



TESIS - MN142532

**ANALISA TEKNIS PENGELASAN DISSIMILAR
MATERIAL ANTARA AA 6063 DAN AA
5083 DITINJAU DARI ASPEK MEKANIK
DAN METALURGI PADA BANGUNAN KAPAL**

IMAM KHOIROFIK
4111203004

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN PRODUKSI DAN MATERIAL KELAUTAN
PROGRAM PASCASARJANA TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



TESIS - MN142532

**ANALYSIS OF DISSIMILAR METAL WELDING
BETWEEN AA 6063 AND AA 5083 VIEWED
FROM MECHANICAL AND METALLURGICAL
ASPECTS IN SHIPBUILDING**

IMAM KHOIROFIK
4111203004

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

MAGISTER PROGRAM
AREA OF EXPERTISE AND MATERIAL MARINE PRODUCTION
POST-GRADUATE OF MARINE TECHNOLOGYE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2015

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan ridho-Nya tesis ini dapat disusun dan diselesaikan. Selama menempuh pendidikan dan penulisan serta penyelesaian tesis ini penulis banyak memperoleh dukungan baik secara moril maupun materiil dari berbagai pihak.

Pada kesempatan ini dengan penuh kerendahan hati penulis haturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat :

1. Kedua orang tua saya, Hj Siti Sumiati dan bapak H. Achmad Sodikin, Serta kakak adik-adik saya, Imam Khoironi, Achmad Muhammad Yani, Moch Alimuksin dan Nur Afiyanti;
2. Prof.Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng, Ph.D. selaku pembimbing yang di dalam berbagai kesibukan dapat menyempatkan diri membimbing dan mengarahkan serta memberi petunjuk dan saran yang sangat berharga bagi penulisan tesis ini;
3. Pada tim penguji:
Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc, Ph.D.
Aris Sulisetyono, S.T., MA.Sc, Ph.D. dan
Prof. Dr. Ir. Buana Ma'ruf, M.Sc., M.M., MRINA.
yang telah memberikan masukan dan pencerahan dalam penyempurnaan tesis ini;
4. Dr. Eng., Rudi Walujo Prastianto S.T., M.T. selaku ketua Program Pasca Sarjana Teknologi Kelautan ITS.
5. Pengelola, Dosen pengajar dan staf sekretariat Program Pasca Sarjana Teknologi Kelautan ITS, yang telah banyak membantu penulis selama mengikuti perkuliahan;
6. Spesial terima kasih kepada bapak Dr. Nurul Muhayat S.T., M.T., ibu Sri Rejeki S.T., M.T., Hermawan dan Radian Jadid sebagai teman perjuangan yang telah banyak memberi saran dan bantuan selama menyelesaikan tesis ini:
7. Kawan-kawan pengurus PONPES Darul Falah, dan konco ngopi bareng Kramat Jegu;
8. Istri dan anak-anakku yang telah memberikan semangat kepada penulis.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan berkat dan anugrah-Nya berlimpah bagi beliau-beliau yang tersebut di atas. Kami menyadari bahwa dalam tesis ini terdapat banyak kekurangan oleh karena itu semua saran dan kritik penulis terima dengan lapang dada demi kesempurnaan penulisan tesis ini. Akhirnya harapan penulis semoga tesis ini bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Januari 2016
Imam Khoirofik

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

ANALISA TEKNIS PENGELASAN DISSIMILAR MATERIAL ANTARA AA 6063 DAN AA 5083 DITINJAU DARI ASPEK MEKANIK DAN METALURGI PADA BANGUNAN KAPAL

Tesis disusun untuk salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

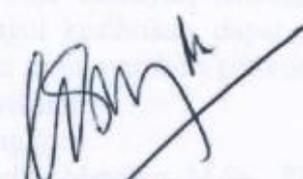
IMAM KHOIROFIK

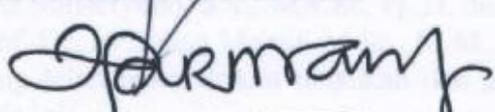
NRP. 4111 203 004

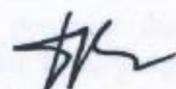
Tanggal Ujian : 22 Januari 2016

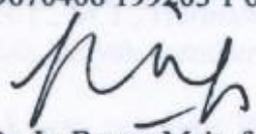
Periode Wisudah : Maret 2016

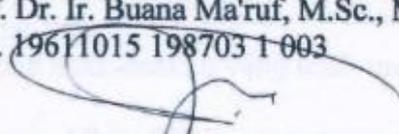
Disetujui Oleh :


1. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D. (Pembimbing)
NIP. 19590505 198403 1 012


2. Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D. (Penguji)
NIP. 19601202 19870 1 1001


3. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D. (Penguji)
NIP. 19670406 199203 1 001


4. Prof. Dr. Ir. Buana Ma'ruf, M.Sc., M.M., MRINA. (Penguji)
NIP. 19611015 198703 1 003


5. Aris Sulisetyono, S.T., MA.Sc., Ph.D. (Penguji)
NIP. 19710320 199512 1 002



Direktor Program Pascasarjana,


Prof. Dr. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19601202 19870 1 1001

ANALISA TEKNIS PENGELASAN DISSIMILAR MATERIAL ANTARA AA 6063 DAN AA 5083 DITINJAU DARI ASPEK MEKANIK DAN METALURGI PADA BANGUNAN KAPAL

Nama Mahasiswa : Imam Khoirofik
NRP : 4111203004
Pembimbing : Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

A B S T R A K

Aluminium seri 6063 merupakan paduan aluminium dengan unsur paduan pokok magnesium dan silicon, sedangkan aluminium seri 5083 merupakan paduan aluminium dengan unsur utama adalah magnesium. Paduan aluminium seri 5083 menjadi pilihan material shell lambung kapal, sedangkan seri 6063 sering digunakan sebagai stiffener pada shell lambung kapal. Sambungan las dissimilar diaplikasikan pada seri 6063 dengan seri 5083. Pada sambungan las dissimilar ini sering dijumpai kerusakan sambungan, (struktur las pada frame, bracket, collar 6063 dengan shell 5083), retak memanjang dan retak melintang pada daerah sambungan berbahan paduan aluminium dissimilar. Akan tetapi sambungan dissimilar paduan 6063 dengan 5083 belum ada data yang dapat dijadikan referensi sehingga dalam tesis ini dilakukan untuk menginvestigasi sambungan dissimilar antara 6063 dengan 5083. Perbaikan dilakukan dengan mevariasikan ampere las 110, 140 dan 170, volt 22, kawat las ER 5356, proses las GMAW.

