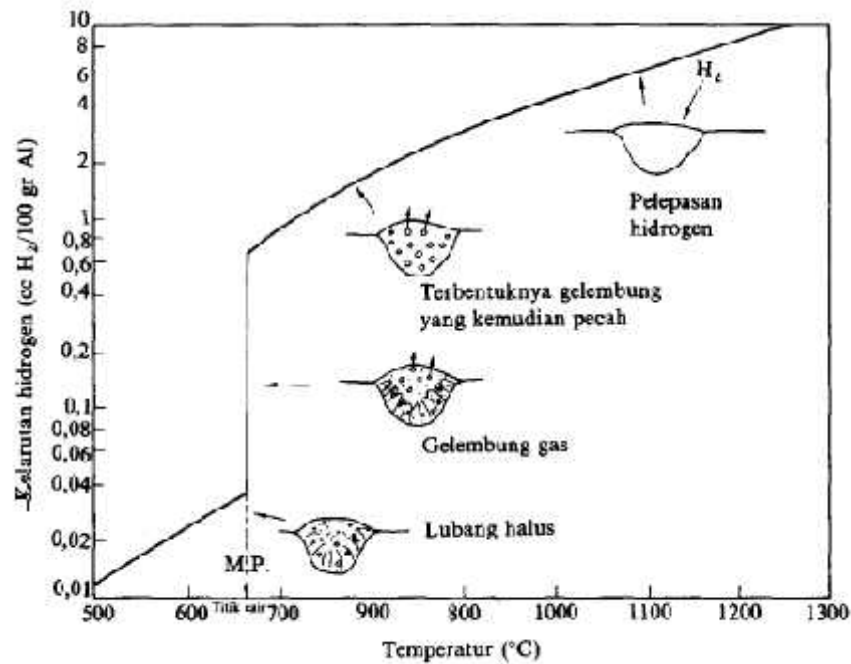
Akhir-akhir ini sifat yang kurang baik tersebut telah dapat diatasi dengan alat dan teknik las yang lebih maju dan dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung selama pengelasan. Dengan kemajuan ini maka sifat mampu las dari paduan aluminium menjadi lebih baik.

b) Retak las

Sebagian besar retak las yang terjadi pada aluminium adalah retak panas yang termasuk dalam kelompok retak karena pemisahan. Retak las ini dapat terjadi pada proses pembekuan dan proses pencairan. Beberapa hal yang diperkirakan menjadi penyebab terjadinya retak las adalah penggunaan logam las yang tidak sesuai dengan logam induk, suhu antara lapis las, tegangan penahan dan juru las yang kurang trampil. Sedangkan retak halus yang sukar untuk diperiksa walaupun dengan pemeriksaan radiografi biasanya disebabkan oleh terlalu tingginya suhu antar lapis.

c) Lubang-lubang halus

Lubang halus yang terjadi pada proses pengelasan aluminium disebabkan oleh gas hydrogen yang larut ke dalam aluminium cair. Karena batas kelarutan turun pada waktu pendinginan maka gas hydrogen keluar dari larutan dan karena proses pembekuan yang cepat menyebabkan gas ini terperangkap dan membentuk gelembung halus.

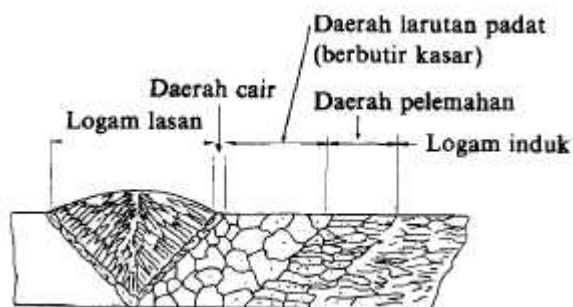


Gambar 2.2. Terjadinya lubang halus dalam pengelasan aluminium (Wiryosumarto, 2000).

Usaha untuk menghilangkan lubang-lubang halus pada pengelasan aluminium ini adalah dengan menghilangkan sumber hidrogen baik yang berbentuk zat-zat organik seperti minyak maupun yang berbentuk uap air.

d) Pengaruh panas pengelasan

Panas pengelasan pada paduan aluminium akan menyebabkan terjadinya pencairan sebagian, rekristalisasi, pelarutan padat atau pengendapan.



Gambar 2.3. Struktur mikro daerah las dari paduan aluminium yang dapat diperlaku-panaskan (Wiryosumarto, 2000)

Pada paduan yang dapat dikeras-endapkan, akan terjadi butir-butir endapan yang kasar sehingga pada daerah ini terjadi penurunan kekuatan dan ketahanan korosi yang paling besar. Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa makin besar nasukan panas makin besar pula penurunan sifat-sifat yang baik.

e) Sifat mampu las dari aluminium dan paduannya

Berdasarkan sifat mampu las dari aluminium dan paduannya dapat dibagi dalam lima kelompok yaitu :

1. Jenis aluminium murni teknik dan jenis paduan Al-Mn
2. Jenis paduan Al-Mg
3. Jenis paduan Al-Zn-Mg
4. Jenis paduan Al-Mg-Si dan
5. Jenis paduan Al-Cu dan paduan Al-Zn

Logam dalam kelompok pertama dan kedua mempunyai sifat mampu las yang baik, sedangkan kelompok kelima hampir tidak mungkin untuk dilas. Kelompok ketiga dan keempat dapat dilas dengan baik asal diikuti dengan proses perlakuan panas kembali. Kelompok ketiga lebih unggul dari kelompok keempat karena dapat mencapai kekuatan semula dengan pengerasan alamiah.

2.3 Pengelasan

2.3.1 Definisi Pengelasan

Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pada waktu ini telah digunakan lebih dari 40 jenis pengelasan termasuk pengelasan yang dilaksanakan dengan hanya menekan dua logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antara atom-atom atau molekul-molekul dari logam yang disambungkan (Wirjosumarto, 2000).

Pada waktu ini banyak sekali cara-cara pengklasifikasian yang digunakan dalam bidang las, ini disebabkan karena belum adanya kesepakatan dalam hal tersebut. Secara konvensional cara-cara pengklasifikasian tersebut pada waktu ini dapat dibagi dalam dua golongan, yaitu klasifikasi berdasarkan cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan. Klasifikasi pertama membagi las dalam kelompok las cair, las tekan, las patri dan lain-lainnya. Sedangkan klasifikasi yang kedua membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan seterusnya. Bila diadakan klasifikasi yang lebih terperinci lagi, maka kedua klasifikasi tersebut di atas akan terburai dan akan terbentuk kelompok-kelompok yang banyak sekali. Diantara kedua klasifikasi tersebut, pengklasifikasian berdasarkan cara kerja lebih banyak digunakan.

Pengklasifikasian pengelasan berdasarkan cara kerja dapat dibagi menjadi 3 kelas utama yaitu :

1. Pengelasan cair

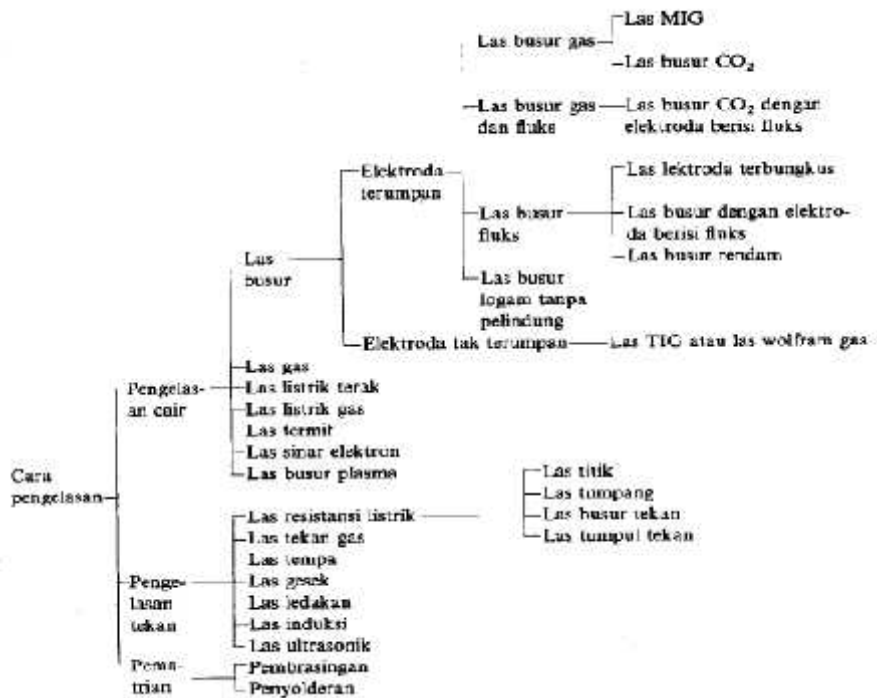
Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.

2. Pengelasan tekan

Pengelasan tekan adalah cara pengelasan di mana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.

3. Pematrian

Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.



Gambar 2.4. Klasifikasi cara pengelasan (WiryoSumarto, 2000).

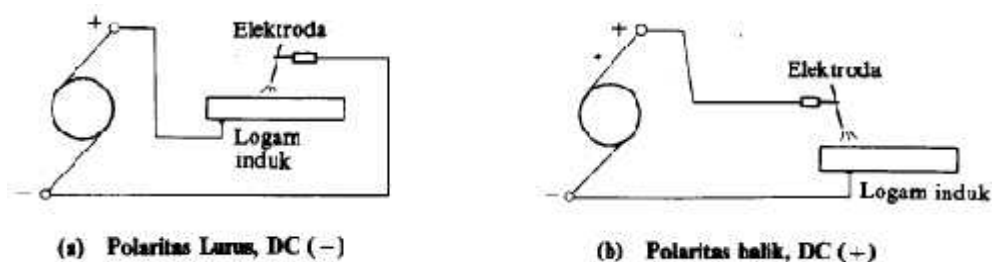
2.3.2 Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*)

Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah pengelasan dengan memakai busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap terbuat dari tungsten. Sedang *filler* sebagai bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari pistol las (*welding gun*). Bahan penambah berupa batang las (*rod*), yang

dicairkan oleh busur nyala tersebut, mengisi kampuh bahan induk. Untuk mencegah oksidasi digunakan gas mulia (seperti Argon, Helium, Freon) dan CO₂ sebagai gas pelindung.

Penggunaan las TIG mempunyai dua keuntungan, yaitu pertama kecepatan pengumpulan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga penetrasi ke dalam logam induk dapat diatur dengan baik. Cara pengaturan ini memungkinkan las TIG dapat digunakan dengan memuaskan baik untuk pelat baja tipis sebaliknya bila dibandingkan dengan las MIG, efisiennya masih lebih rendah dan biaya operasinya masih lebih tinggi. Karena hal-hal diatas maka las TIG biasanya digunakan untuk mengelas baja-baja kualitas tinggi seperti baja tahan karat, baja tahan panas dan untuk mengelas logam-logam bukan baja.

Sumber listrik yang digunakan untuk pengelasan TIG dapat berupa listrik DC atau listrik AC. Dalam penggunaan listrik DC rangkaian listriknya dapat berupa polaritas lurus di mana posisi positif dihubungkan dengan logam induk dan posisi negatif dengan batang elektroda atau rangkaian sebaliknya yang disebut polaritas balik. Pada polaritas lurus elektron bergerak dari elektroda dan menumbuk logam induk dengan kecepatan yang tinggi sehingga dapat terjadi penetrasi yang dalam. Sebaliknya dalam polaritas balik elektroda menjadi panas sekali, sehingga arus listrik yang dapat dialirkan menjadi rendah. Untuk ukuran elektroda yang sama dalam polaritas balik kira-kira 1/10 arus pada polaritas lurus yang dapat dialirkan. Bila arus terlalu besar maka ujung elektroda akan turut mencair dan merubah komposisi logam cair yang dihasilkan dengan polaritas balik penetrasi ke dalam logam induk menjadi dangkal dan lebar.



Gambar 2.5. Diagram rangkaian listrik dari mesin las listrik DC (Wiryo Sumarto, 2000).

Bila dipergunakan listrik AC maka proses yang terjadi akan sama dengan menggunakan arus searah dengan polaritas lurus dan polaritas balik yang digunakan secara bergantian. Karena hal ini maka dengan penggunaan arus bolak balik, hasil pengelasan akan terletak antara hasil pengelasan dengan arus searah dengan polaritas lurus dan polaritas balik. Pada umumnya busur yang dihasilkan dengan listrik DC kurang begitu baik

dan untuk mendapatkan hasil lebih baik perlu ditambahkan listrik AC dengan frekwensi yang tinggi. Untuk penggunaan arus bolak balik ini dipakai pada pengelasan aluminium, sedangkan untuk baja memakai arus searah dengan polaritas lurus. Pada umumnya dalam pengelasan TIG sumber listrik yang dipergunakan mempunyai karakteristik yang lamban, sehingga dalam hal menggunakan listrik DC untuk memulai menimbulkan busur perlu ditambahkan dengan listrik AC frekwensi tinggi.

Tabel 2.3. Penggunaan mesin las TIG untuk beberapa logam (Wiriyosumarto, 2000)

Logam	Listrik AC frekwensi tinggi	Listrik DC polaritas lurus	Listrik DC polaritas baik
Baja	terbatas	sesuai	-
Baja tahan karat	terbatas	sesuai	-
Besi cor	terbatas	sesuai	-
Aluminium dan paduannya	sesuai	-	dapat untuk pelat tipis
Magnesium dan paduannya	sesuai	-	dapat untuk pelat tipis
Tembaga dan paduannya	terbatas	sesuai	-
Aluminium brons	sesuai	terbatas	-

Elektroda yang digunakan dalam las TIG biasanya dibuat dari wolfram murni atau paduan antara wolfram-torium yang berbentuk batang dengan garis tengah antara 1,0 sampai 4,8 mm. Dalam banyak hal elektroda dari wolfram-torium lebih baik dari pada elektroda dari wolfram murni terutama dalam ketahanan ausnya. Bahan yang dipakai untuk elektroda ini merupakan tungsten atau paduan tungsten, karena kemampuan bahan ini di suhu tinggi.

Tabel 2.4. Identitas Warna dan Elemen Paduan (Sriwidharto, 2006)

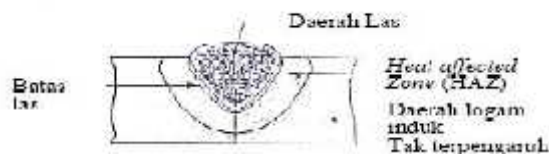
Klasifikasi AWS	Warna	Elemen Pemadu	Oksida Pemadu	Berat Nominal dari Oksida Pemadu (%)
EWP	HIJAU	-	-	-
EW Ce-2	JINGA	CERIUM	CaCO ₂	2
EW Ln-1	HITAM	LANTHINUM	La ₂ O ₃	1
EWTh-1	KUNING	THORIUM	Th O ₂	1
EWTh-2	MERAH	THORIUM	Th O ₂	2
EW Zr-1	COKELAT	ZIRCONIUM	ZrO ₂	0,25
EWG	ABU-ABU	TIDAK DISPESIFIKASI	-	-

Gas pelindung pada proses las TIG dipakai untuk melindungi dari pengaruh udara luar sehingga tidak terjadi oksidasi terhadap permukaan logam las serta juga berfungsi sebagai pendingin elektroda dari panas berlebih selama proses pengelasan berlangsung. Adapun jenis gas yang umum digunakan pada proses las TIG antara lain : gas argon, helium, atau campuran kedua gas tersebut.

2.3.3 Metalurgi Las

a. Siklus termal daerah lasan

Daerah lasan terdiri dari tiga bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone* (HAZ) dan logam induk. Logam lasan adalah bagian dari logam yang cair kemudian membeku pada waktu pengelasan. Logam daerah HAZ adalah logam yang mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat yang bedekatan dengan logam daerah HAZ, sedangkan logam induk adalah logam yang tidak terpengaruh oleh panas lasan dan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat.