Dari hasil pengujian pada proses pengelasan dissimilar antara material aluminium 6063 dengan material aluminium 5083 didapatkan bahwa terjadi sifat getas yang lebih tinggi pada daerah pengaruh panas material 6063, nilai hardness kekerasan pada daerah fusion line dan daerah pengaruh panas, dimana pada material 6063 lebih tinggi dari pada material 5083 (indikasi bahwa material 6063 berubah menjadi lebih getas dibanding material 5083). Pada nilai impact pada seri 6063 (12,40 j) lebih rendah dibandingkan dari seri 5083 (13,91 j). Besar kuat arus (Ampere), memberikan pengaruh pada nilai ketangguhan dan kekuatan hasil pengelasan aluminium pada proses las GMAW. Dari uji impact dapat dijadikan sebagai tolak ukur untuk mengevaluasi nilai ketahanan terhadap beban.

Keywords: pengelasan Aluminium Paduan 5083 dan 6063, keretakan, macroetch, mechanical properties, & micro structure.

ANALYSIS OF DISSIMILAR METAL WELDING BETWEEN AA 6063 AND AA 5083 VIEWED FROM MECHANICAL AND METALLURGICAL ASPECTS IN SHIPBUILDING

Nama Mahasiswa : Imam Khoirofik
NRP : 4111203004
Pembimbing : Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

A B S T R A C T

6063 aluminum is an aluminum alloy with magnesium and silicon as the principal alloying elements while the 5083 aluminum is an aluminum alloy with magnesium as the main ingredient. 5083 aluminum alloy is often chosen for the shell material of ship's hull, whereas the 6063 aluminum is often used as a shell stiffener of ship's hull. Dissimilar weld joint was applied between 6063 aluminum and 5083 aluminum. Dissimilar welded joints are often exposed to damage such as welding structure on the frame, brackets, and between 6063 collar with 5083 shell. In addition, dissimilar welded joints are also prone to other welding defects such as fusion-line cracks namely longitudinal crack and transverse crack. Dissimilar welding causes different melting temperatures between the two materials resulting in a different microstructure. If the welding process uses different amperage, it will produce a different result resulting in a different quality. This research was conducted since there were no previous studies regarding this matter. The research aims to examine the parameters of how appropriate welding and welding process on welding defects, micro and macro structure of welded materials and mechanical properties (tensile test, macro micro, hardness and impact). Improvements were made by applying various welding amperage of 110, 140 and 170, 22 volt, and using welding wire of ER 5356 through GMAW welding process.

The results of the dissimilar welding process showed that there was high brittleness on Heat Affected Zone of 6063 AA. Hardness value in fusion line and Heat Affected Zone of 6063 AA is higher than that of 5083 AA. It indicates that the 6063 AA turns into a more brittle material compared to 5083 AA. 5083 AA has higher Impact value (13.60 j) than 6063 AA (12.00 j) indicating that cracks will easily propagate in 6063 AA compared to 5083 AA. Furthermore, porosity defect was founded in weld metal. This defect can be a source of crack which will easily propagate to the weakest (brittle) area when there is load acting on the area. The amount of Heat Input will affect the value of toughness and strength of the weld. The higher the Heat Input used, the lower the value of toughness and strength of the weld.

Keywords: Dissimilar Welding made between 6063 AA and 5083 AA, cracks, macroetch, mechanical properties, & micro structure.

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Hipotesis	5
1.6. Batasan Masalah	5
BAB II	7
KAJIAN PUSTAKA DAN DAN DASAR TEORI	7
2.1. Aluminium Paduan	7
2.2. Struktur mikro aluminium	8
2.3. Klasifikasi Aluminium	9
2.4. Sifat-sifat teknis aluminium.....	11
2.5. GMAW	13
2.6. Prinsip Kerja GMAW	14
2.7. Eektrode Aluminium.....	15
2.8. Parameter Pengelasan	15
2.9. Jenis Retak Pengelasan.....	16
BAB III.....	17
METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1. Pendahuluan	17
3.2. Material dan Peralatan	18
3.3 Proses pengelasan	19
3.4. Visual Inspection (VT)	20
3.5. Penentuan Ukuran Bahan Uji	22
3.5.1. Pengujian Metalografi (foto Mikro)	22
3.5.2. Pengujian Makroetsa	23
3.5.3. Pengujian Tarik	25
3.5.4. Pengujian Kekerasan	27
3.5.5. Pengujian Impact	28
BAB IV	31
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1. Umum	31
4.2. Analisa Hasil Uji Metallografi	31

4.3. Pemeriksaan Mikro	35
4.4. Analisa Hasil Pengujian Hardness	39
4.5. Analisa Hasil Pengujian Tarik	45
4.6. Hasil Impact Test	48
4.7. Analisa secara FEM	53
BAB V.	59
KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1. Komposisi Aluminium 5083	12
Tabel 2.2. Komposisi Aluminium 6063	13
Tabel 2.3. Mechanical properties aluminium	15
Tabel 2.4. Standardisasi dan Pengkodean Aluminium	15
Tabel 3.1. Parameter pengelasan GMAW (gas metal arc welding)	20
Tabel 3.2. Hasil Inspeksi Visual	22
Tabel 3.3. Penentuan Dimensi Bahan Uji Tarik.....	26
Tabel 3.4. Jarak rekomendasi titik uji kekerasan (Biro Klasifikasi Indonesia Vol.VI, 2012).....	27
Tabel 4.1. Hasil uji harness pada 110A 22V.....	41
Tabel 4.2. Hasil uji hardness pada 140A 22V.....	42
Tabel 4.3. Hasil uji hardness pada 170A 22V.....	43
Tabel 4.4. Hasil Tensile test.....	45
Tabel 4.5. Hasil uji impact pada seri 6063 dengan 110 Ampere 22 Volt.....	48
Tabel 4.6. Hasil uji impact pada seri 6063 dengan 140 Ampere 22 Volt.....	48
Tabel 4.7. Hasil uji impact pada seri 6063 dengan 170 Ampere 22 Volt.....	49
Tabel 4.8. Ringkasan hasil uji impact pada seri 6063.....	50
Tabel 4.9. Hasil uji impact pada seri 5083 dengan 110 Ampere 22 Volt.....	50
Tabel 4.10. Hasil uji impact pada seri 5083 dengan 140 Ampere 22 Volt....	51
Tabel 4.11. Hasil uji impact pada seri 5083 dengan 170 Ampere 22 Volt....	52
Tabel 4.12. Ringkasan hasil uji impact pada seri 5083.....	52

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1. Gambar 2.1 Struktur mikro Aluminium murni dan paduan (Hartomo. A.J. 1992).....	8
Gambar 2.2. Struktur mikro aluminium dengan paduannya (Hartomo. A.J. 1992)	8
Gambar 2.3. Adalah skets sederhana dari peralatan yang dipakai untuk las MIG	14
Gambar 2.4. Straight polarity	15
Gambar 2.5. Reverse polarity	15
Gambar 3.1. Diagram alur penelitian	17
Gambar 3.2. Material Aluminium seri 5083 dengan seri 6063	18
Gambar 3.3. Hasil pengelasan Aluminium seri 5083 dengan seri 6063 pada ampere 110,140 dan 170	19
Gambar 3.4. Hasil pengelasan dengan kuat arus 110 Ampere.....	21
Gambar 3.5. Hasil pengelasan dengan kuat arus 140 Ampere.....	21
Gambar 3.6. Hasil pengelasan dengan kuat arus 170 Ampere.....	22
Gambar 3.7. Pengambilan test specement dari material uji.....	22
Gambar 3.8. Setelah di macro etsa.....	24
Gambar 3.9. Speciment uji tarik.....	26
Gambar 3.10. Proses Pengujian Tarik.....	26
Gambar 3.11. Penentuan Lokasi Titik Uji Kekerasan (Biro Klasifikasi Indonesia Vol.VI, 2012).....	27
Gambar 3.12. Alat mikro vickers hardness.....	28
Gambar 3.13. Penentuan Dimensi Spesimen Uji Impact (American Society for Testing and Material E23, 2004).....	28
Gambar 3.14. Dimensi Spesimen Uji Impact.....	29
Gambar 3.15. Posisi Bahan Uji pada Landasan.....	29
Gambar 4.1. Hasil Macro pada ampere 110 voltage 22 (mag.3x).....	32
Gambar 4.2. Hasil macro pada ampere 140 voltage 22 (mag.3x).....	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengertian pengelasan Dissimellar material pada tesis ini adalah proses pengelasan yang menggabungkan material aluminium yang memiliki (seri) grade yang berbeda, yaitu Aluminium seri 6063 dengan Aluminium seri 5083 dimana unsur paduan utama pada seri 6063 AL-Mg-Si sedangkan Aluminium seri 5083 paduan jenis Al-Mg.

Pengelasan adalah suatu proses penggabungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas las, dengan atau tanpa pengaruh tekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi. (Howard,1981). Pada pengelasan terjadi banyak perubahan sifat mekanik, terutama pengelasan pada paduan Aluminium. Dari beberapa paduan Aluminium, paduan Al-Mg adalah paduan Aluminium yang banyak dipakai untuk konstruksi laut. Karena paduan ini mempunyai sifat lebih tahan korosi dari air laut dibandingkan dengan paduan Aluminium yang lain. (Trethewey, 1991).

Sambungan dissimillar mempunyai banyak kelemahan (Foret,R, Zlamal,B., dan Sopousek, J., 2006) yaitu pada struktur sambungan yang tidak stabil. Penelitian lain menunjukkan hasil bahwa pada hasil las dissimillar, terdapat retak pada sekitar las (Rowe, M.D., Nelson,T.W., dan Lippold,J.C., 1999). Paduan aluminium tidak dapat bereaksi dengan mudah pada saat dilas karena mempunyai perbedaan yang signifikan pada termal fisik dan bahan cold-rolled dapat digunakan sebagai transisi untuk membantu proses pengelasan. (Sun, X., E.V Stephens, M. A, Khaleel, H. Shao, and M, Kimchi, 2004)

Diantara las yang dapat digunakan untuk pengelasan Aluminium adalah las GMAW. Las GMAW (Gas Metal Arc Welding) merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas mulia dan gas CO₂ sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer. Besarnya arus listrik pengelasan dan kecepatan volume alir gas adalah contoh dari parameter pengelasan yang dapat

mempengaruhi hasil pengelasan las GMAW pada Aluminium. Makin tinggi arus listrik pengelasan yang digunakan dalam pengelasan, makin tinggi pula penembusan (penetrasi) serta kecepatan pencairan. Arus listrik yang besar juga dapat memperkecil percikan butiran, dan meningkatkan penguatan manik. Tetapi dengan tingginya arus listrik maka akan memperlebar daerah HAZ (Wiryosumarto, 2000.)