Gambar 2.6. Daerah las (Faozi, 2013)

b. Pembekuan dan struktur logam las

Dalam pengelasan cair bermacam-macam cacat terbentuk dalam logam las, misalnya pemisahan atau segerasi, lubang halus dan retak. Banyaknya dan macamnya cacat yang terjadi tergantung dari pada kecepatan pembekuan. Semua kejadian selama proses pendinginan dalam pengelasan hampir sama dengan pendinginan dan pengecoran, perbedaannya adalah :

1. Kecepatan pendinginan dalam las lebih tinggi.
2. Sumber panas dalam las bergerak terus.
3. Dalam proses pengelasan, pencairan dan pembekuan terjadi secara terus menerus.
4. Pembekuan logam las mulai dari dinding logam induk yang dapat dipersamakan dengan dinding cetakan pada pengecoran, hanya saja dalam pengelasan, logam las harus menjadi satu dengan logam induk, sedangkan dalam pengecoran yang terjadi harus sebaliknya.

c. Reaksi metalurgi yang terjadi dalam pembekuan

1. Pemisahan

Di dalam logam las terdapat tiga jenis pemisahan, yaitu pemisahan makro, pemisahan gelombang dan pemisahan mikro. Pemisahan makro adalah perubahan komponen secara perlahan-perlahan yang terjadi mulai dari sekitar garis lebur menuju ke garis sumbu las, sedangkan pemisahan gelombang adalah perubahan komponen karena pembekuan yang terputus yang terjadi pada proses terbentuknya gelombang manik las. Pemisahan mikro adalah perubahan komponen yang terjadi dalam satu pilar atau dalam bagian dari satu pilar.

2. Lubang-lubang halus

Lubang-lubang halus terjadi karena adanya gas yang tidak larut dalam logam padat. Sebagai contoh dari lubang-lubang halus dalam logam las. Lubang-lubang tersebut disebabkan karena tiga macam cara pembentukan gas yaitu : pelepasan gas karena perbedaan batas kelarutan antara logam cair dan logam padat suhu pembekuan, terbentuknya gas karena adanya reaksi kimia di dalam logam las dan penyusupan gas ke dalam atmosfer busur.

3. Retak las

Retak las yang terjadi pada proses pembekuan disebabkan karena adanya penyusupan logam induk, suhu antara lapis las, tegangan penahan dan juru las yang kurang terampil.

2.3.4 Logam pengisi (*filler*)

Penggunaan logam pengisi adalah satu bagian terpenting sebelum proses pengelasan dimulai. Penggunaan logam pengisi pada pengelasan aluminium didasarkan pada pertimbangan, antara lain : pencegahan terhadap retak, tegangan tarik atau geser las, dan keuletan las (Mandal, 2005). Penyambungan dengan logam pengisi yang tepat dengan memperhatikan logam induk akan sangat berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis.

Tabel 2.5. Pemilihan logam pengisi (*filler*) dalam pengelasan aluminium (Sindo Kou) 2003

Logam Induk	7000 (Al-Zn-Mg-Cu)	7000 (Al-Zn-Mg)	6000 (Al-Mg-Si)	5000 (Al-Mg)	2000 (Al-Cu)
2000 (Al-Cu)	-	-	-	-	4043 4145 2319
5000 (Al-Mg)	5356	5356 5556 5183	5356 5556 5183	5356 5556 5183	-

6000 (Al-Mg-Si)	5356	5356 5556 5183	-	-	-
7000 (Al-Zn-Mg)	5356	5356 5556	-	-	-
7000 (Al-Zn-Mg-Cu)	5356 5556	-	-	-	-

Logam induk yang berupa aluminium paduan dapat disambung (*joint*) dengan menggunakan beberapa *filler*, tetapi hanya ada satu yang hasilnya baik untuk penggunaan spesifik. Faktor-faktor yang dipertimbangkan ketika memilih suatu filler aluminium paduan adalah pencegahan dari retak (*cracks*), kekuatan tarik dan geser, keliatan ogam las, temperatur kerja, ketahanan korosi, dan warna logam pengisi yang sesuai dengan logam induk setelah anodasi (Mandal, 2005)

Logam pengisi pada aluminium paduan Al 6063 harus memiliki sekurangnya 70% *filler* ER 5356 (Al-5%Mg), karena aluminium seri 6xxx sensitif terhadap retak jika komposisi logam las mendekati logam induknya.

Tabel 2.6. Komposisi kimia filler seri 4xxx dan 5xxx (Mandal, 2005)

Logam pengisi	Unsur, % berat							
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
4043	4.5-6.0	0.8	0.30	0.05	0.05	-	0.10	0.20
4047	11.0-13.0	0.8	0.30	0.15	0.10	-	0.20	-
5183	0.4	0.40	0.10	0.5-1.0	4.3-5.2	0.05-0.25	0.25	0.15
5356	0.25	0.40	0.10	0.05-0.20	4.5-5.5	0.05-0.20	0.10	0.06-0.20
5554	0.25	0.40	0.10	0.50-1.0	2.4-3.0	0.05-0.20	0.25	0.05-0.20
5556	0.25	0.40	0.10	0.50-1.0	4.7-5.5	0.05-0.20	0.25	0.05-0.20
5654	Note a	Note a	0.05	0.01	3.1-3.9	0.15-0.35	0.20	0.05-0.15

2.4 Pengujian Bahan

Pengujian bahan dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari suatu bahan pengujian. Pengujian bahan dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu :

- a. Pengujian yang merusak benda uji (*destructive test*)

Benda uji ini akan rusak setelah mengalami pengujian, misalnya pada pengujian tarik, tekan, *bending*, geser, puntir, *fatiq* (kelelahan) dan *impact*.

b. Pengujian yang tidak merusak benda uji (*non destructive test*)

Benda uji tidak mengalami kerusakan yang berarti setelah mengalami pengujian, misalkan pada pengujian kekerasan, *ultrasonic*, metallografi, magnetografi dan lain-lain.

2.5 Pengujian-pengujian

2.5.1 Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi adalah pengujian yang dilakukan dengan maksud untuk mengetahui kadar unsur-unsur yang terkandung dalam bahan dan selanjutnya untuk digunakan sebagai acuan untuk memilih elektroda dan bahan tambah (*filler*).

2.5.2 Pengujian *Impact* (dengan Metode Charpy)

Beberapa bahan dapat tiba-tiba menjadi getas dan patah karena perbedaan temperatur dan laju tegangan, walaupun pada dasarnya logam tersebut liat. Gejala ini disebut transisi liat-getas, yang merupakan hal penting yang ditinjau dari penggunaan praktis bahan. Secara lengkap ada tiga faktor dasar yang mendukung terjadinya patah pembelahan jenis getas, yaitu :

- a. Keadaan tegangan tiga sumbu.
- b. Suhu yang rendah dan laju regangan yang tinggi.
- c. Laju pembebanan yang cepat.

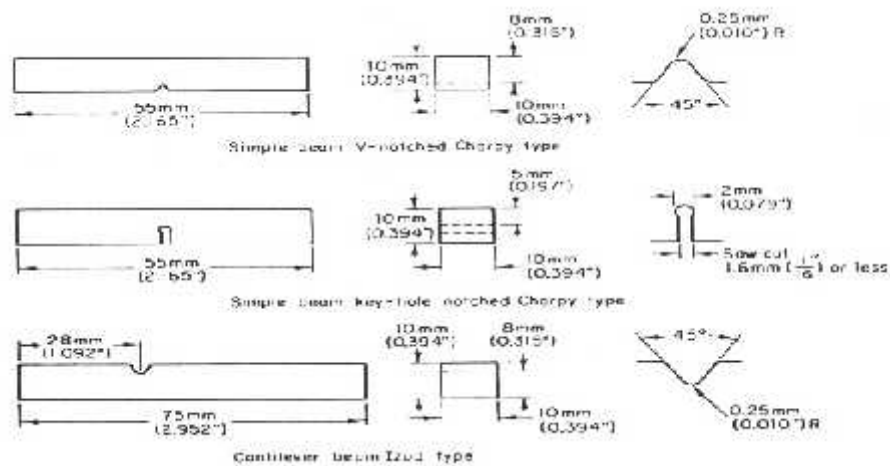
Sebagai peristiwa kegagalan getas disebabkan oleh keadaan tegangan liat sumbu, seperti yang terjadi pada takik, dan oleh suhu yang rendah. Akan tetapi, karena kedua penyebab tersebut akan lebih menonjol apabila terdapat laju pembebanan yang tinggi, untuk menentukan kepekaan bahan terdapat patah getas, seringkali digunakan pengujian *impact*.

Pengujian *impact* merupakan salah satu proses pengukuran terhadap sifat kerapuhan bahan, sifat keuletan (*toughness*) dari suatu bahan yang tidak dapat terdeteksi oleh pengujian lain, jika dua buah bahan akan memiliki sifat yang sama namun jika diuji dengan *impact test* itu akan berbeda. Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap beban kejut (*shock resistance*), seperti kerapuhan yang disebabkan oleh perlakuan panas atau sifat kerapuhan dari produk tuangan (*casting*), serta pengaruh bentuk dari produk tersebut.

Pada pengujian ini bandul pemukul dinaikan sampai ketinggian tertentu H pada posisi ini pemukul memiliki energi potensial sebesar WH (W =berat pemukul), dari posisi ini dilepaskan dan berayun bebas, memukul batang uji hingga patah dan pemukul berayun hingga ketinggian H_1 , pada posisi ini sisa energi adalah WH_1 . Selisih antar energi awal dengan energi akhir adalah energi yang digunakan untuk mematahkan batang uji.

Hasil pengukuran *impact test* ini tidak digunakan untuk keperluan hitungan suatu desain ia hanya dapat digunakan untuk membandingkan sifat suatu bahan dengan bahan lain, apakah suatu bahan mempunyai sifat ketangguhan yang lebih baik dari bahan lain, untuk membandingkan pengujian ini dengan yang lain, karena itu untuk pengujian pukul takik ini bentuk dan ukuran uji serta bentuk dan ukuran takikan harus benar-benar sama. Bentuk penampang batang uji ini berbentuk takikan V (*V-notched*) atau U (*U-notched* atau *key hole*). *V-notched* biasanya digunakan untuk logam yang digunakan untuk logam yang ulet, sedang *U-notched* biasanya digunakan untuk logam yang getas.

Bentuk dan ukuran batang uji yang standar dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

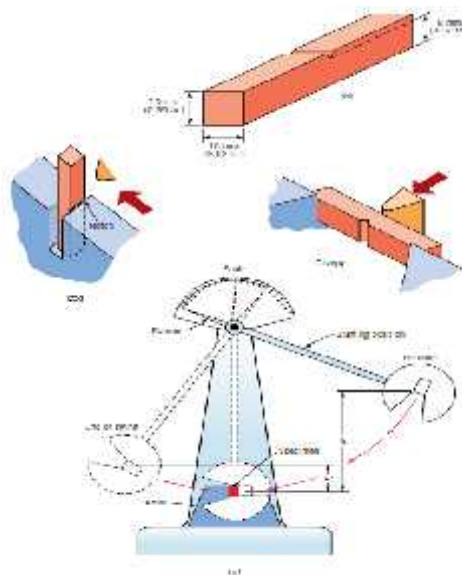


Gambar 2.7 Bentuk dan ukuran benda uji impact (Yuwono, 2009)

Pengujian *impact* yang digunakan adalah dengan metode *impact* Charpy. Metode *impact* Charpy adalah pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi mendatar/horizontal, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan. Pada uji *impact*, energi yang diserap untuk mematahkan benda uji diukur. Semakin besar energi yang terserap, semakin rendah ayunan kembali pada bandul. Energi terserap biasanya dapat dibaca langsung pada skala penunjuk yang telah dikalibrasi yang terdapat pada mesin penguji.

Pada pengelasan ini faktor kuat arus dan sudut kampuh sangat mempengaruhi nilai dari kekuatan *impact*. Pengaruh panas pada kuat arus yang tinggi menghasilkan pengelasan yang kurang baik pada paduan aluminium kemudian menyebabkan terjadi pencairan

sebagian, rekristalisasi, pelarutan padat, atau pengendapan. Karena perubahan struktur ini maka terjadinya penurunan ketangguhan impact membuat daerah las menjadi getas atau mudah patah dengan nilai ketangguhan yang kecil. Serta sudut kampuh yang lebih besar mempengaruhi dari masukan material las yang lebih merata dan kuat arus yang rendah mengurangi terjadinya lubang halus yang terjadi pada proses pengelasan aluminium. Pada penelitian Akhmad Rosihan, nilai impact tertinggi dengan sudut kampuh 80° pada suhu 20°C dengan arus 130 A sebesar $0,156 \text{ J/mm}^2$ dan terendah pada suhu -20°C dengan arus 200 A sebesar $0,048 \text{ J/mm}^2$ (Akhmad Rosihan, dkk, 2016). Dengan catatan bahwa apabila nilai atau harga impact semakin tinggi maka material tersebut memiliki keuletan yang tinggi. Dimana material uji dikatakan ulet jika patahan yang terjadi pada bidang patah tidak rata dan tampak berserat-serat. Tetapi apabila material getas, hasil dari patahan tampak merata dan mengkilap. Pada kondisi material ulet dapat mengalami patah getas dengan deformasi plastis yang sangat kecil (Muhammad Zaki, dkk, 2015)



Gambar 2.8 Skema mesin uji *impact Charpy* (Callister, 2007)

Energi terserap untuk memutuskan batang uji dapat dihitung dengan rumus :

$$H_k = G \times R (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \text{ (joule)}$$

$$H_k = E \text{ (joule)}$$

Keterangan :

- H_k = Harga keuletan
- E = Energi terserap (joule)
- G = $W \times G$
= Berat beban x gravitasi
- R = Jari-jari ayunan palu (m)

- α_0 = Sudut ayun mula-mula
- α_1 = Sudut ayun setelah batang patah
- HI = Harga impact
- A = Luas penampang pada takikan (mm^2)
- W = Lebar penampang, h = tebal benda uji, t = kedalaman takikan

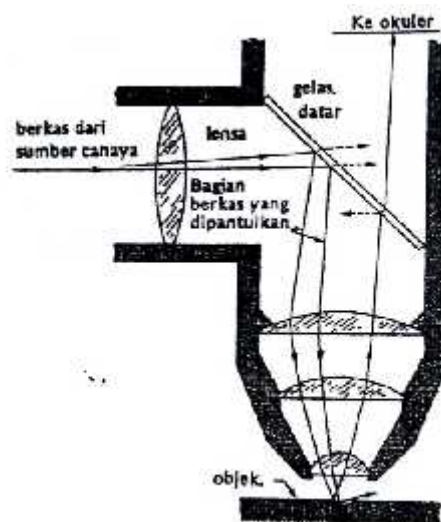
Sehingga :

$$\text{Harga impact} = \frac{E \cdot t \cdot (J_1 - J_2)}{L \cdot p \cdot b \cdot u \cdot (\text{mm}^2)}$$

(Sumber : Djoko S., 2014)

2.5.3 Pengujian Struktur Mikro

Sifat-sifat logam sangat dipengaruhi oleh struktur mikro, tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh gambaran suatu benda uji tentang sifat-sifatnya, bentuk struktur atau karakteristik tertentu guna menganalisa terhadap sifat-sifat lain yang dimiliki benda uji, misalnya dengan variasi struktur mikro seperti jumlah, ukuran, bentuk, warna dan distribusi fase. Untuk mengetahui bentuk struktur mikro dari suatu logam (spesimen uji) dilakukan pengujian dengan mempergunakan alat khusus yaitu mikroskop optik. Pembesaran yang dimiliki mikroskop ini adalah 50x, 100x, 200x, dan 500x, tergantung pembesaran yang digunakan.



Gambar 2.9 Skema Mikroskop Optik (Van Vlack, 1983)

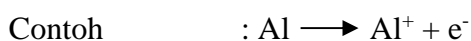
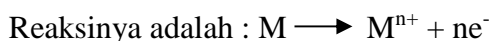
Pengujian mikroskopik dari suatu benda uji yang mewakili suatu logam sebelum diamati struktur mikronya, benda harus dipersiapkan sehalus mungkin melalui proses pengamplasan bertingkat sampai dengan ukuran amplas yang paling halus. Setelah diampelas dilanjutkan dengan pemolesan dan kemudian diwarnai dengan bantuan larutan kimia yang

Dapat diterangkan bahwa atom logam M yang mengalami reaksi korosi akan melepaskan elektron yang besarnya menyesuaikan diri dengan harga valensi n (dimana n dapat bernilai 1, 2, 3).

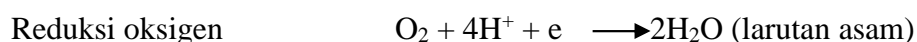
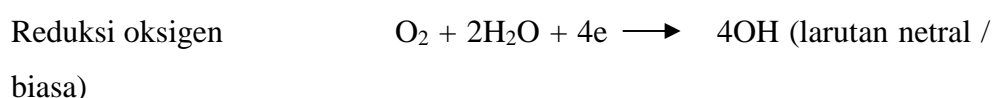
2. Mekanisme Korosi

Menurut Fontana (1978), reaksi-reaksi elektrokimia dapat digunakan untuk menerangkan mekanisme terjadinya korosi. Aspek elektrokimia yang terjadi selama berlangsungnya proses korosi terbagi atas 2 reaksi, yaitu :

- a. Reaksi anoda (reaksi oksidasi) adalah reaksi yang menghasilkan elektron. Selain itu, reaksi anoda juga menyebabkan terjadinya reaksi oksidasi sekaligus penyebab terjadinya korosi. Reaksi anoda pada proses korosi oksidasi logam menjadi ion logam.