Salah satu parameter prosedur pengelasan yang mempengaruhi sifat mekanis logam las adalah besar arus las. Pada kekuatan sambungan las pada Aluminium seri 6015 dengan variasi kuat arus listrik pada proses las MIG (Metal Inert Gas). Spesimen uji tarik yang digunakan menggunakan standar ASTM E 8, uji struktur mikro menggunakan standar ASTM E 3 dan uji kekerasan menggunakan standar ASTM E 92. Variasi kuat arus yang dipakai adalah 70 A, 75 A, 80 A, 85 A dan 90 A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa; kuat arus listrik mempunyai pengaruh yang nyata terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik sambungan las aluminium seri 6015 dengan proses las MIG; pola hubungan yang paling mendekati antara kuat arus dengan kekuatan tarik sambungan las aluminium seri 6015 dengan proses las MIG, kalo di lihat dari struktur mikro semakin besar arus yang digunakan semakin besar pula dedrit tersebut yang akan mempengaruhi sifat-sifat bahan, sedangkan kekuatan sambungan las tertinggi diperoleh pada pengelasan dengan menggunakan kuat arus 90 Ampere, dengan kekuatan sambungan las yang dihasilkan sebesar 134.44 N/mm². dan kekerasan tertinggi pada daerah HAZ adalah pada arus 70 Ampere sebesar 50.9 VHN, dan kekerasan tertinggi pda daerah las adalah pada arus 85 A sebesar 67.56 VHN. (Aji, Lastono, 2015).

Besarnya arus pengelasan dan kecepatan volume alir gas adalah parameter dari pengelasan yang dapat mempengaruhi hasil dari pengelasan las GMAW pada Aluminium 5083. Pengujian yang dilakukan adalah uji impact (tipe takikan dengan standart uji dari A.S.T.M. standart pt.31 Designation E23-82). Benda uji yang dipakai menggunakan standar dari DIN 50115 dan standart ISO V nocth. Specimen uji mengalami perlakuan variasi kecepatan volume alir gas dan variasi besar arus pengelasan. Dengan Metode Eksperimen Faktorial ditunjukkan besar arus pengelasan dan kecepatan volume alir gas serta interaksi kedua parameter

tersebut memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap sifat ketangguhan material. (I.N Budiarsa.2008).

Besarnya arus listrik pengelasan tergantung dari bahan, ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan, macam elektroda dan diameter inti elektroda. Dalam hal daerah las mempunyai kapasitas panas yang tinggi dengan sendirinya diperlukan arus listrik lasan yang besar. Untuk menghindari terbakarnya unsur-unsur paduan pada plat tipis sebaiknya digunakan arus las yang kecil. (Howard B.C, 1981). Dengan variasi tegangan listrik (ampere) didapat kesimpulan semakin tinggi tegangan listrik yang digunakan, maka semakin tinggi kekuatan tariknya (Salim dan Triyono, 2012).

Produksi atau proses reparasi yang kurang sempurna, dan sebuah retak awal akan mengakibatkan kepatahan jika dikenai beban berulang seperti beban gelombang ketika kapal beroperasi, penyebab Timbulnya Retak adalah Struktur mikro atau fasa yang terdapat pada daerah pengaruh panas, Hydrogen difusi di daerah las dan Tegangan yang dimiliki di daerah las, ada beberapa faktor yang bisa menimbulkan retak, peneliti menganalisa pada difusi didaerah pengelasan. (Harsono. 1981).

Salah satu parameter prosedur pengelasan yang mempengaruhi sifat mekanis logam las adalah besar arus las. Pada penelitian ini diteliti kekuatan sambungan las Aluminium seri 1100 karena variasi kuat arus listrik pada proses las metal inert gas (MIG). Spesimen uji yang digunakan menggunakan standar ASTM E 8, Hasil penelitian menunjukkan bahwa; kuat arus listrik mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik sambungan las aluminium seri 1100 dengan proses las MIG. (Muku, I Dewa Made Krishna, 2009)

Penelitian tentang material dissimilar pernah dilakukan, dengan memakai proses pengelasan GTAW pada paduan aluminium berbeda seri dari 5083 dengan 6060 dengan material ketebalan plate 1,5, 3 dan 5 mm, harus diperhatikan pada asimetri las dan perilaku leleh alur las yang berbeda. Las aluminium paduan yang berbeda (assimiler material) akan menimbulkan masalah karena perbedaan konduktifitas termal. Paduan sambungan assimilar paduan dari 6060 lebih sensitif terhadap retak panas daripada paduan seri 5083, sambungan assimilar material

6060 dengan 5083 akan mendapatkan kekuatan sambungan terbaik bila menggunakan filler material ER 5356 (AlMg5). (Luijendijk, 2000)

Topik penelitian pada tesis ini yaitu tentang Analisa teknis pengelasan dissimellar antara Aluminium seri 6063 dengan 5083 ditinjau dari aspek mekanik dan metalurgi pada bangunan kapal, agar mampu memperkaya dan menambah hasanah kedalam keilmuwan bidang kelautan, terutama pada bidang pengelasan.

Dari pertimbangan hal-hal diatas, akan dicoba mengulas proses pengelasan ini yang melibatkan dua buah logam yang mempunyai sifat mampu las dan ketangguhan berbeda. Beberapa solusi yang bisa dilakukan, peningkatan teknis pada pengelasan ini.

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat ditarik permasalahan utama dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh Amper terhadap sifat mekanik dan metalurgi pengelasan dissimilar Aluminium seri 6063 dan Aluminium seri 5083?
2. Bagaimana solusi yang dapat dilakukan untuk menghindari sedini mungkin terjadinya cacat sambungan pada pengelasan dissimilar Aluminium Seri 6063 dengan seri 5053?
3. Bagaimana pengaruh kuat arus (Ampere) terhadap mutu hasil pengelasan (visual) pada proses pengelasan dissimilar Aluminium seri 6063 dan Aluminium seri 5083?

1.3. Tujuan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini terdapat beberapa tujuan, antara lain:

1. Melakukan eksperimen untuk mengetahui pengaruh perbedaan Amper terhadap sifat mekanik dan metalurgi pada pengelasan dissimilar antara Aluminium seri 6063 dengan Aluminium seri 5083.
2. Mendapatkan variabel, dan batasan parameter proses pengelasan, material, arus pengelasan, dan urutan pengelasan terhadap metalurgi dan

Mechanical Properties pengelasan Aluminium seri 6063 dengan Aluminium seri 5083.

3. Melakukan analisa adanya perubahan nilai Mechanical Properties hal ini bisa menjadi dasar untuk mengetahui mutu hasil pengelasan pada pengelasan Aluminium Seri 6063 dengan seri 5083.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan Prosedur pengelasan yang dapat diaplikasikan, untuk proses pengelasan dissimilar Aluminium seri 6063 dan Aluminium seri 5083.
2. Dapat dipakai sebagai acuan proses pengelasan pada material Aluminium seri 6063 dan Aluminium seri 5083 bangunan kapal aluminium.
3. Memberikan khasana ilmu pengetahuan pengelasan dissimilar aluminium.

1.5. Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah awal cacat sambungan dari pengelasan berbeda seri 6063 dengan seri 5083 yang bisa terjadi pada saat pengelasan bangunan kapal berbahan aluminium. Untuk itu perlu dilakukan penelitian terhadap prosedur pengelasan ditinjau dari segi pengujian mekanis dan metalurgi. Sedangkan parameter amper yang akan digunakan (110, 140, dan 170), dari pengujian dan analisa atas parameter tersebut diharapkan kuat arus (Ampere) yang sesuai, sehingga didapatkan parameter pengelasan yang optimal.

1.6. Batasan Masalah

Untuk memfokuskan permasalahan yang akan di lakukan penelitian dengan tujuan untuk terlaksananya perencanaan yang baik, maka dilakukan pembatasan masalah. Batasan- batasan masalah tersebut diantaranya adalah:

1. Penelitian ini dilakukan pada lembaran plat Aluminium 6063 dan 5083 dengan proses pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW) memakai kawat ER 5356 diameter 1,2 mm.

2. Analisa terhadap sifat mekanis (Mechanical Properties) yaitu Pengujian Tarik, macro, kekerasan dan impact.
3. Analisa terhadap Metallurgi pada kedua daerah pengelasan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

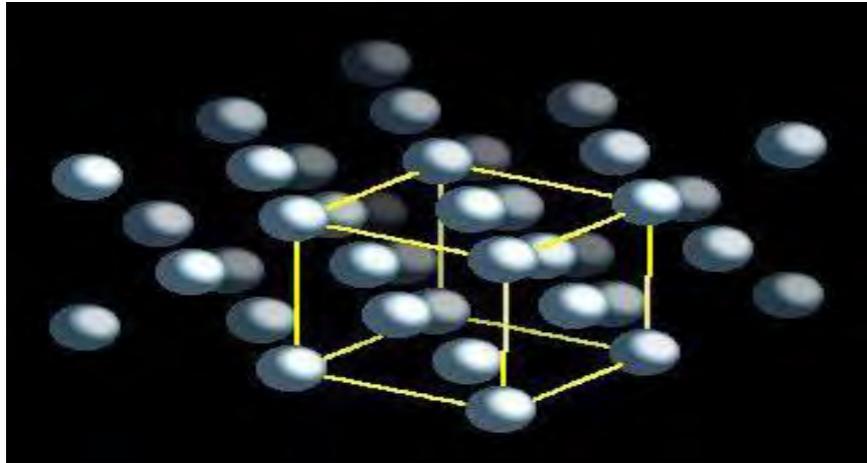
2.1. Aluminium Paduan

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi yang merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Di alam, aluminium berupa oksida yang stabil sehingga tidak dapat direduksi dengan cara seperti mereduksi logam lainnya. Pereduksian aluminium hanya dapat dilakukan dengan cara elektrolisis. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya. Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm³, densitas 2,685 kg/m³, dan titik leburnya pada suhu 660⁰C, aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan. (Wiryosumarto, 2010).

Unsur- unsur paduan dalam aluminium antara lain: (Wiryosumarto, 2010)

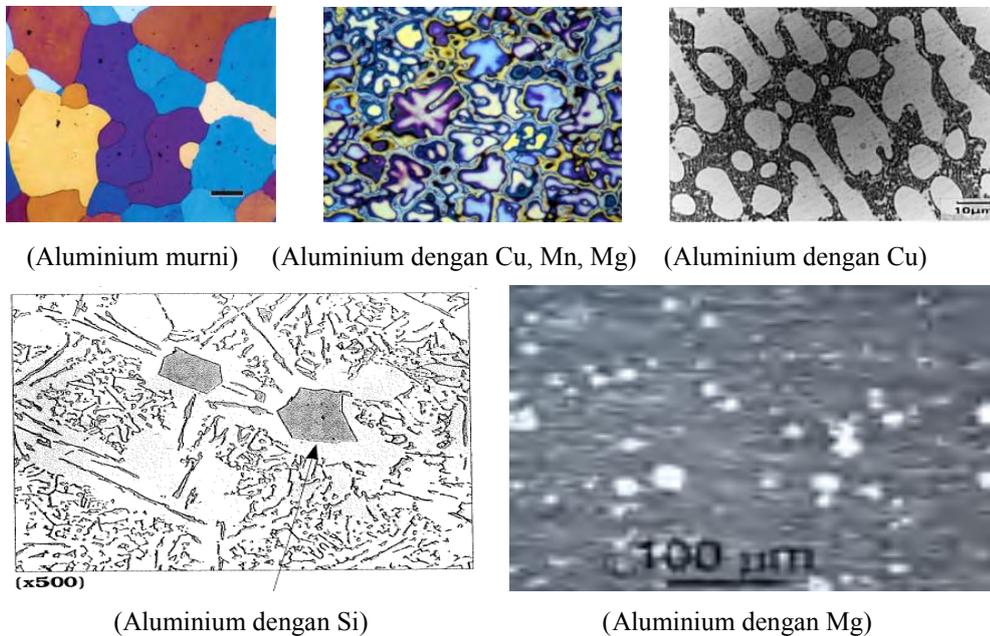
1. Copper (Cu), menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan elongasi (pertambahan panjang pangsangan saat ditarik). Kandungan Cu dalam aluminium yang paling optimal adalah antara 4-6%.
2. Zink atau Seng (Zn), menaikkan nilai tensile.
3. Mangan (Mn), menaikkan kekuatan dalam temperature tinggi.
4. Magnesium (Mg), menaikkan kekuatan aluminium dan menurunkan nilai *ductility*-nya. Ketahanan korosi dan *weldability* juga baik.
5. Silikon (Si), menyebabkan paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya.