- b. Reaksi katoda (reaksi reduksi) adalah reaksi yang mengkonsumsi elektron. Reaksi katoda menyebabkan terjadinya reaksi reduksi dan pada umumnya tidak mengalami korosi. Reaksinya adalah :



Pengendapan logam dan reduksi ion logam adalah reaksi yang kurang umum dan ditemukan pada proses kimia yang mengalir. Pelepasan gas hydrogen adalah reaksi katoda yang umum terjadi sejak dilarutkan dalam asam atau media asam. Reduksi oksigen adalah sangat umum, terjadi ketika larutan berair melakukan kontak dengan udara. Semua reaksi di atas adalah sama yaitu mengkonsumsi elektron.

3. Jenis-jenis Korosi

Menurut jenis reaksinya, dapat digolongkan menjadi *chemical corrosion* dan *electrochemical corrosion*. *Chemical corrosion* yaitu korosi yang terjadi akibat reaksi kimia secara murni dan terjadi tanpa elektrolit, biasanya terjadi pada temperatur tinggi

atau dalam keadaan kering. *Electrochemical corrosion* terjadi bila reaksinya berlangsung dengan suatu elektrolit, cairan yang mengandung ion-ion, reaksi ini berlangsung dengan adanya air dan uap. Berdasarkan tampak luarnya, korosi dapat digolongkan menjadi beberapa jenis :

a. Korosi Galvanik (*Galvanic Corrosion*)

Korosi galvanic merupakan proses elektro kimiawi apabila dua macam metal yang berbeda potensial dihubungkan langsung di dalam elektrolit yang sama. Elektron mengalir dari metal yang kurang mulia (*anodic*) menuju ke metal yang lebih mulia (*katodik*) maka akan terindung dari korosi. Akibatnya metal yang kurang mulia berubah menjadi ion-ion positif karena kehilangan elektron. Ion-ion positif metal bereaksi dengan ion negative yang berada di dalam elektrolit sehingga menjadi garam metal, karena peristiwa tersebut permukaan anoda kehilangan metal sehingga terbentuklah sumur-sumur karat jika merata disebut serangan karat permukaan (*surface attack*).

b. Korosi Celah (*Crevice Corrosion*)

Korosi celah sebenarnya adalah sel korosi yang diakibatkan oleh perbedaan konsentrasi zat asam, dapat juga didefinisikan sebagai serangan terhadap paduan-paduan yang oksidasinya terpasifkan oleh ion-ion agresif seperti klorida dalam celah-celah atau daerah-daerah yang permukaan logamnya tersembunyi.

c. Korosi Terlokalisir (*Pitting Corrosion*)

Korosi ini disebut juga dengan korosi sumuran yaitu korosi lokal yang secara selektif menyerang di bagian permukaan pada logam yang mengakibatkan terjadinya lubang kecil yang dalam. Korosi ini terjadi pada logam yang dikenal tahan korosi, seperti aluminium dan stainless steel.

d. Korosi Batas Butir (*Intergranular Corrosion*)

Korosi ini terjadi bila di daerah batas butir terserang akibat adanya endapan di dalamnya. Batas butir sering menjadi tempat yang lebih disukai untuk proses pengendapan dan pemisahan yang teramat pada banyak paduan. Korosi ini sangat menurunkan kekuatan dan sulit dideteksi, sehingga kerusakan dapat terjadi tanpa diketahui tanda-tanda terjadinya. Korosi ini juga biasanya terjadi pada logam yang dikenal tahan korosi, seperti pada baja tahan karat.

e. Korosi Erosi (*Erosion Corrosion*)

Korosi erosi adalah bentuk korosi yang timbul ketika logam terserang akibat gerak relative antara elektrolit dan permukaan logam. Korosi ini dipercepat oleh adanya erosi yang ditimbulkan oleh gerakan cairan.

f. Korosi Tegangan (*Stress Corrosion*)

Korosi tegangan yaitu korosi yang timbul sebagai akibat adanya tegangan dan media yang korosif sehingga menyebabkan terjadinya keretakan, dapat juga di definisikan sebagai peretakan intergranular dan transgranular pada logam akibat kegiatan gabungan antara tegangan tarik statik dan lingkungan.

4. Bentuk-bentuk Kerugian Korosi

Bentuk-bentuk kerugian yang ditimbulkan dari proses korosi, dapat ditinjau dari beberapa aspek, yaitu :

a. Tampaknya (*appearance*)

Dari tampak luar, korosi mengakibatkan penampilan yang kurang sedap dipandang karena dengan adanya (timbulnya) karat di permukaan suatu logam yang terkorosi.

b. Biaya pemeliharaan

Dari segi pemeliharaan, dengan terjadinya proses korosi dapat menambah biaya pemeliharaan. Walaupun biaya awal mungkin lebih tinggi, biaya secara keseluruhan (termasuk biaya pemeliharaan) biasanya jauh lebih kecil. Karena dengan perancangan yang matang, umur dari suatu produk akan bisa lebih panjang dan akan lebih awet dan biaya ganti rugi kepada konsumen bisa lebih ditekan sehingga kerugian disektor penjualan akibat hilangnya kepercayaan konsumen serta produksi persediaan suku cadang dapat ditekan.

c. Berhentinya proses produksi

Dengan adanya proses korosi, dapat membuat aktivitas (kegiatan) di suatu perusahaan akan berkurang atau bahkan perusahaan tersebut tutup sehingga akan mengurangi hasil produksi hanya karena adanya suatu perbaikan yang terkena serangan korosi.

d. Pencemaran produk

Dengan terjadinya korosi yang menyerang suatu produk, menyebabkan produk tersebut dapat tercemar seperti pada makanan, minuman dan produk lain sehingga akan menurunkan mutu produk akibat terkontaminasi dari korosi tersebut terhadap bahan-bahan yang digunakan dalam proses produksi.

e. Keselamatan kerja rendah

Korosi menyebabkan berkurangnya kekuatan atau ketangguhan sehingga dapat menimbulkan akibat yang lebih serius, seperti : robohnya suatu konstruksi, meledaknya suatu pipa atau bejana bertekanan yang menimbulkan ledakan dan menelan korban jiwa, sehingga tingkat keselamatan rendah dan akhirnya menyebabkan biaya pekerja meningkat.

5. Pengujian

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Menghitung laju korosi pada umumnya menggunakan 2 cara, yaitu:

- a. Metode kehilangan berat
- b. Metode Elektrokimia

a. Metode Kehilangan Berat

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi. Metode ini mengukur kembali berat awal dari benda uji, kekurangan berat dari berat awal merupakan nilai kehilangan berat. Kekurangan berat dikembalikan kedalam rumus untuk mendapatkan laju kehilangan beratnya. Metode kehilangan berat dijalankan dengan waktu yang relatif lama dan dapat dijadikan acuan terhadap kondisi tempat objek diletakkan (dapat diketahui seberapa korosif daerah tersebut), juga dapat dijadikan referensi untuk *treatment* yang harus diterapkan pada daerah dan kondisi tempat objek tersebut.

b. Metode Elektrokimia

Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi. Kelemahan metode ini adalah tidak dapat menggambarkan secara pasti laju korosi, hingga secara umur pemakaian maupun kondisi untuk dapat di *treatment* tidak dapat diketahui. Kelebihan dari metode ini adalah kita langsung dapat mengetahui laju korosi pada saat diukur dan waktu pengukuran tidak memakan waktu yang lama.

Metode ini menggunakan pembanding dengan meletakkan salah satu material dengan sifat korosi yang sangat baik dengan bahan yang akan diuji hingga beda potensial yang terjadi dapat diperhatikan dengan adanya pembanding tersebut. Untuk mencari laju korosi ini menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R = 0,129 \frac{I_c \cdot x(E_w)}{\rho}$$

(Sumber : Fontana, 1987)

Dimana :

R = Laju Korosi (mpy) atau (mm/tahun)

I_{corr} = Rapat arus korosi ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)

E_w = Berat ekuivalen (gram/ekuivalen)

= Berat jenis (g/cm^3)

Sel potensial tiga elektroda merupakan perangkat laboratorium baku untuk penelitian kuantitatif terhadap sifat-sifat korosi material. Untuk hasil korosi yang terjadi lebih cepat di indikasi karena adanya porositi pada logam las dan juga akibat adanya heat input yang lebih besar (Riswanda, dkk, 2012).

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui pengaruh arus pengelasan terhadap kekuatan impak pada sambungan las *TIG* untuk aluminium.
- b. Mengetahui pengaruh arus pengelasan terhadap ketahanan korosi pada sambungan las *TIG* untuk aluminium.

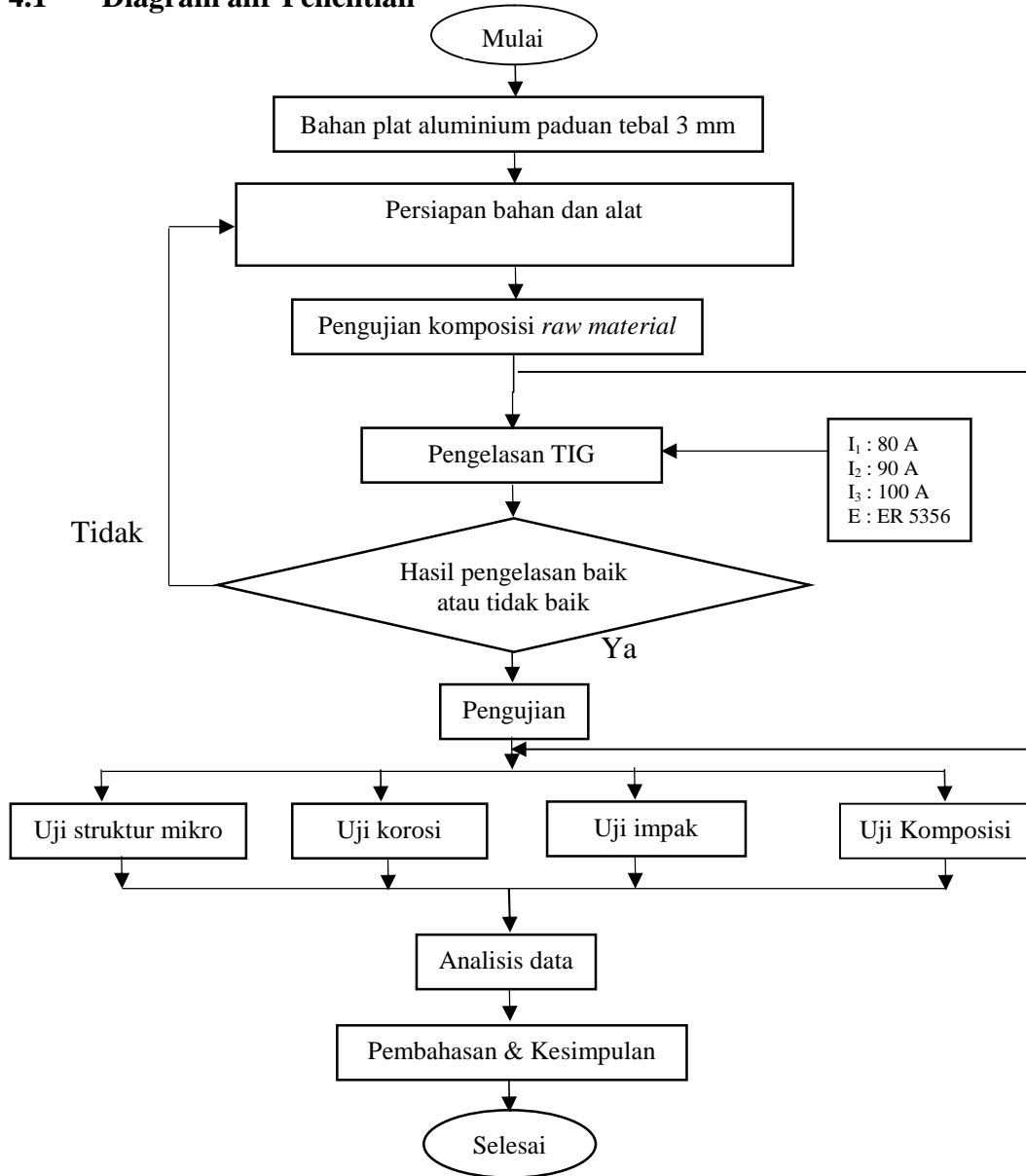
3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Hasil riset ini akan mendukung untuk industri struktur atau pemesinan.
2. Dapat dijadikan sebagai referensi untuk industri dan peneliti selanjutnya.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Diagram alir Penelitian



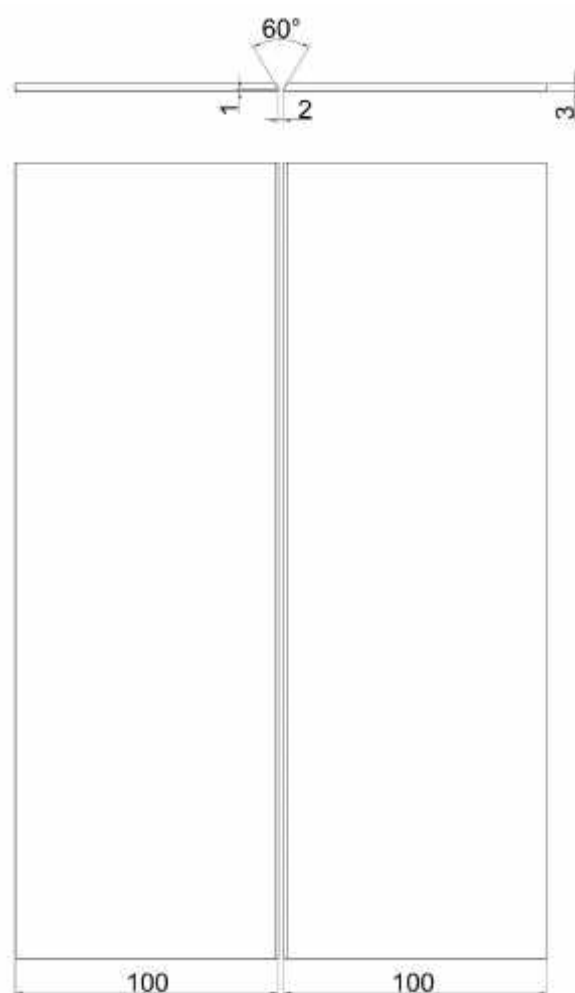
Gambar 4-10. Diagram alir penelitian

4.2 Bahan penelitian :

- Pelat Aluminium paduan dengan ukuran plat 300 mm x 100 mm x 3 mm
- Logam pengisi (*filler*) ER 5356 (AL-5%Mg)
- Amplas grit 100 mesh, 200 mesh, 400 mesh, 800 mesh, 1000 mesh

- Pasta poles merk Autosol
- Aquades
- Larutan HNO_3 (Asam Nitrat / *Nitric acid*) kadar 50% untuk bahan etsa
- Media korosi.
- Resin dan katalis
- Alat tulis, Kertas, *cartridge*, dll.

Bahan berupa plat strip Aluminium paduan dengan ukuran 2500 mm x 680 mm x 3 mm. Setelah itu plat tersebut dipotong dengan ukuran 300 mm x 100 mm x 3 mm dengan jumlah potongan sebanyak 8 buah dan untuk kampuh pengelasan yaitu kampuh V dengan sudut 60° , seperti ditunjukkan pada gambar di bawah :



Gambar 4.11. Bentuk kampuh V

4.3 Peralatan penunjang yang digunakan :

- Mesin Las TIG, milik Laboratorium INLASTEK Surakarta..
- Mesin pemoles *specimen*, milik Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta.
- Alat uji komposisi milik POLMAN Ceper Klaten.
- Mesin uji impak, milik Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin UGM Yogyakarta.
- Microscope Optic, milik Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin UGM Yogyakarta.
- Alat uji korosi, milik Laboratorium Pusat Sains Dan Teknologi Akselerator Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Yogyakarta.
- Komputer dan alat tulis.

4.4 PROSEDUR PENELITIAN

4.4.1 Proses pengelasan

Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah pengelasan dengan memakai busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda yang terbuat dari tungsten. Sedang sebagai bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari pistol las (*welding gun*). Bahan penambah berupa batang las (*filler rod*), yang dicairkan oleh busur nyala tersebut, mengisi kampuh bahan induk. Batang las (*filler rod*) yang akan digunakan yaitu elektroda AWS A5.12 ER 5356 dengan diameter 1,6 mm. Untuk mencegah oksidasi digunakan gas mulia (seperti Argon, Helium, Freon) dan CO₂ sebagai gas pelindung.

Proses pengelasan menggunakan mesin las TIG dengan variabel besarnya arus pengelasan. Pelaksanaan persiapan bahan las di Laboratorium Manufaktur Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta dan proses las TIG dilaksanakan di Laboratorium INLASTEK Surakarta.

4.4.2 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan dengan mikroskop optik dan pengamatan dilakukan pada arah transversal hasil pengelasan TIG. Persiapan spesimen untuk pengujian meliputi pemotongan, penampang permukaan lasan dilakukan pengamplasan dan

pemolesan (*polishing*), selanjutnya dietsa. Proses *etsa* dengan diberi cairan HNO_3 (Asam Nitrat / *Nitric acid*) kadar 50%, kemudian diamati dengan mikroskop optik.

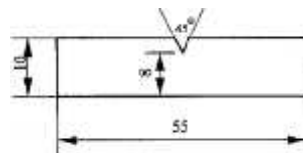


Gambar 4-12. Mikroskop optik.

4.4.3 Pengujian Impak (*Impact Test*)

Kekuatan impak dapat diketahui dengan menggunakan alat uji impak (*impact test*) setelah proses pengelasan *TIG*.

Pemotongan spesimen untuk uji *impact* sesuai spesifikasi standar yang ditunjukkan pada gambar 4-13.



Gambar 4-13. Spesimen Uji Impak mengacu ASTM E 23, Type A

Uji *Impact* ini bertujuan untuk mengukur ketangguhan atau kemampuan suatu bahan dalam menyerap energi sebelum patah.

a. Energi patah spesimen :

$$W = G \times R (\cos \theta - \cos \phi)$$

Dengan :

W = energi patah spesimen (Joule)

G = Berat pendulum (N)

R = Jarak pendulum ke pusat rotasi (m)

= sudut pendulum setelah menabrak specimen ($^{\circ}$)

= sudut pendulum tanpa specimen ($^{\circ}$)

b. Kekuatan impak spesimen :

$$\alpha = \frac{W}{h+b}$$

Dengan :

a = kekuatan impak spesimen (J/mm^2)

w= energi terserap spesimen (J)

h = tebal spesimen (mm)

b = lebar spesimen (mm)

4.4.4 Pengujian laju korosi.

Uji elektrokimiawi dilakukan menggunakan sel tiga elektoda yang berkaitan dengan elektroda Calomel jenuh (Hg_2Cl_2) elektroda (SCE) sementara elektroda pembantu yang digunakan adalah platinum. Uji korosi dilakukan di lingkungan air laut murni. Peralatan uji korosi tipe sel tiga elektrode dengan potensiostat tipe PGS-201T milik Pustek Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) Yogyakarta.

Akurasi hasil pengukuran nilai rapat arus korosi sangat diperlukan, karena rapat arus korosi sebanding dengan laju korosi suatu logam dalam lingkungannya. Telaah ini sesuai dengan persamaan laju korosi dalam mils (0,001 inch) per year (mpy), menurut Jones,(1991) seperti berikut :

$$r = 0,129 \frac{ai}{nD}$$

Dimana :

r = laju korosi (mpy)

a = berat atom

i = rapat arus korosi ($\mu\text{A}/\text{Cm}^2$)

n = valensi atom

D = berat jenis sampel (gr/Cm^3)

Perhitungan laju korosi untuk paduan, terlebih dahulu dihitung berat equivalennya (*equivalen weight = EW*) dengan persamaan, menurut Jones, (1991) sebagai berikut :

$$EW = N_{EQ}^{-1}$$

$$N_{EQ} = \sum \left[\frac{\omega_i}{a_i/n_i} \right] = \sum \left[\frac{\omega_i \cdot n_i}{a_i} \right]$$

- Dimana : EW = berat equivalen
 N_{EQ} = nilai equivalen total
 ω_i = fraksi berat
 a_i = nomor massa atom
 n_i = elektron valensi

Dengan demikian persamaan (12) menjadi :

$$r = \frac{i_{cor}(EW)}{D} = 0,129 \text{ -----}$$

Laju korosi dari rumus diatas didapat dalam satuan mils per year dapat diartikan sebagai mili per tahun yang berarti hilangnya berat sebagian spesimen karena pengaruh korosi dalam satuan mili inci per tahun. Konversi mils per year ke satuan metrik dapat dilihat dari rumusan di bawah :

$$1 \text{ mpy} = 0,0254 \frac{\text{mm}}{\text{yr}} = \frac{25,4 \mu\text{m}}{\text{yr}} = \frac{2,9 \text{nm}}{\text{yr}} = \frac{0,805 \text{ m}}{\text{yr}}$$

Selanjutnya perbandingan mpy dan satuan metrik memberikan peringkat sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4-7.

Tabel 4-7. Perbandingan Mpy dan Metric (Jones,1992)

<i>Relative Corrosion Resistance</i>	Mpy	$\frac{\text{mm}}{\text{yr}}$	$\frac{\mu\text{m}}{\text{yr}}$	$\frac{\text{nm}}{\text{yr}}$	$\frac{\text{m}}{\text{yr}}$
<i>Outstanding</i>	1	0.02	25	2	1
<i>Excelent</i>	1-5	0.02-0.1	25-100	2-10	1
<i>Good</i>	5-20	0.1-0.5	100-500	10-50	20-50
<i>Fair</i>	20-50	0.5-1	500-1000	50-150	20-50
<i>Poor</i>	50-100	1-5	1000-5000	150-500	50-200
<i>Unacceptable</i>	200+	5+	5000+	500+	200+

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Material

Material yang digunakan dalam penelitian menggunakan Aluminium paduan, uji komposisi dilakukan pada *raw material* dan daerah las (*weld metal*), dan hasil pengujian komposisi kimia (dalam % wt) seperti ditunjukkan pada tabel 5.8.

Tabel 5.8. Hasil pengujian komposisi kimia (dalam % wt)

Unsur	Kadar (%)	
	<i>Raw Material</i>	<i>Weld Metal</i>
Al	95,67	96,11
Si	0,34	0,32
Fe	0,35	0,67
Cu	0,16	0,16
Mn	<0,02	0,02
Mg	0,07	1,20
Cr	*3,19	*1,07
Ni	<0,02	0,02
Zn	0,18	0,43
Total	100	100

Tabel 5.8. menunjukkan bahwa *raw material* mengandung unsur utama : Cr sebesar 3,19%, Fe sebesar 0,35% dan Si sebesar 0,34%. Berdasarkan hasil uji komposisi *raw material* termasuk dalam kategori paduan Al-Cr-Fe-Si

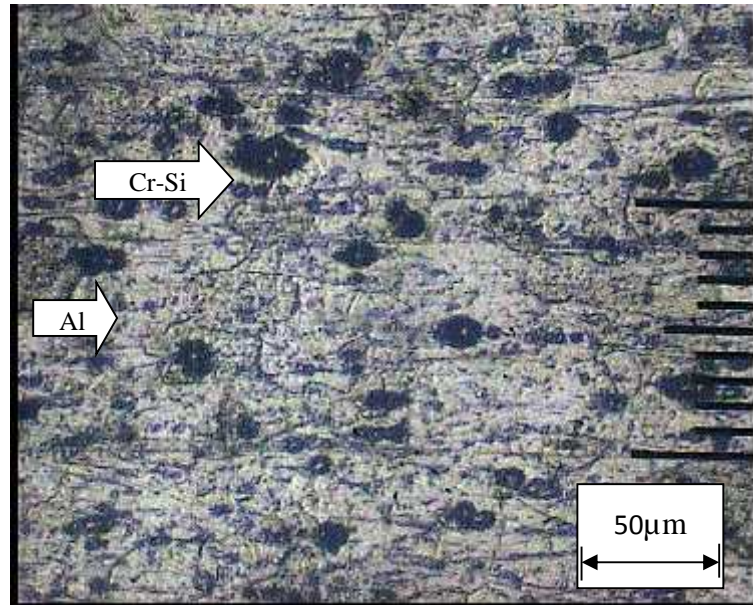
Sedangkan pada daerah las (*weld metal*) terdapat kandungan unsur Cr sebesar 1,07%, Mg sebesar 1,20%, Fe sebesar 0,67% dan Si sebesar 0,32%. Pada daerah las kandungan Mg terlihat lebih besar dari pada *raw material* dikarenakan pada daerah las ada penambahan *filler* ER 5356 dimana kandungan *filler* tersebut mempunyai unsur Mg 4.5% - 5.5%.

5.2 Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro

Proses pengelasan yang dilakukan pada benda uji plat aluminium paduan akan menyebabkan terjadinya sifat pemanasan dan pendinginan yang dapat

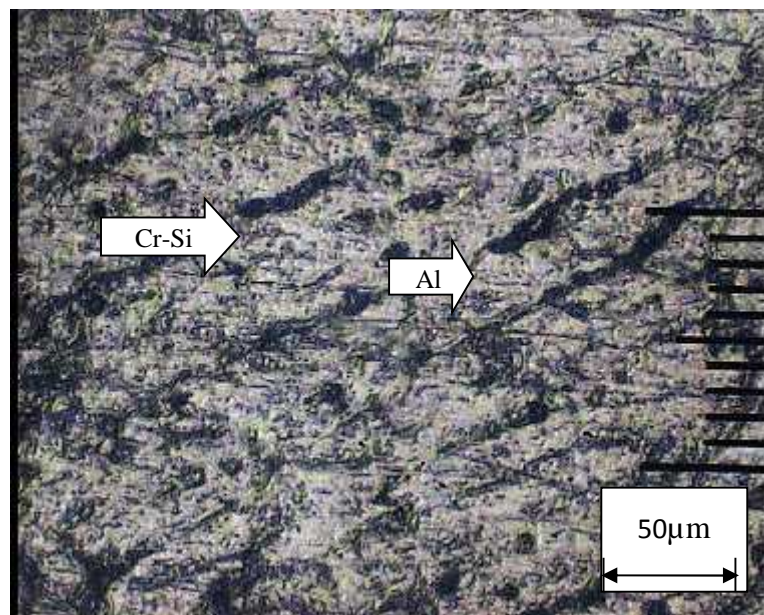
merubah struktur mikro dari suatu logam. Pada hasil uji struktur mikro yang terbentuk pada daerah *weld metal*, HAZ dan *raw material* dapat terlihat jelas perbedaan satu dengan lainnya, hasil uji struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 5.14 – 5.18. Gambar hasil uji struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 100 kali.

1. Hasil pengujian struktur mikro logam induk (*raw material*)



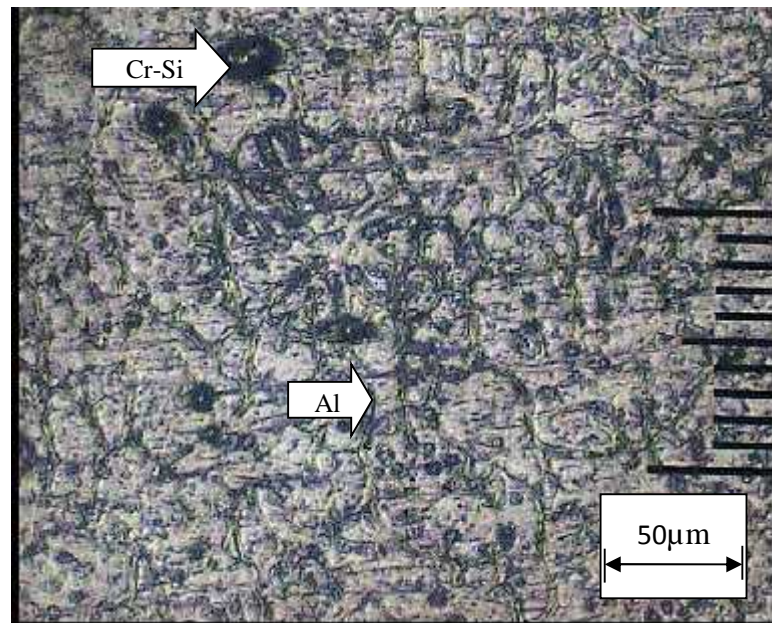
Gambar 5.14. Foto struktur mikro daerah logam induk (*raw material*)

2. Hasil pengujian struktur mikro daerah HAZ

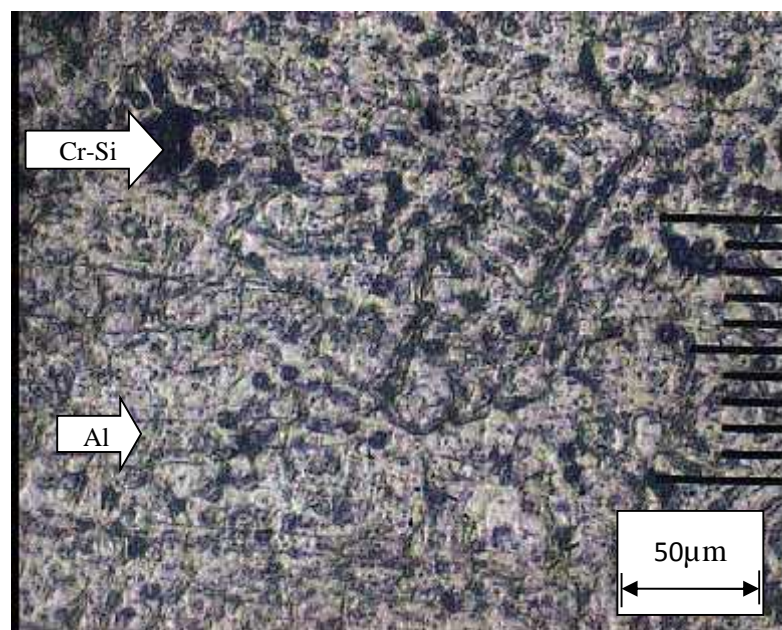


Gambar 5.15. Foto struktur mikro daerah HAZ 90 A

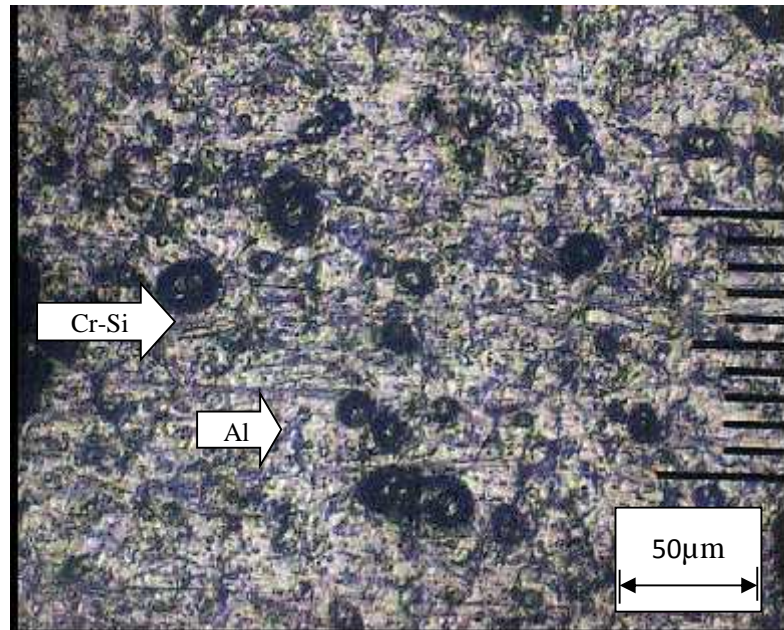
3. Hasil pengujian struktur mikro daerah las (*weld metal*)



Gambar 5.16. Foto struktur mikro daerah las (*weld metal*) 80 A



Gambar 5.17. Foto struktur mikro daerah las (*weld metal*) 90 A



Gambar 5.18. Foto struktur mikro daerah las (*weld metal*) 100 A

Keterangan:

Al : Aluminium

Cr-Si : Chromium-Silikon

HAZ : *Heat Affected Zone*

Pengelasan dengan menggunakan las *Tungsten Inert Gas* (TIG) dengan variasi arus 80 A, 90 A dan 100 A akan menentukan struktur mikro yang terbentuk, hal ini dikarenakan adanya pengaruh besar kecilnya arus listrik, jenis elektroda, besar sudut kampuh, dan prosedur pengelasan. Dari hasil foto struktur mikro apabila diamati maka akan mempunyai bentuk, ukuran, dan formasi struktur yang hampir sama.

Bentuk butiran aluminium paduan semakin kecil dan merapat seiring bertambahnya Cr (*chromium*) sebesar 3,19% dan Si (*silicon*) sebesar 0,34%. Spesimen yang memiliki struktur butiran kecil dan rapat memiliki keuletan dan kekuatan yang lebih tinggi bila dibandingkan spesimen dengan struktur butiran yang lebih besar. Bagian dari stuktur yang tidak terisi atau dialiri *chromium silicon eutentik* akan muncul sebagai porositas penyusutan. Kekosongan ini dapat disebabkan oleh tiga hal yaitu :

- 1) *Chromium silicon euntektik* yang berbentuk sedikit (sehingga tidak mampu mengisi semua rongga yang ada).