2.2. Struktur Mikro Aluminium



Gambar 2.1. Struktur mikro Aluminium murni dan paduan (Hartomo. A.J. 1992)

Pada gambar 2.1. Aluminium memiliki struktur logam membentuk FCC (Face Centered Cubic). Partikel ini memiliki kisi kristal berbentuk *cubic*, FCC dengan sel parameter $a = 6.351$. (Hartomo. A.J., 1992)



(Aluminium murni)

(Aluminium dengan Cu, Mn, Mg)

(Aluminium dengan Cu)

(x500)

(Aluminium dengan Si)

(Aluminium dengan Mg)

Gambar 2.2. Struktur mikro aluminium dengan paduannya.

(Hartomo. A.J., 1992)

2.3. Klasifikasi Aluminium

Aluminium magnesium alloy (seri 5xxx)

Dalam paduan biner Al-Mg satu fasa yang ada dalam keseimbangan dengan larutan padat Al adalah larutan padat yang merupakan senyawa antar logam Al_3Mg_2 . Sel satuannya merupakan hexagonal susunan rapat (eph) tetapi ada juga yang sel satuannya kubus berpusat muka (fcc) rumit. Titik eutetiknya adalah $450^{\circ}C$, 35%Mg dan batas kelarutan padatnya pada temperature eutektik adalah 17,4% yang menurun pada temperature biasa sampai kira-kira 1,9%Mg, jadi kemampuan penuaan dapat diharapkan, komposisi Aluminium dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Paduan Al-Mg mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik disebut hidrinalium. Paduan dengan 2-3%Mg dapat mudah ditempa, dirol dan diekstrusi. Paduan Al-Mg umumnya non heat treatable. Seri 5052 dengan 2,5%Mg banyak digunakan untuk campuran minyak dan bahan bakar pesawat terbang. Seri 5052 biasa digunakan sebagai bahan tempaan. Paduan 5056 adalah paduan paling kuat setelah dikeraskan oleh pengerasan regangan apabila diperlakukan kekerasan tinggi. Paduan 5083 yang dianil adalah paduan antara (4,5%Mg) yang kuat dan mudah dilas sehingga banyak digunakan sebagai bahan untuk tangki LNG. Seri 5005 dengan 0,8%Mg banyak digunakan sebagai batang profil ekstrusi. Seri 5050 dengan 1,2%Mg dipakai sebagai pipa saluran minyak dan gas pada kendaraan.

Tabel 2.1. Komposisi Aluminium 5083 (BKI ,vol 5 section 10 2010)

Designation	Mn,%	Mg,%	Cr,%	Ti,%	Others,%
5083	0.4-1.0	4.0-4.9	0.05-0.25	0.15 max	-

Aluminium magnesium silikon alloy (seri 6xxx)

Penambahan sedikit Mg pada Al akan menyebabkan pengerasan penuaan sangat jarang terjadi, namun apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat diperkeras dengan penuaan panas setelah perlakuan pelarutan. Hal ini dikarenakan senyawa M_2Si berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan

dari sistem biner semu dengan Al. Paduan dalam sistem ini memiliki kekuatan yang lebih kecil dibanding paduan lainnya yang digunakan sebagai bahan tempaan, tetapi sangat liat, sangat baik kemampuan bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaan.

Paduan 6063 banyak digunakan sebagai rangka konstruksi. Karena paduannya memiliki kekuatan yang cukup baik tanpa mengurangi hantaran listrik maka dipergunakan untuk kabel tenaga. Dalam hal ini percampuran dengan Cu, Fe, dan Mn perlu dihindari karena unsur-unsur tersebut menyebabkan tahanan listrik menjadi tinggi. Magnesium dan Silikon membentuk senyawa Mg_2Si (Magnesium Silisida) yang memberikan kekuatan tinggi pada paduan ini setelah proses heat treatment. komposisi Aluminium dapat dilihat pada Tabel 2.2 Seri 6053, 6061, 6063 memiliki sifat tahan korosi sangat baik dari pada heat treatable aluminium lainnya. Penggunaan aluminium seri 6xxx banyak digunakan untuk piston motor dan silinder head motor bakar.

Tabel 2.2. Komposisi Aluminium (BKI ,vol 5 section 10 2010)

Designation	Si,%	Cu,%	Mn,%	Mg,%	Cr,%	Others,%
6063	0.2-0.6	0.10 max.	0.10 max.	0.45-0.9	0.10 max.	-

Paduan Jenis Al –Mg (seri 5000) Jenis ini termasuk paduan yang tidak dapat diperlaku panaskan, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi oleh air laut, Aluminium seri 5083 banyak digunakan untuk marine applications. Paduan tempa ini menawarkan kekuatan tertinggi diantara paduan non heattreatable lain karena rata-rata mengandung 4.5%Mg, 0.7%Mn, dan 0.13%Cr. Aluminium 5083 dikenal karena kinerja yang luar biasa di lingkungan yang ekstrim. Al 5083 sangat tahan terhadap serangan, baik air laut dan lingkungan kimia industri. Aluminium 5083 juga mempertahankan kekuatan yang luar biasa setelah pengelasan.