- 2) Sulitnya logam cair mengalir dalam struktur dendritik pada rongga cetakan yang kecil.
- 3) Proses pembekuan logam cair yang terjadi dalam waktu yang bersamaan, sehingga proses *feeding* saat proses pembekuan tidak terjadi.

Dari tiga hal ini memungkinkan untuk terjadinya porositas penyusutan yang menjadikan spesimen retak. Peningkatan komposisi *chromium-silicon eutetik* akan memperbesar kemampuan *feeding* saat pembekuan. Jika jumlah *chromium-silicon* dalam paduan Al-Cr-Si semakin besar, maka panjang retak panas intergranular dan indeks retak panas yang dihasilkan akan semakin kecil.

Struktur mikro yang terbentuk dari pengelasan posisi bawah tangan las TIG kampuh 60° pada daerah *raw material* dan *weld metal* variasi arus 100 A terlihat bahwa butiran Cr-Si hanya sedikit yang menyebar dan berbutir besar, berbeda dengan daerah HAZ variasi arus 90 A dan *weld metal* variasi arus 80 A dan 90 A paduan Cr-Si terlihat menyebar, merata, dan berbutir kecil. Perubahan struktur mikro pada proses pengelasan tidak terlepas dari pengaruh panas yang ditimbulkan selama proses pengelasan. Perubahan struktur mikro terjadi pada daerah *fusion line*, daerah ini merupakan daerah pencampuran logam pengisi dan *base metal*.

Perubahan struktur mikro yang terjadi pada variasi arus daerah HAZ dan *weld metal* dipengaruhi oleh *heat input* pada saat proses pengelasan. Daerah HAZ yang terpengaruh panas akan melarutkan endapan partikel ke dalam aluminium dengan kelarutan yang berbeda-beda untuk setiap titiknyanya. Hal ini mengakibatkan terjadinya pengurangan jumlah endapan partikel sebelum dan sesudah pengelasan. Akibatnya pengaruh panas akan menyebabkan perubahan butir pada daerah tersebut.

5.3 Analisis Hasil Pengujian Korosi

Pengujian korosi dilakukan dengan mengamati laju korosi pada pengelasan TIG aluminium paduan dengan variasi arus 80 A, 90 A dan 100 A menggunakan teknik polarisasi metode elektrokimia sel tiga elektroda. Media korosi yang digunakan adalah air laut. Untuk mengetahui nilai kuantitatif dari

logam yang mengalami korosi dapat dihitung dengan rumus laju korosi sesuai persamaan :

$$R = 0,129 (I_{corr} \cdot E_w) / \rho$$

(Sumber : Fontana, 1987)

Keterangan : R = Laju korosi (mpy) atau (mm/tahun)

I_{corr} = Rapat arus korosi ($\mu A/cm^2$)

E_w = Berat ekuivalen (gram/ekuivalen)

= Berat jenis (gram/cm³)

Dicari terlebih dahulu berat ekuivalennya (*Equipment Weight/E_w*). Untuk mencari berat ekuivalen digunakan rumus :

$$N_{EQ} = \sum [(n_i \cdot f_i) / i]$$

$$E_w = N_{EQ}^{-1}$$

Keterangan :

E_w = berat ekuivalen

N_{EQ} = nilai ekuivalen total

f_i = fraksi berat

i = elektron valensi

n_i = nomor massa atom

Contoh perhitungan laju korosi aluminium paduan pada *raw material* dalam larutan air laut dengan pH 6,317 sebagai berikut :

Diketahui :

Rapat arus korosi (I_{cor}) = 250,340 $\mu A/cm^2$

Berat atom : Al = 26,98 satuan massa atom (sma)

Cr = 52,00 satuan massa atom (sma)

Fe = 55,85 satuan massa atom (sma)

Si = 28,09 satuan massa atom (sma)

Berat jenis : () = 2,70 gram/cm³

Valensi : Al = 3

Cr = 6

Fe = 6

Si = 4

1 mpy = 0,0254 mm/tahun (Fontana, 1987)

$$E_w = [\{ (\text{Berat atom Al}) / \text{Valensi Al} \} \times 95,67\% \text{Al}] + [\{ (\text{Berat atom Cr}) / \text{Valensi Cr} \} \times 3,19\% \text{Cr}] + [\{ (\text{Berat atom Fe}) / \text{Valensi Fe} \} \times 0,35\% \text{Fe}] + [\{ (\text{Berat atom Si}) / \text{Valensi Si} \} \times 0,34\% \text{Si}]$$

$$E_w = [\{ (26,98) / 3 \} \times 95,67\% \text{Al}] + [\{ (52,00) / 6 \} \times 3,19\% \text{Cr}] + [\{ (55,85) / 6 \} \times 0,35\% \text{Fe}] + [\{ (28,09) / 4 \} \times 0,34\% \text{Si}]$$

$$E_w = [8,60 + 0,27 + 0,03 + 0,02] \text{ gram / ekuivalen}$$

Jadi laju korosi :

$$R = 0,129 (I_{\text{corr}} \cdot E_w) / \rho$$

$$R = 0,129 (250,340 \cdot 8,92) / 2,70$$

$$R = 106,68 \text{ mpy} \times 0,0254 \text{ mm/tahun}$$

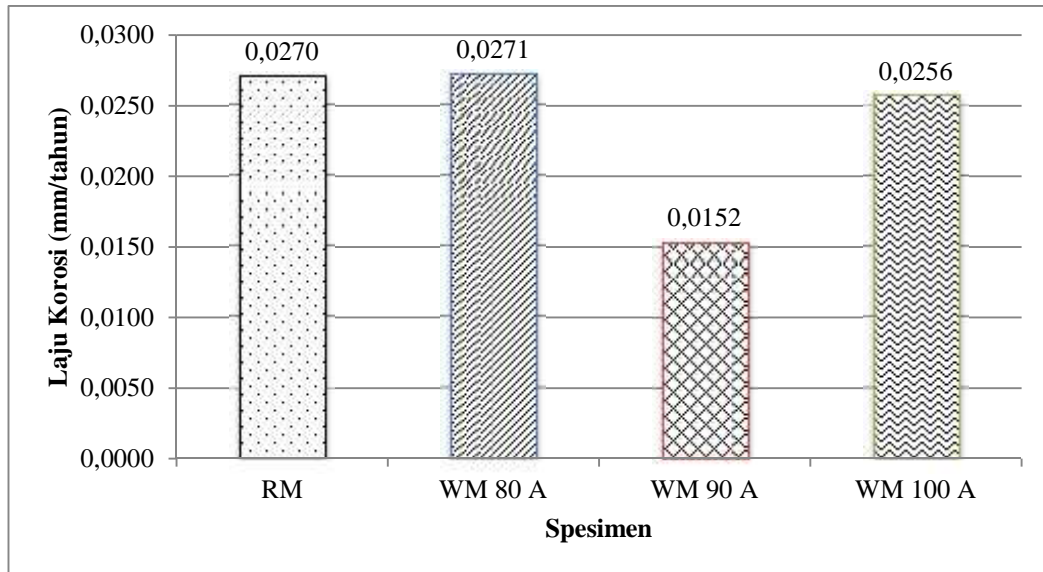
$$R = 2,70 \text{ mm/tahun} \times 0,01$$

$$R = 0,0270 \text{ mm/tahun}$$

Tabel 5.9. Hasil pengujian korosi aluminium paduan

Spesimen	I _{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Laju korosi (mm/tahun)
Raw material	250,340	0,0270
<i>Weld metal</i> 80 A	250,950	0,0271
HAZ 80 A	189,590	0,0205
<i>Weld metal</i> 90 A	140,870	0,0152
HAZ 90 A	192,090	0,0207
<i>Weld metal</i> 100 A	237,350	0,0256
HAZ 100 A	232,210	0,0251

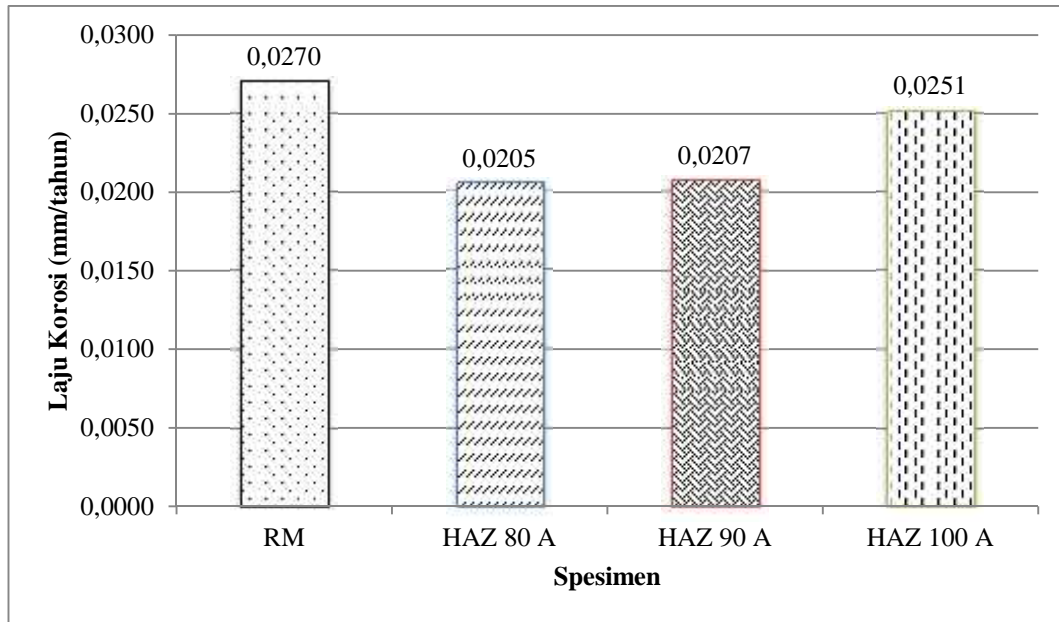
* Faktor koreksi alat uji sebesar 0,01



Gambar 5.19. Grafik laju korosi *raw material* dan daerah *weld metal*

Dari grafik laju korosi diatas diperoleh nilai laju korosi *raw material* 0.0270 mm/tahun, sedangkan nilai laju korosi *weld metal* 80 A adalah 0.0271 mm/tahun. Hal ini berarti laju korosi di *weld metal* 80 A lebih cepat dari laju korosi *raw material*. Nilai laju korosi *weld metal* 90 A adalah 0.0152 mm/tahun, berarti lebih lambat dari laju korosi *raw material* dan laju korosi *weld metal* 80 A. Nilai laju korosi *weld metal* 100 A adalah 0.0256 mm/tahun, hal ini berarti laju korosi lebih lambat dari laju korosi *raw material* dan laju korosi *weld metal* 80 A tetapi lebih cepat dari laju korosi *weld metal* 90 A.

Hasil dari nilai laju korosi pada las variasi arus 80 A, 90 A dan 100 A diketahui bahwa nilai laju korosi paling lambat terletak pada laju korosi *weld metal* 90 A yaitu sebesar 0.0152 mm/tahun. Hal ini berarti hasil korosi terbaik terletak pada las variasi arus 90 A yaitu sebesar 0.0152 mm/tahun.



Gambar 5.20. Grafik laju korosi *raw material* dan HAZ

Dari grafik laju korosi diatas diperoleh nilai laju korosi *raw material* 0.0270 mm/tahun, sedangkan nilai laju korosi daerah HAZ 80 A sebesar 0.0205 mm/tahun. Hal ini berarti laju korosi lebih lambat dari laju korosi *raw material*. Nilai laju korosi pada daerah HAZ 90 A adalah 0.0207 mm/tahun, berarti laju korosi lebih lambat dari *raw material* dan lebih cepat dari laju korosi HAZ 80 A. Nilai laju korosi daerah HAZ 100 A adalah 0.0251 mm/tahun, hal ini berarti laju korosi lebih lambat dari laju korosi *raw material*, tetapi lebih cepat dari laju korosi daerah HAZ 80 A dan laju korosi HAZ 90 A.

Hasil dari nilai laju korosi pada daerah HAZ variasi arus 80 A, 90 A dan 100 A diketahui bahwa nilai laju korosi paling lambat terletak pada daerah HAZ 80 A yaitu sebesar 0.0205 mm/tahun. Hal ini berarti hasil laju korosi terbaik pada daerah HAZ variasi arus 80 A yaitu sebesar 0.0205 mm/tahun.

Tabel 5.10. Tingkat ketahanan korosi berdasarkan harga MPY

Tingkat Ketahanan	Korosi	Mpy	Konversi kesatuan-satuan lain			
			mm/yr	$\mu\text{m/yr}$	nm/hr	pm/sec
Luar Biasa	< 1	< 1	< 0,02	< 25	< 2	< 1
Sangat Baik	1-5	1-5	0,02-0,1	25-100	2-10	1-5
Baik	5-20	5-20	0,1-0,5	100-500	10-50	5-20

Cukup Baik	20-50	0,5-1	500-1000	50-150	20-50
Kurang Baik	50-200	1-5	1000-5000	150-500	50-200
Tidak Dianjurkan	200 +	5 +	5000 +	500 +	200 +

(Sumber : Fontana, 1987).

Secara umum laju korosi menurut Fontana dari tabel 5.10 tingkat ketahanan korosi berdasarkan MPY, maka aluminium paduan Al-Cr-Si jika diuji dengan media larutan air laut ketahanan korosinya luar biasa dan sangat baik.

5.4 Analisis Hasil Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan menggunakan metode pengujian impak *Charpy*. Standar benda uji mengacu ASTM E 23 *Type A*. Panjang lengan ayun 0.8 meter, dengan berat palu 20 kg. Untuk pengujian spesimen uji *weld metal* dengan variasi arus 80 A, 90 A dan 100A dilakukan sebanyak 2 kali dengan sudut 151,0°. Nilai impak dari spesimen uji dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$HI = E / I$$

(Sumber : Djoko S., 2014)

Dimana : HI : harga impak (J/mm²)

E : energi terserap (J)

A : luas (mm²)

Contoh perhitungan salah satu hasil uji impak *Charpy* (HI) spesimen uji aluminium paduan *raw material* pada titik pertama adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$E = 4,6 \text{ J}$$

$$A = 34,1 \text{ mm}^2$$

Sehingga :

$$HI = E / I$$

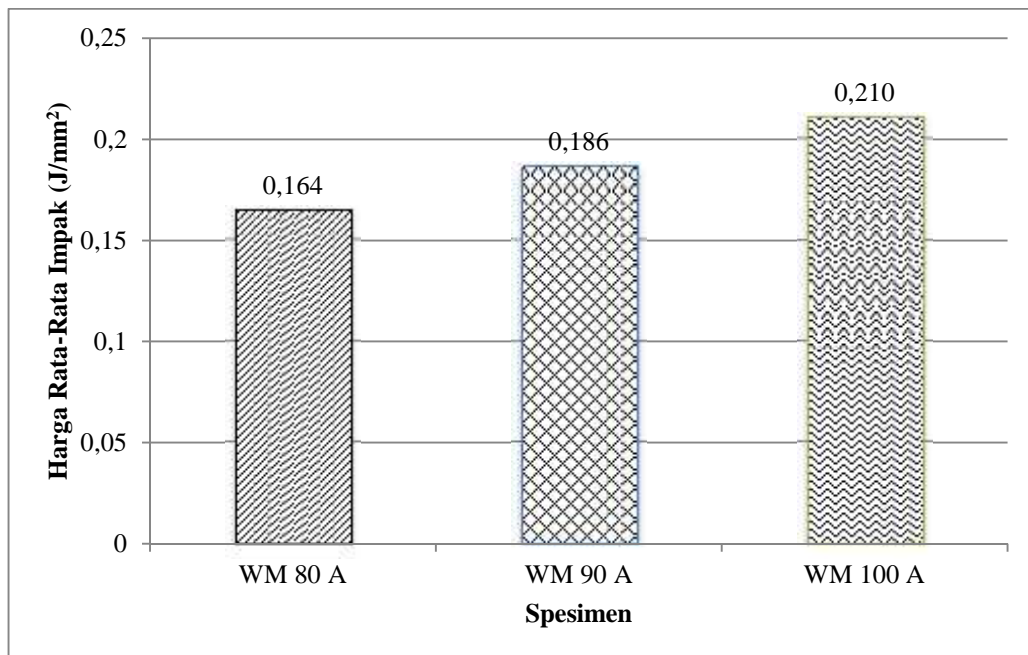
$$HI = 4,6 \text{ J} / 34,1 \text{ mm}^2$$

$$HI = 0,136 \text{ J/mm}^2$$

Tabel 5.11. Hasil Pengujian Impak Spesimen Aluminium Paduan

NO.	Kode Spes. (A)	Sudut (°)	Energi Terpasang (J)	Sudut β (°)	Energi Terserap (J)	Luas (mm ²)	Harga Impak (J/mm ²)
1	A.80 – 1	151.0	300	147.8	4.6	34.1	0.136
2	A.80 – 2	151.0	300	146.5	6.5	33.8	0.193
3	A.90 – 1	151.0	300	145.8	7.7	39.0	0.197
4	A.90 – 2	151.0	300	146.5	6.5	37.0	0.176
5	A.100 – 1	151.0	300	146.0	7.3	35.1	0.208
6	A.100 – 2	151.0	300	146.0	7.3	34.3	0.213

Berdasarkan tabel 5.11 hasil pengujian impak di atas menunjukkan nilai rata-rata impak yang tertinggi adalah pada variasi arus 80 A 0.164 J/mm² dan yang paling rendah variasi arus 100 A 0.210 J/mm².



Gambar 5.21. Grafik hasil rata-rata pengujian impak pada *weld metal*

Dari data dan grafik diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa pengujian impak pada variasi arus 100 A mempunyai nilai rata-rata ketangguhan (*impact*) tertinggi 0.210 J/mm². Lalu di variasi arus 90 A dengan 0.186 J/mm² dan sampai yang paling rendah pada variasi arus 80 A dengan 0.164 J/mm². Nilai uji

ketangguhan ini dapat dihubungkan dengan struktur mikro yang terjadi dan masukan panas yang diterima saat proses pengelasan berlangsung. Struktur mikro pada *weld metal* variasi arus 100 A terlihat banyak Cr-Si berbutir besar yang menyebabkan pada daerah ini mempunyai nilai ketangguhan yang tinggi. Berbeda dengan *weld metal* variasi arus 80 A dan 90 A terlihat banyak Cr-Si berbutir kecil yang menyebabkan daerah ini menjadi getas/mudah patah. Porositas merupakan hal yang juga menjadi penyebab penurunan nilai ketangguhan suatu bahan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil penelitian pengelasan dengan menggunakan las *Tungsten Inert Gas* (TIG) pada aluminium paduan berukuran 300 mm x 100 mm x 3 mm, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari pengujian komposisi menunjukkan *raw material* mengandung unsur utama : Cr sebesar 3,19%, Fe sebesar 0,35% dan Si sebesar 0,34%. %. Semula diduga bahwa *raw material* adalah paduan aluminium seri 6xxx, tetapi ternyata hasil uji komposisi menyatakan kadar Mg sangat kecil hanya 0,07%. Dengan hal ini maka aluminium ini mendekati ke aluminium seri 4xxx dengan kandungan Si yang tinggi. Akan tetapi dalam kandungan aluminium ini tidak hanya Si saja, ada kandungan yang lain yaitu Cr dan Fe dengan nilai yang tinggi juga. Berdasarkan hasil uji komposisi *raw material* termasuk dalam kategori paduan Al-Cr-Fe-Si.
2. Hasil struktur mikro yang terbentuk dari pengelasan posisi bawah tangan las TIG kampuh 60° pada daerah *raw material* dan *weld metal* variasi arus 100 A terlihat bahwa butiran Cr-Si hanya sedikit yang menyebar dan berbutir besar, berbeda dengan daerah HAZ variasi arus 90 A dan *weld metal* variasi arus 80 A dan 90 A paduan Cr-Si terlihat menyebar, merata dan berbutir kecil.
3. Hasil pengujian laju korosi menunjukkan bahwa laju korosi *weld metal* yang terbaik adalah pada *weld metal* dengan arus 90 A sebesar 0.0152 mm/tahun. Untuk yang di daerah HAZ laju korosi yang terbaik adalah pada HAZ dengan arus 80 A dan 90 A yaitu sebesar 0.0205 mm/tahun dan 0.0207 mm/tahun. Nilai antara arus 80 A dan 90 A hanya berselisih 0.002 mm/tahun, nilai yang kecil untuk selisih ini. Secara umum laju korosi ini dengan mengacu dengan tabel tingkat ketahanan korosi berdasarkan MPY, maka aluminium paduan Al-Cr-Si jika diuji dengan media larutan air laut ketahanan korosinya luar biasa dan sangat baik.
4. Hasil pengujian impak yang terbaik pada *weld metal* variasi arus 100 A mempunyai nilai rata-rata ketangguhan (*impact*) tertinggi 0.210 J/mm². Jika

nilai pengujian ini dihubungkan dengan pengujian impak memiliki keterkaitan antara pengujian struktur mikro dengan pengujian impak. Karena pada *weld metal* variasi arus 100 A terlihat banyak Cr-Si menyebar dan berbutir besar sehingga daerah ini memiliki ketangguhan atau ketahanan terhadap beban kejut yang lebih baik, lebih keras dan lebih kuat dari *weld metal* 80 A dan 90 A yang memiliki Cr-Si berbutir kecil. Berbanding terbalik jika diuji kekerasan, lebih ulet yang berbutir kecil daripada berbutir besar.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka saran yang dapat diajukan agar penelitian selanjutnya lebih baik dan menyempurnakan penelitian ini adalah :

1. Alumunium yang akan di las sebaiknya dipastikan terlebih dahulu masuk ke seri berapakah alumunium tersebut.
2. Dalam pengelasan TIG penggunaan parameter las harus diperhatikan yaitu mengenai kecepatan las, besar arus, jenis elektroda dan parameter lainnya untuk mendapatkan hasil lasan yang maksimal serta untuk mengurangi kesalahan atau cacat las pada logam las.
3. Untuk pengujian impak terdapat kendala yaitu kekurangan spesimen untuk perbandingan pada daerah HAZ, mungkin di penelitian selanjutnya untuk bahan lasan bisa lebih panjang agar tidak kekurangan spesimen.
4. Karena adanya 2 arus yaitu pada kuat arus 80 A dan 90 A yang menghasilkan nilai uji korosi pada HAZ hanya berselisih 0,0002 mm/tahun, maka pada penelitian selanjutnya yang akan dikembangkan bisa menggunakan arus di antara 80 A – 90 A yaitu 85 A.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad R. A., Sarjito J., Samuel, 2016, **Pengaruh Kuat Arus Listrik, Temperatur Dan Variasi Sudut Kampuh Terhadap Kekuatan Impact Aluminium 5083 Pengelasan GTAW dengan Gas Pelindung Helium**, Tidak dipublikasikan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Callister W. D., 2007, **Materials Science And Engineering An Introduction**, Seventh edition, Wiley Asia Student Edition, Utah.
- Djoko S., 2014, **Modul Praktikum Material Teknik**, Tidak dipublikasikan, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.
- Faozi A., 2013, **Modul Las**, Tidak dipublikasikan, SMK N 2 Sekayu, Padang.
- Fontana M. G., 1987, **Corrosion Engineering**, Third edition, Hill Book Company, Singapura.
- Mandal, 2005, **Aluminium Welding**, Second Edition, Department of Ocean Engineering and Naval Architecture, India.
- Prawira M. Z., Sarjito Joko Sisworo & Samuel, 2015, **Pengaruh Perbedaan Suhu Terhadap Kekuatan Impact Aluminium 5083 Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas**, Tidak dipublikasikan, Jurnal penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Riswanda & Mochammad Noer Ilman, 2012, **Pengaruh Variasi Arus Terhadap Sifat Mekanik Dan Korosi Sambungan Las Tak Sejenis Aluminium Paduan 5083 dan 6061-T6**, Tidak dipublikasikan, Jurnal penelitian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sholichuddin M. & Subowo, 2012, **Perbedaan Sifat Mekanik Hasil Penyambungan Las GTAW Pada Aluminium 6061 Dengan Filler ER 4043 Dan ER 5356**, Tidak dipublikasikan, Jurnal penelitian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sindo Kou, 2003, **Welding Metallurgy**, Second edition, Wiley Interscience Publication, New Jersey.
- Sri Widharto, 2006, **Petunjuk Kerja Las**, Cetakan keenam, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tata Surdia & Shinroku Saito, 1999, **Pengetahuan Bahan Teknik**, Cetakan keempat, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Trethewey & J. Chamberlain, 1991, **Korosi**, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

- Van Vlack & Ny. Sriati Djaprie, 1983, **Ilmu dan Teknologi Bahan**, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
- Yuwono A. H., Dr. Ir. M.Phil.Eng., 2009, **Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak (*Destructive Testing*)**, Tidak dipublikasikan, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Wawan H., 2016, **Pengaruh Arus Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Produk Las Tembaga dan Baja Karbon dengan Metode Tungsten Inert Gas (TIG)**, Tidak dipublikasikan, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Wirjosumarto & Toshie Okumura, 2000, **Teknologi Pengelasan Logam**, Cetakan kedelapan, Pradnya Paramita, Jakarta.

Lampiran 1 : Instrumen Penelitian.

Instrumen penelitian yang digunakan antara lain :

- Pelat Aluminium paduan tebal 3 mm
- Mesin Las TIG, milik Laboratorium INLASTEK Surakarta.
- Mesin pemoles specimen, milik Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin UGM Yogyakarta.
- Alat uji komposisi, milik Laboratorium Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten, Jawa Tengah.
- Microscope Optic, milik Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin UGM Yogyakarta.
- Mesin uji impak (*impact tester*) milik Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin UGM Yogyakarta.
- Alat uji korosi, milik Laboratorium Pusat Sains Dan Teknologi Akselerator Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Yogyakarta.
- Komputer
- Alat tulis dan lainnya.

Lampiran 2 : Biodata Peneliti

1	Nama Lengkap	Ir. Wartono, M.Eng.
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Jabatan Fungsional	Lektor (200 AK)
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	19621115 199403 1 001
5	NIDN	0015116201
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Yogyakarta, 15 Nopember 1962
7	E-mail	wartono_sttnas@yahoo.com
8	Nomor Telepon/HP	(0274) 866457, 08164225377
9	Alamat Kantor	Jl. Babarsari, Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta
10	Nomor Telepon/Faks.	(0274) 485390, Fax. 0274-485619
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = 25 orang; S-2 = 0 orang; S-3 = 0 orang
12	Mata Kuliah yang Diampu	1. Elemen Mesin 1 2. Elemen Mesin 2 3. Teknik Pengelasan 4. Gambar Mesin



SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

TERAKREDITASI DAN BERSERTIFIKAT SMM ISO 9001:2008

TEKNIK GEOLOGI (S1)
TEKNIK SIPIL (S1)
TEKNIK MESIN (S1)
TEKNIK ELEKTRO (S1)

TEKNIK PERTAMBANGAN (S1)
TEKNIK PLANOLOGI (S1)
TEKNIK MESIN (DIII)
TEKNIK ELEKTRO (DIII)



CERTIFICATE NO. ID10/01471

Jl. Babarsari Caturtunggal, Depok, Sleman Yogyakarta 55281 - Telp. (0274) 485390, 486986, 487540 - Fax. (0274) 487249
E-mail : info@sttnas.ac.id Home Page : <http://www.sttnas.ac.id>

SURAT TUGAS

Nomor : 1536.f/STTNAS/ST-LIT/V/2018

Yang bertanda tangan di bawah ini, Pimpinan Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STTNAS) Yogyakarta menugaskan kepada :

Nama : Ir. Wartono, M. Eng
NIDN : 0015116201
Pangkat/Golongan : Penata / III c
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen T. Mesin STTNAS
Keperluan : Melaksanakan Kegiatan Penelitian Internal STTNAS Periode Semester Genap Tahun Akademik 2017/2018
Judul Penelitian : Pengaruh Variasi Arus Pada Proses Las TIG Terhadap Kekuatan Impak dan Korosi Pada Aluminium Paduan
Waktu Kegiatan : Selama 4 bulan terhitung mulai Tanggal 2 Mei s/d 31 Agustus 2018
Lokasi Kegiatan : Daerah Istimewa Yogyakarta

Demikian Surat Tugas ini agar untuk dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab, dan setelah selesai melakukan kegiatan diwajibkan untuk menyampaikan laporan tertulis kepada Pimpinan STTNAS Yogyakarta.

Dikeluarkan Di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 21 Mei 2018



A.n. Ketua,
Pembantu Ketua I – Bidang Akademik,

[Signature]
Dr. Ratna Kartikasari, S.T., M.T.
NIK : 1973 0079

Tembusan kepada Yth.:

1. Kajor T. Mesin STTNAS
2. Kepala P3M STTNAS
3. Kepala SDM STTNAS
4. Arsip



SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

TERAKREDITASI DAN BERSERTIFIKAT SMM ISO 9001:2008

TEKNIK GEOLOGI (S1)
TEKNIK SIPIL (S1)
TEKNIK MESIN (S1)
TEKNIK ELEKTRO (S1)

TEKNIK PERTAMBANGAN (S1)
TEKNIK PLANOLOGI (S1)
TEKNIK MESIN (DIII)
TEKNIK ELEKTRO (DIII)



CERTIFICATE NO. ID10/01471

Jl. Babarsari Caturtunggal, Depok, Sleman Yogyakarta 55281 - Telp. (0274) 485390, 486986, 487540 - Fax. (0274) 487249
E-mail : info@sttnas.ac.id Home Page : <http://www.sttnas.ac.id>

SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN PENELITIAN

Nomor : 26/STTNAS/P3M/Pen.Int.2017-2/V/2018

Pada hari ini : **Rabu** tanggal : **Dua** bulan : **Mei** tahun : **Dua ribu delapan belas**, kami yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Dr. Ani Tjitra Handayani, ST., MT. : Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta sesuai dengan Surat Keputusan Ketua STTNAS Nomor : 096.a/SK/STTNAS/KET/XI/2015, tertanggal 23 November 2015, selanjutnya disebut PIHAK PERTAMA.
2. Ir. Wartono, M.Eng. : Sebagai Ketua Tim Peneliti dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Jurusan Teknik Mesin yang berkedudukan di Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

Kedua belah pihak secara bersama-sama telah sepakat mengadakan Perjanjian Pelaksanaan Penelitian dengan ketentuan sebagai berikut :

Pasal 1

PIHAK PERTAMA memberi tugas kepada PIHAK KEDUA dan PIHAK KEDUA menerima tugas tersebut untuk mengkoordinir pelaksanaan penelitian berjudul :

Pengaruh Variasi Arus pada Proses Las TIG terhadap Kekuatan Impak dan Korosi pada Aluminium Paduan

yang pelaksanaannya diketuai oleh : Ir. Wartono, M.Eng.

Pasal 2

PIHAK PERTAMA memberikan dana penelitian yang disebut pada Pasal 1 sebesar Rp. 5.000.000,00 (Lima juta rupiah) yang dibebankan pada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, yang bersumber dari Dana Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta dan pembayarannya dilaksanakan secara bertahap sebagai berikut:

- a. Tahap Awal 70% sebesar Rp. 3.500.000,00 (Tiga juta lima ratus ribu rupiah) setelah Surat Perjanjian ini ditanda tangani oleh kedua belah Pihak.
- b. Tahap Terakhir 30% sebesar Rp. 1.500.000,00 (Satu juta lima ratus ribu rupiah) setelah PIHAK KEDUA menyerahkan *laporan akhir hasil penelitian serta artikel untuk Jurnal Nasional Kurvatek* kepada PIHAK PERTAMA.

Pasal 3

- (1) Apabila PIHAK KEDUA, karena satu dan lain hal bermaksud merubah pelaksana / lokasi / jangka waktu penelitian yang telah disepakati dalam Perjanjian itu, PIHAK KEDUA harus mengajukan permohonan perubahan tersebut kepada PIHAK PERTAMA.
- (2) Perubahan pelaksanaan penelitian hanya dibenarkan bila telah mendapatkan persetujuan lebih dahulu dari PIHAK PERTAMA.

Pasal 4

- (1) PIHAK KEDUA harus menyelesaikan penelitian yang dimaksud dalam Pasal 1 selambat-lambatnya 4 (empat) bulan, terhitung saat Perjanjian ini ditandatangani oleh kedua belah pihak (02 Mei 2018 s/d 31 Agustus 2018).
- (2) PIHAK KEDUA harus melaksanakan *Seminar Hasil Penelitian* serta mengirimkan *softfile artikel untuk Jurnal Nasional Kurvatek* selambat-lambatnya 2 minggu sebelum batas waktu perjanjian pelaksanaan penelitian ini berakhir.
- (3) PIHAK KEDUA harus menyerahkan laporan akhir hasil penelitian kepada PIHAK PERTAMA sebanyak 2 (dua) eksemplar, disertai 1 (satu) softfile dalam format PDF lengkap dengan lembar pengesahan yang telah ditandatangani.