Paduan jenis AL-Mg-Si (seri 6000) termasuk dalam jenis yang dapat diperlaku- panaskan dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan daya

tahan korosi yang cukup. Paduan seri magnesium silisida Mg_2Si . Paduan ini mengandung sejumlah kecil silikon dan magnesium, biasanya kurang dari masing-masing 1%, dan selanjutnya dapat paduan dengan sama kecil jumlah mangan, tembaga, seng dan paduan chromium, Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul.

Paduan Aluminium memiliki titik leleh lebih rendah dari baja, namun demikian input panas yang dibutuhkan untuk mengelas Aluminium lebih besar dari input panas untuk mengelas baja. Konduktivitas termal dari Aluminium ketika pengelasan, sering menunjukkan perbedaan termal konduktivitas.

Perbedaan dalam konduktivitas termal akan menghasilkan pengaturan parameter pengelasan yang berbeda, umumnya konduktivitas termal dari konsentrasi rendah, pada seri 6060 jauh lebih baik daripada termal konduktivitas seri 5083, untuk ketebalan tertentu dan kecepatan welding torch, seri 6060 harus dilas dengan busur tinggi dibandingkan dengan seri 5083, las busur aluminium komposisi yang berbeda (paduan berbeda) akan muncul masalah karena perbedaan konduktivitas termal.

Panas yang dihasilkan oleh busur akan lebih mudah dalam material termal konduktivitas tinggi, hal ini dapat mengakibatkan kurang fusi pengelasan atau mencair berlebihan dengan rendah termal konduktivitas, harus disadari bahwa bahan dengan memiliki kapasitas titik lebur tinggi.

Las aluminium komposisi yang berbeda (paduan berbeda) akan memberikan masalah karena perbedaan konduktivitas termal. Karena koefisien konduktivitas termal berbeda dengan suhu pengelasan. (Harsono W., 2000).

2.4. Sifat-sifat Teknis Aluminium

Sifat Mekanis, kekuatan dan kekerasan aluminium tidak begitu tinggi. Namun, dengan adanya pepaduan dan heat treatment dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasannya. Kebanyakan material aluminium ditingkatkan kekuatannya dengan suatu mekanisme penguatan bahan logam yang disebut *precipitation hardening*. Dalam *precipitation hardening* harus ada dua fasa, yaitu

fasa yang jumlahnya lebih banyak disebut matriks dan fasa yang jumlahnya lebih sedikit disebut *precipitate*.

Mekanisme penguatan ini meliputi tiga tahapan, yaitu solid solution treatment: memanaskan hingga diatas garis solvus untuk mendapatkan fasa larutan padat yang homogen, *quenching*: didinginkan dengan cepat untuk mempertahankan struktur mikro fasa padat homogeny agar tidak terjadi difusi, dan aging: dipanaskan dengan temperatur tidak terlalu tinggi agar terjadi difusi fasa alpha pada jarak membentuk precipitate. Selain itu, ada beberapa cara pengujian kekerasan yang berstandar yang digunakan untuk menguji kekerasan logam yaitu antara lain pengujian Brinell, Rockwell, Vickers, Shore, dan Meyer. Berikut Tabel 2.3 mechanical properties aluminium. (Harsono W., 2000).

Tabel 2.3. Mechanical properties aluminium (Harsono W., 2000)

Tensile strength	Antara 230 sampai 570 MPa
Modulus young	Antara 69 sampai 79 GPa
Yield strength	Antara 215 sampai 505MPa
Ultimate strength	455 mPa
Regangan	10-25%
Shear strength	30 mPa

Cara membaca standar internasional

Pada Tabel 2.4. menerangkan Pengkodean aluminium dengan 4 angka:

- Angka pertama = menunjukkan seri kelompok paduan
- Angka kedua = menunjukkan modifikasi dari paduan murni atau batas ketidakmurnian.
 - Angka 0 menunjukkan paduan murni
 - Angka 1 sampai 9 menunjukkan modifikasi decimal, minimum presentase Al.

Dua angka terakhir = sama dengan dua angka ke kanan decimal, minimum presentase Aluminium, Jika dipilah berdasarkan unsur-unsur paduannya:

1. 5xxx paduan dengan magnesium sebagai paduan utama.

Tidak dapat diperlaku-panaskan, tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, mampu-las baik.

2. 6xxx paduan dengan magnesium and silisium sebagai paduan utama
Dapat diperlaku-panaskan, mampu las, mampu potong, tahan korosi, terjadi pelunakan karena panas las. (ASTM Metals Handbook, 1997)

Tabel 2.4. Standardisasi dan Pengkodean Aluminium (ASTM Metals Handbook, 1997)

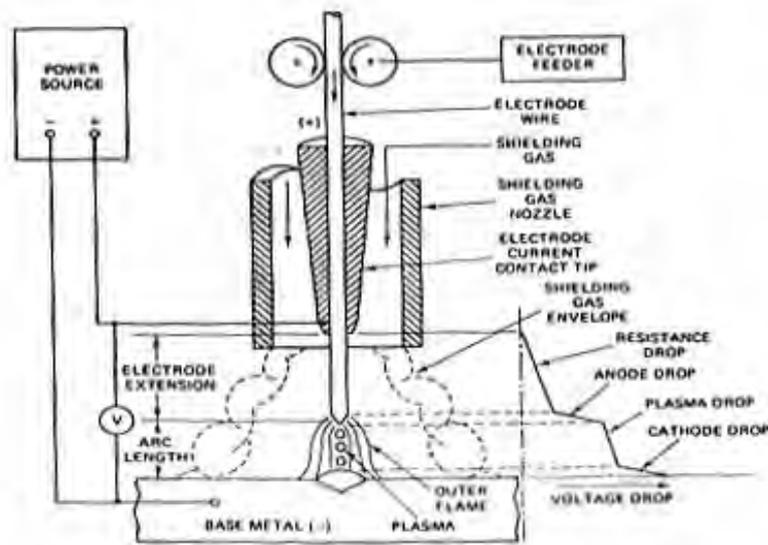
ALLOY	ASTM	DIN	INTER	ISO	JIS
	USA	Germany		Intl.	Japan
5083	5083	AlMg4,5Mn	5083	Al Mg4,5Mn0,7	A5083
6063	6063	(AlMgSi0,5)	6063	Al Mg0,7Si	A6063