Pasal 5

Laporan hasil penelitian seperti yang tersebut pada Pasal 4 harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Jenis Font *Times New Roman* : 12 dengan *spasi* 1.5
- b. Ukuran kertas kuarto (A4)
- c. Warna kulit sampul biru muda

Pasal 6

- (1) Dalam hal PIHAK KEDUA berhenti dari jabatan sebelum pelaksanaan perjanjian ini selesai seluruhnya, maka PIHAK KEDUA wajib menyerahtherimakan tanggung jawab tersebut kepada anggota yang menggantikan.
- (2) Dalam hal Ketua Pelaksana Peneliti yang tersebut pada Pasal 1 tidak dapat menyelesaikan pelaksanaan penelitian ini sepenuhnya, maka PIHAK KEDUA wajib menunjuk penggantinya.
- (3) Apabila batas waktu habisnya masa penelitian ini PIHAK KEDUA belum juga menyerahkan hasil pekerjaan seluruhnya kepada PIHAK PERTAMA, maka PIHAK KEDUA dikenakan denda sebesar 1‰ (satu permil) setiap hari keterlambatan, terhitung dari tanggal jatuh waktu yang telah ditentukan sampai setinggi-tingginya 5% dari nilai dana penelitian yang telah ditentukan.
- (4) Dalam hal PIHAK KEDUA tidak dapat memenuhi perjanjian pelaksanaan penelitian ini, maka PIHAK KEDUA wajib mengembalikan kepada PIHAK PERTAMA dana penelitian yang telah diterimanya.
- (5) Apabila waktu penelitian seperti pada Pasal 4 (1) tidak dapat dipenuhi, maka untuk selanjutnya PIHAK PERTAMA akan mempertimbangkan usul-usul penelitian yang berasal dari penelitian yang bersangkutan.

Pasal 7

Hak Cipta penelitian tersebut berada pada Ketua Pelaksana Peneliti (peneliti), sedangkan penggandaan/memperbanyak laporan hasil penelitian atau laporan singkatnya adalah wewenang PIHAK PERTAMA.

Pasal 8

Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian ini dibuat rangkap 2 (dua), dan disampaikan kepada :

1. Kepala P3M STTNAS Yogyakarta (Pihak Pertama)
2. Ketua Tim Peneliti/peneliti (Pihak Kedua)

Pasal 9

Hal yang belum diatur dalam perjanjian ini akan ditentukan oleh kedua belah pihak secara musyawarah.

PIHAK KEDUA



Ir. Wartono, M.Eng.
NIP : 196211151994031001

PIHAK PERTAMA

Kepala P3M STTNAS



Dr. Ani Tjitra Handayani, ST., MT.
NIK : 1973 0078

Mengetahui,

Ketua STTNAS Yogyakarta



Ir. H. Ircham, MT.
NIK : 1973 0070

PENGARUH ARUS PROSES LAS TIG TERHADAP KEKUATAN IMPAK DAN KETAHANAN KOROSI ALUMINIUM PADUAN

Wartono¹, Radifan²

Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta
e-mail: wartono_sttnas@yahoo.com

ABSTRAK

Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah pengelasan dengan memakai busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap terbuat dari tungsten. Sedang sebagai bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari pistol las (*welding gun*). Untuk mencegah oksidasi digunakan gas mulia dan CO₂ sebagai gas pelindung. Pada penggunaan las TIG ini parameter pengelasan yang digunakan adalah besar arus pengelasan. Besar arus yang digunakan adalah 80 A, 90 A dan 100 A. Karena parameter yang digunakan sangat berpengaruh pada sifat mekanik logam khususnya pada logam hasil lasan.

Logam yang akan dilas adalah aluminium paduan yang berukuran 300 mm x 100 mm x 3 mm dapat disambung dengan menggunakan logam pengisi (*filler*). Penggunaan logam pengisi pada pengelasan aluminium didasarkan pertimbangan, antara lain : pencegahan retak, tegangan tarik atau geser las, dan keuletan las. Logam pengisi pada aluminium paduan ini harus memiliki sekurangnya 70% filler ER 5356 (Al-5%Mg), karena aluminium paduan ini sensitif terhadap retak jika komposisi logam las mendekati logam induknya.

Hasil uji komposisi kimia menunjukkan aluminium ini mengandung beberapa unsur, yaitu Al-Cr-Fe-Si. Pengujian struktur mikro pada raw material dan *weld metal* 100 A terlihat butiran Cr-Si yang besar, berbeda dengan HAZ 90 A dan *weld metal* 80 A dan 90 A terlihat butiran Cr-Si yang kecil. Sedangkan pada pengujian korosi menunjukkan korosi terbaik terletak pada *weld metal* 90 A dan untuk pengujian dampak yang terbaik terletak pada *weld metal* 100 A.

Kata kunci : Pengelasan TIG, Arus Pengelasan, Aluminium Paduan, Kekuatan Impak, Korosi.

1. PENDAHULUAN

Pada waktu ini teknik las telah digunakan secara luas dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan karena bangunan dan mesin yang dibuat dengan menggunakan teknik penyambungan ini menjadi lebih ringan dan proses pembuatannya juga lebih sederhana, sehingga biaya keseluruhan menjadi lebih murah.

Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN) pengelasan merupakan proses penyambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Wirjosumarto, 2000). Teknologi pengelasan sering digunakan pada industri di bidang pemrosesan. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi pada saat ini, beragam metode pengelasan yang digunakan semakin berkembang dalam menghasilkan suatu produk las yang berkualitas. Penggunaan metode pengelasan

yang berkembang saat ini dalam industri yaitu GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*). Las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) atau disebut las TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah pengelasan dengan memakai busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap yang terbuat dari tungsten. Sedang sebagai bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari pistol las (*welding gun*) (Sriwidharto, 2006).

Pengelasan jenis las TIG ini, logam pengisi dimasukan ke dalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk. Tetapi untuk mengelas pelat yang sangat tipis kadang-kadang tidak diperhatikan logam pengisi. Las TIG dilaksanakan dengan tangan atau secara otomatis dengan mengotomatiskan cara pengumpanan logam pengisi. Las TIG atau biasa disebut las *wolfram* ini menggunakan batang *wolfram* sebagai elektroda yang dapat menghasilkan busur listrik tanpa turut mencair, yang menggunakan gas mulia sebagai gas pelindung. Penggunaan las TIG mempunyai beberapa keuntungan yaitu : (Sriwidharto, 2006)

1. Menghasilkan sambungan las bermutu tinggi.
2. Bebas dari terbentuknya percikan las.
3. Dapat digunakan dengan atau tanpa bahan tambahan.
4. Dapat digunakan pada hampir semua jenis logam termasuk pengelasan logam berbeda.

Penyambungan aluminium adalah salah satu pengaplikasian pada pengelasan TIG. Aluminium dan paduannya merupakan logam yang banyak digunakan di bidang teknik karena memiliki berbagai keunggulan antara lain : ringan, mempunyai sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik, kekuatan tarik relatif tinggi, tahan korosi dan sifat mekaniknya dapat ditingkatkan dengan pengerjaan dingin atau perlakuan panas, serta mempunyai sifat mampu las (*weldability*) yang bervariasi tergantung pada jenis paduannya (Mandal, 2005). Kelebihan paduan aluminium dibandingkan dengan logam lainnya menyebabkan banyak digunakan di bidang struktur dan pemesinan, seperti pesawat terbang, kapal, kendaraan serta industri otomotif.

Penelitian ini akan menggunakan aluminium paduan Al-Mg-Si seri 6xxx serta logam pengisi (*filler*) seri ER 5356 dengan proses pengelasan TIG. Adapun kajian yang akan dilakukan dari penelitian ini adalah kajian sifat-sifat mekanik (struktur mikro, uji komposisi, uji impact) dan pengujian ketahanan korosi. Pengelasan TIG pada aluminium ini menggunakan variasi besar arus pengelasan sebesar 80 A, 90 A dan 100 A.

2. METODE PENELITIAN

Pengelasan menggunakan mesin las TIG merk RYLLON 315A. AC/DC milik Laboratorium Inlaster Surakarta. Bahan penelitian pengelasan menggunakan plat aluminium paduan. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan alat di POLMAN Ceper Klaten Jawa Tengah. Selanjutnya spesimen dipotong menjadi 1 bagian dengan gergaji potong dan selanjutnya dilakukan pengamplasan, pemolesan, dan etsa untuk selanjutnya dilakukan pengujian struktur mikro (mikroskop optik). Pengujian korosi (metode elektro kimia) dengan alat milik Laboratorium Pusat Sains Dan Teknologi Akselerator Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Yogyakarta. Pengujian *impact* (metode *charpy*) dengan alat milik Laboratorium Pengujian bahan D3-UGM Yogyakarta.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur pada spesimen aluminium paduan.

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi

Unsur	Kadar (%)	
	<i>Raw Material</i>	<i>Weld Metal</i>
Al	95,67	96,11
Si	0,34	0,32
Fe	0,35	0,67
Cu	0,16	0,16
Mn	<0,02	0,02
Mg	0,07	1,20
Cr	*3,19	*1,07

Ni	<0,02	0,02
Zn	0,18	0,43
Total	100	100

Sumber : POLMAN Ceper, Klaten.

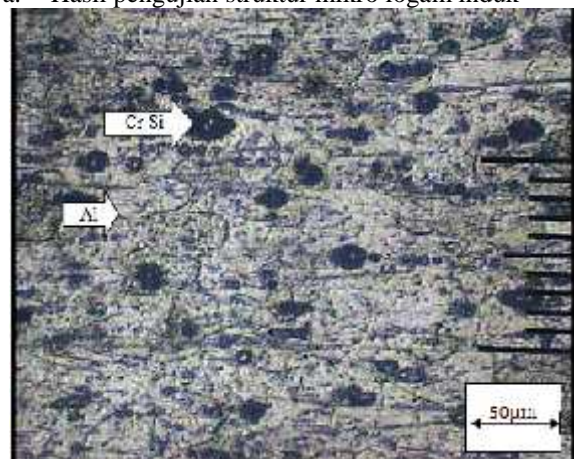
Uji komposisi ini dilakukan pada 2 posisi tembak yaitu pada *raw material* dan daerah las (*weld metal*), pengujian dilakukan untuk mengetahui berapa presentase unsur yang terkandung dalam plat aluminium paduan yang belum terpengaruh pengelasan (*raw material*) maupun yang telah terpengaruh oleh pengelasan sehingga dapat diketahui perbandingan kadar kandungan unsur kimia dari kedua benda uji tersebut.

Tabel 1. menunjukkan bahwa *raw material* mengandung unsur utama : Cr sebesar 3,19%, Fe sebesar 0,35% dan Si sebesar 0,34%. Berdasarkan hasil uji komposisi *raw material* termasuk dalam kategori paduan Al-Cr-Fe-Si. Sedangkan pada daerah las (*weld metal*) terdapat kandungan unsur Cr sebesar 1,07%, Mg sebesar 1,20%, Fe sebesar 0,67% dan Si sebesar 0,32%. Pada daerah las kandungan Mg terlihat lebih besar dari pada *raw material* dikarenakan pada daerah las ada penambahan *filler* ER 5356 dimana kandungan *filler* tersebut mempunyai unsur Mg 4.5% - 5.5%.

3.2. Analisis Hasil Pengujian Struktur mikro

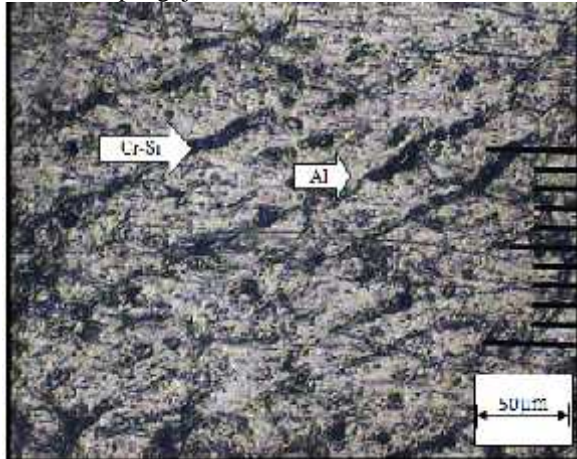
Proses pengelasan yang dilakukan pada benda uji plat aluminium paduan akan menyebabkan terjadinya sifat pemanasan dan pendinginan yang dapat merubah struktur mikro dari suatu logam. Pada tampilan struktur mikro, maka struktur mikro yang terbentuk pada daerah *weld metal*, HAZ dan *raw material* dapat terlihat jelas perbedaan satu dengan lainnya, hasil uji struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 1–5. Gambar dari benda uji hasil pemotretan dengan menggunakan mikroskop optik pada pembesaran 100 kali.

a. Hasil pengujian struktur mikro logam induk



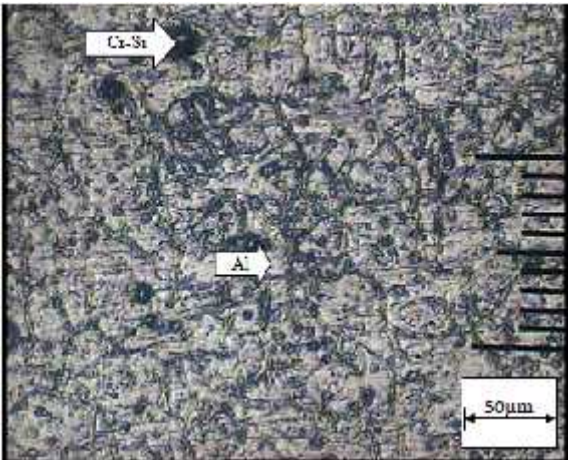
Gambar 1. Daerah logam induk *raw material* 100 X

b. Hasil pengujian struktur mikro daerah HAZ



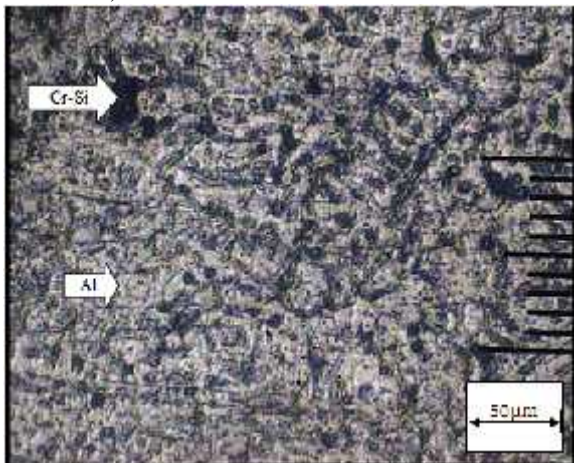
Gambar 2. Foto Struktur Mikro Daerah HAZ
90 A 100X

c. Hasil pengujian struktur mikro daerah las (*weld metal*) 80 A



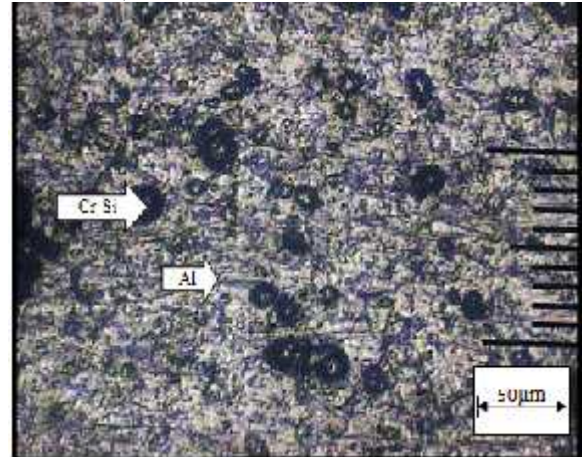
Gambar 3. Foto Struktur Mikro Daerah Las
(*weld metal*) 80 A 100 X

d. Hasil pengujian struktur mikro daerah las (*weld metal*) 90 A



Gambar 4. Foto Struktur Mikro Daerah Las
(*weld metal*) 90 A 100 X

e. Hasil pengujian struktur mikro daerah las (*weld metal*) 100 A



Gambar 5. Foto Struktur Mikro Daerah Las
(*weld metal*) 100 A 100 X

Keterangan :

Al : Aluminium

Cr-Si : Chromium-Silikon

HAZ : *Heat Affected Zone*

Pengelasan dengan menggunakan las *Tungsten Inert Gas* (TIG) dengan variasi arus 80 A, 90 A dan 100 A akan menentukan struktur mikro yang terbentuk, hal ini dikarenakan adanya pengaruh besar kecilnya kekuatan arus, jenis elektroda, besar sudut kampuh, dan prosedur pengelasan. Dari hasil foto struktur mikro apabila diamati maka akan mempunyai bentuk, ukuran, dan formasi struktur yang hampir sama.

Struktur butiran aluminium paduan semakin kecil dan rapat seiring bertambahnya *chromium* sebesar 3,19% dan *silicon* 0,34%. Spesimen yang memiliki struktur butiran kecil memiliki keuletan dan kekuatan yang lebih tinggi bila dibandingkan spesimen dengan struktur butiran yang besar.

Struktur mikro yang terbentuk dari pengelasan posisi bawah tangan las TIG kampuh 60° pada daerah *raw material* dan *weld metal* variasi arus 100 A terlihat bahwa butiran Cr-Si hanya sedikit yang menyebar dan berbutir besar, berbeda dengan daerah HAZ variasi arus 90 A dan *weld metal* variasi arus 80 A dan 90 A paduan Cr-Si terlihat menyebar, merata, dan berbutir kecil. Perubahan struktur mikro pada proses pengelasan tidak terlepas dari pengaruh panas yang ditimbulkan selama proses pengelasan. Perubahan struktur mikro terjadi pada daerah *fusion line*, daerah ini merupakan daerah pencampuran logam pengisi dan *base metal*.

Perubahan struktur mikro yang terjadi pada variasi arus daerah HAZ dan *weld metal* dipengaruhi oleh *heat input* pada saat proses pengelasan. Daerah HAZ yang terpengaruh panas akan melarutkan endapan partikel kedalam aluminium dengan kelarutan yang

berbeda-beda untuk setiap titiknya. Hal ini mengakibatkan terjadinya pengurangan jumlah endapan partikel sebelum dan sesudah pengelasan. Akibatnya pengaruh panas akan menyebabkan perubahan butir pada daerah tersebut.

3.3. Analisis Hasil Pengujian Korosi

Pengujian korosi dilakukan dengan mengamati laju korosi pada pengelasan TIG aluminium paduan dengan variasi arus 80 A, 90 A dan 100 A menggunakan teknik polarisasi metode elektrokimia sel tiga elektroda. Media korosi yang digunakan adalah air laut. Untuk mengetahui nilai kuantitatif dari logam yang mengalami korosi dapat dihitung dengan rumus laju korosi sesuai persamaan :

$$R = 0,129 \frac{I_{corr} (E)}{\rho}$$

(Sumber : Fontana, 1987)

Keterangan :

R = Laju korosi (mpy) atau (mm/tahun)

I_{corr} = Rapat arus korosi ($\mu A/cm^2$)

EW = Berat ekuivalen (gram/ekuivalen)
= Berat jenis (gram/cm³)

Dicari terlebih dahulu berat ekuivalennya ($Equipment Weight/EW$). Untuk mencari berat ekuivalen digunakan rumus :

$$N_E = \sum \left[\frac{n_i f_i}{a_i} \right]$$

$$E = N_E e^{-1}$$

(Sumber : Fontana, 1987)

Keterangan :

EW = berat ekuivalen

N_{EQ} = nilai ekuivalen total

f_i = fraksi berat

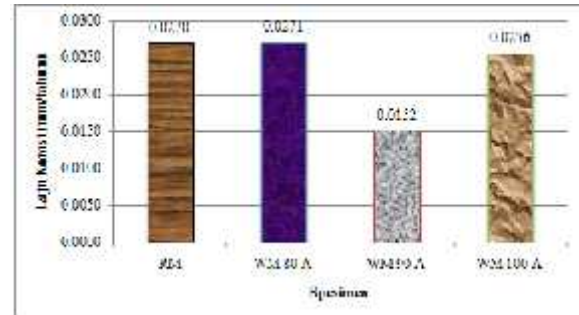
i = elektron valensi

n_i = nomor massa atom

Tabel 2. Hasil Pengujian Korosi Spesimen Aluminium Paduan

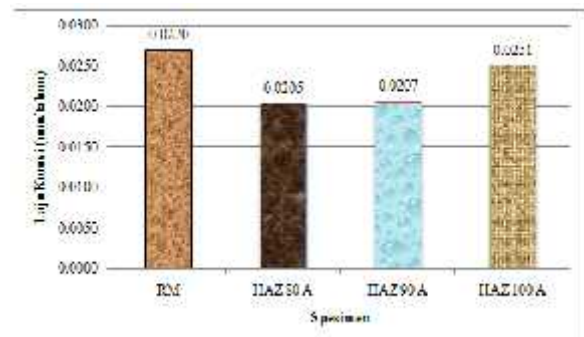
Spesimen	I_{corr} ($\mu A/cm^2$)	Laju korosi (mm. tahun)
Raw material	250,140	0,0270
Weld metal 80 A	250,950	0,0271
HAZ 80 A	189,590	0,0205
Weld metal 90 A	140,840	0,0152
HAZ 90 A	160,060	0,0207
Weld metal 100 A	217,150	0,0256
HAZ 100 A	232,210	0,0251

*Faktor koreksi alat uji sebesar 0,01



Gambar 6. Grafik Laju Korosi raw material dan daerah pengelasan (weld metal)

Dari grafik diatas diperoleh nilai laju korosi raw material 0,0270 mm/tahun, sedangkan nilai laju korosi weld metal 80 A adalah 0,0271 mm/tahun. Hal ini berarti laju korosi di weld metal 80 A lebih cepat dari laju korosi raw material. Nilai laju korosi weld metal 90 A adalah 0,0152 mm/tahun, berarti lebih lambat dari laju korosi raw material dan laju korosi weld metal 80 A. Nilai laju korosi weld metal 100 A adalah 0,0256 mm/tahun, hal ini berarti laju korosi lebih lambat dari laju korosi raw material dan laju korosi weld metal 80 A tetapi lebih cepat dari laju korosi weld metal 90 A. Hasil dari nilai laju korosi pada las variasi arus 80 A, 90 A dan 100 A diketahui bahwa nilai laju korosi paling lambat terletak pada laju korosi weld metal 90 A yaitu sebesar 0,0152 mm/tahun. Hal ini berarti hasil korosi terbaik terletak pada las variasi arus 90 A yaitu sebesar 0,0152 mm/tahun.



Gambar 7. Grafik Laju Korosi Pada raw material, HAZ 80 A, HAZ 90 A dan HAZ 100 A

Dari grafik diatas diperoleh nilai laju korosi raw material 0,0270 mm/tahun, sedangkan nilai laju korosi daerah HAZ 80 A sebesar 0,0205 mm/tahun. Hal ini berarti laju korosi lebih lambat dari laju korosi raw material. Nilai laju korosi pada daerah HAZ 90 A adalah 0,0207 mm/tahun, berarti laju korosi lebih lambat dari raw material dan lebih cepat dari laju korosi HAZ 80 A. Nilai laju korosi daerah HAZ 100 A adalah 0.0251 mm/tahun, hal ini berarti laju korosi lebih lambat dari laju korosi raw material, tetapi lebih cepat dari laju korosi daerah HAZ 80 A dan laju korosi

HAZ 90 A. Hasil dari nilai laju korosi pada daerah HAZ variasi arus 80 A, 90 A dan 100 A diketahui bahwa nilai laju korosi paling lambat terletak pada daerah HAZ 80 A yaitu sebesar 0,0205 mm/tahun. Hal ini berarti hasil laju korosi terbaik pada daerah HAZ variasi arus 80 A yaitu sebesar 0,0205 mm/tahun.

Tabel 3. Tingkat ketahanan korosi berdasarkan harga MPY

Tingkat Ketahanan	Korosi MPY	Konversi ke satuan lain			
		mm/yr	mm/yr	mm/yr	mm/yr
Luar Biasa	< 1	< 0,02	< 20	< 1	< 1
Sangat Baik	1-5	0,02-0,1	20-200	2-10	1-5
Baik	5-20	0,1-0,5	100-500	10-50	5-20
Cukup Baik	20-50	0,5-1	500-1000	50-150	20-50
Kurang Baik	50-200	1-5	1000-5000	150-500	50-200
Tidak Dapatkan	200+	5+	5000+	500+	200+

(Sumber : Fontana, 1987)

Secara umum laju korosi menurut Fontana dari tabel 3. tingkat ketahanan korosi berdasarkan MPY, maka aluminium paduan Al-Cr-Si jika diuji dengan media larutan air laut ketahanan korosinya luar biasa dan sangat baik.

3.4. Analisis Hasil Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan menggunakan metode pengujian impak Charpy. Standar benda uji mengacu ASTM E 23 Type A. Panjang lengan ayun 0,8 meter, dengan berat palu 20 kg. Untuk pengujian spesimen uji *weld metal* dengan variasi arus 80 A, 90 A dan 100A dilakukan sebanyak 2 kali dengan sudut 151,0°. Nilai impak dari spesimen uji dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$H = \frac{E}{A}$$

(Sumber : Djoko S., 2014)

Dimana :

HI : harga impak (J/mm²)

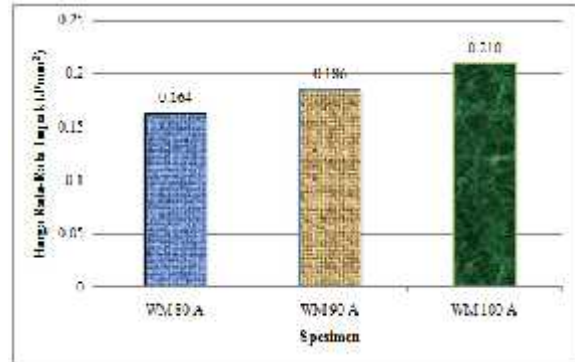
E : energi terserap (J)

A : luas (mm²)

Tabel 4. Hasil Pengujian Impak Spesimen Aluminium Paduan

NO.	Kode Spes. (%)	Sudut α (°)	Energi Terasap (J)	Sudut β (°)	Energi Terasap (J)	Luas (mm ²)	Tinggi Impak (mm)
1	A 80 - 1	151,0	100	147,8	4,6	34,1	0,164
2	A 80 - 2	151,0	300	146,5	6,5	39,8	0,186
3	A 90 - 1	151,0	300	145,8	7,7	39,0	0,210
4	A 90 - 2	151,0	100	146,5	6,5	37,0	0,176
5	A 100 - 1	151,0	100	146,0	7,1	35,1	0,208
6	A 100 - 2	151,0	100	146,0	7,1	34,7	0,211

Berdasarkan tabel 4. hasil pengujian impak di atas menunjukkan nilai rata-rata impak yang tertinggi adalah pada variasi arus 80 A 0,164 J/mm² dan yang paling rendah variasi arus 100 A 0,210 J/mm².



Gambar 8. Grafik Hasil Rata-Rata Pengujian Impact Pada Material Aluminium Paduan

Dari data dan grafik diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa pengujian *impact* pada variasi arus 100 A mempunyai nilai rata-rata ketangguhan (*impact*) tertinggi 0,210 J/mm². Lalu di variasi arus 90 A dengan 0,186 J/mm² dan sampai yang paling rendah pada variasi arus 80 A dengan 0,164 J/mm². Nilai uji ketangguhan ini dapat dihubungkan dengan struktur mikro yang terjadi dan masukan panas yang diterima saat proses pengelasan berlangsung. Struktur mikro pada *weld metal* variasi arus 100 A terlihat banyak Cr-Si berbutir besar yang menyebabkan pada daerah ini mempunyai nilai ketangguhan yang tinggi. Berbeda dengan *weld metal* variasi arus 80 A dan 90 A terlihat banyak Cr-Si berbutir kecil yang menyebabkan daerah ini menjadi getas/mudah patah. Porositas merupakan hal yang juga menjadi penyebab penurunan nilai ketangguhan suatu bahan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil penelitian pengelasan dengan menggunakan las *Tungsten Inert Gas* (TIG) pada aluminium paduan berukuran 300 mm x 100 mm x 3 mm, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari pengujian komposisi menunjukkan *raw material* mengandung unsur utama : Cr sebesar 3,19%, Fe sebesar 0,35% dan Si sebesar 0,34%. %. Berdasarkan hasil uji komposisi *raw material* termasuk dalam kategori paduan Al-Cr-Fe-Si.
2. Hasil struktur mikro yang terbentuk dari pengelasan posisi bawah tangan las TIG kampuh 60° pada daerah *raw material* dan *weld metal* variasi arus 100 A terlihat bahwa butiran Cr-Si hanya sedikit yang menyebar dan berbutir besar, berbeda dengan daerah HAZ variasi arus 90 A dan

- weld metal* variasi arus 80 A dan 90 A paduan Cr-Si terlihat menyebar, merata dan berbutir kecil.
3. Hasil pengujian laju korosi menunjukkan bahwa laju korosi *weld metal* yang terbaik adalah pada *weld metal* dengan arus 90 A sebesar 0.0152 mm/tahun. Untuk yang di daerah HAZ laju korosi yang terbaik adalah pada HAZ dengan arus 80 A dan 90 A yaitu sebesar 0.0205 mm/tahun dan 0.0207 mm/tahun. Nilai antara arus 80 A dan 90 A hanya berselisih 0.002 mm/tahun, nilai yang kecil untuk selisih ini. Secara umum laju korosi ini dengan mengacu dengan tabel tingkat ketahanan korosi berdasarkan MPY, maka aluminium paduan Al-Cr-Si jika diuji dengan media larutan air laut ketahanan korosinya luar biasa dan sangat baik.
 4. Hasil pengujian dampak yang terbaik pada *weld metal* variasi arus 100 A mempunyai nilai rata-rata ketangguhan (*impact*) tertinggi 0.210 J/mm². Jika nilai pengujian ini dihubungkan dengan pengujian dampak memiliki keterkaitan antara pengujian struktur mikro dengan pengujian dampak. Karena pada *weld metal* variasi arus 100 A terlihat banyak Cr-Si menyebar dan berbutir besar sehingga daerah ini memiliki ketangguhan atau ketahanan terhadap beban kejutan yang lebih baik, lebih keras dan lebih kuat dari *weld metal* 80 A dan 90 A yang memiliki Cr-Si berbutir kecil. Berbanding terbalik jika diuji kekerasan, lebih ulet yang berbutir kecil daripada berbutir besar.
- 5083 dan 6061-T6**, Tidak dipublikasikan, Jurnal penelitian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [9] Sholichuddin M. & Subowo, 2012, **Perbedaan Sifat Mekanik Hasil Penyambungan Las GTAW Pada Aluminium 6061 Dengan Filler ER 4043 Dan ER 5356**, Tidak dipublikasikan, Jurnal penelitian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
 - [10] Sindo Kou, 2003, **Welding Metallurgy**, Second edition, Wiley Interscience Publication, New Jersey.
 - [11] Sri Widharto, 2006, **Petunjuk Kerja Las**, Cetakan keenam, Pradnya Paramita, Jakarta.
 - [12] Tata Surdia & Shinroku Saito, 1999, **Pengetahuan Bahan Teknik**, Cetakan keempat, Pradnya Paramita, Jakarta.
 - [13] Trethewey & J. Chamberlain, 1991, **Korosi**, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
 - [14] Van Vlack & Ny. Sriati Djaprie, 1983, **Ilmu dan Teknologi Bahan**, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
 - [15] Yuwono A. H., Dr. Ir. M.Phil.Eng., 2009, **Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak (Destructive Testing)**, Tidak dipublikasikan, Universitas Indonesia, Jakarta.
 - [16] Wawan H., 2016, **Pengaruh Arus Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Produk Las Tembaga dan Baja Karbon dengan Metode Tungsten Inert Gas (TIG)**, Tidak dipublikasikan, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
 - [17] Wiryosumarto & Toshie Okumura, 2000, **Teknologi Pengelasan Logam**, Cetakan kedelapan, Pradnya Paramita, Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akhmad R. A., Sarjito J., Samuel, 2016, **Pengaruh Kuat Arus Listrik, Temperatur Dan Variasi Sudut Kampuh Terhadap Kekuatan Impact Aluminium 5083 Pengelasan GTAW dengan Gas Pelindung Helium**, Tidak dipublikasikan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [2] Callister W. D., 2007, **Materials Science And Engineering An Introduction**, Seventh edition, Wiley Asia Student Edition, Utah.
- [3] Djoko S., 2014, **Modul Praktikum Material Teknik**, Tidak dipublikasikan, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.
- [4] Faozi A., 2013, **Modul Las**, Tidak dipublikasikan, SMK N 2 Sekayu, Padang.
- [5] Fontana M. G., 1987, **Corrosion Engineering**, Third edition, Hill Book Company, Singapura.
- [6] Mandal, 2005, **Aluminium Welding**, Second Edition, Department of Ocean Engineering and Naval Architecture, India.
- [7] Prawira M. Z., Sarjito Joko Sisworo & Samuel, 2015, **Pengaruh Perbedaan Suhu Terhadap Kekuatan Impact Aluminium 5083 Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas**, Tidak dipublikasikan, Jurnal penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [8] Riswanda & Mochammad Noer Ilman, 2012, **Pengaruh Variasi Arus Terhadap Sifat Mekanik Dan Korosi Sambungan Las Tak Sejenis Aluminium Paduan**