2.5. GMAW (Gas Metal Arc Welding)

Las logam gas mulia (GMAW) elektroda juga berfungsi sebagai logam pengisi diumpankan terus-menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk . Gas pelindung yang digunakan adalah Argon, helium atau campuran dari keduanya. Keuntungan menggunakan las GMAW antara lain:

1. Karena konsentrasi busur yang tinggi, maka busurnya sangat mantap dan percikannya sedikit sehingga memudahkan operasi pengelasan.
2. Karena dapat meggunakan arus yang tinggi, maka kecepatannya juga tinggi, sehingga efisiensinya baik. Sifat-sifat yang diterangkan diatas sebagian.

besar disebabkan oleh sifat dari busur yang dihasilkan. Busur yang dihasilkan cenderung selalu runcing. Hal inilah yang menyebabkan butir-butir logam cair menjadi halus dan pemindahannya berlangsung dengan cepat seakan-akan disemburkan.



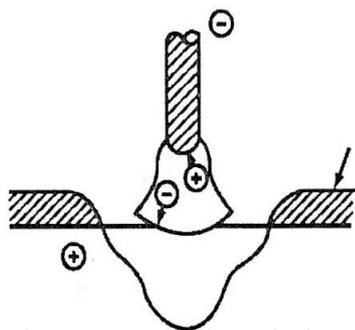
Gambar 2.3. Pemindahan sembur pada las GMAW (Howard,B.C, 1981).

2.6. Prinsip Kerja GMAW

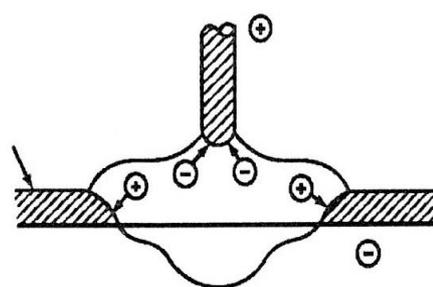
Pada dasarnya peralatan yang dipakai adalah torch (gun) yang didalamnya ada elektrode (wire) yang didorong oleh wire feeder, gas pelindung yang dialirkan dari tabung gas; control system untuk mengatur kecepatan electrode wire, besar arus dan voltase dan mesin las arus searah (DC power). Hubungan listrik pengelasan bisa straight polarity (DCSP) maupun reverse polarity (DCRP).

Hubungan Straight Polarity (gambar 2.4.), aliran electron-electron dari elektrode ke benda kerja, sedangkan aliran ion-ion gas positif dari benda kerja ke elektrode. Hasilnya penembusan las kurang dalam.

Untuk hubungan listrik Reverse Polarity (DCRP) (gambar 2.5.), aliran elektron-elektron dari benda kerja ke elektrode dan aliran ion-ion gas positif dari elektrode ke benda kekrja. Hasilnya penembusan las cukup dalam.



Gambar 2.4. Straight polarity



Gambar 2.5. Reverse polarity (Harsono W, 2000)

2.7. Elektroda Aluminium

Elektroda yang digunakan untuk penelitian ini adalah Aluminium 5365 dengan komposisi : 92,2% Al 0,4% Si, 0,1% Cu,1,0% Mn,5,5% Mg,0,35% Cr,0,25% Zn, 0,2% Ti, 0,05% unsur lain. Elemen dasar yang digunakan dalam elektroda aluminium adalah magnesium, mangan, seng, silikon dan tembaga. Alasan utama menambahkan elemen tersebut adalah untuk meningkatkan kekuatan dan logam aluminium murni. Selain itu ketahanan korosi dan *weldability* juga merupakan alasan penambahan elemen tersebut. Elektroda yang paling sering digunakan adalah elektroda yang mengandung magnesium 5356 dan mengandung silikon 4043. Elektroda aluminium menggunakan standar penomoran menurut AWS A5.3.

2.8. Parameter Pengelasan

Parameter yang paling penting dalam pengelasan adalah arus las, ekstansi elektroda, tegangan las dan kecepatan pengelasan (*arc travel speed*). Parameter ini akan mempengaruhi hasil las secara langsung.

Kapal merupakan sarana transportasi dan angkutan barang yang sangat penting. Dalam proses produksinya, karena material ini memiliki ketahanan korosi dan kekuatan mekanis yang cukup tinggi, sehingga material ini sering digunakan untuk aplikasi pada kapal- kapal tipe *crew boat*, *resque boat* dan tangki-tangki pada kapal LNG. (Yudo, H, 2008).

Besarnya arus listrik pengelasan tergantung dari bahan, ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan, macam elektroda dan diameter inti elektroda. Dalam hal daerah las mempunyai kapasitas panas yang tinggi dengan sendirinya diperlukan arus listrik lasan yang besar. Untuk menghindari terbakarnya unsur-unsur paduan pada plat tipis sebaiknya digunakan arus las yang kecil. (Howard, 1989)

Pengaturan besar arus las besarnya arus dan tegangan pengelasan adalah tergantung pada tebal bahan dan diameter kawat elektroda serta posisi pengelasan atau berdasarkan WPS (*welding prosedure specification*) pekerjaan tersebut. Arus las adalah arus listrik yang digunakan untuk melakukan proses pengelasan. Dalam proses pengelasan GMAW (Gas Metal Arc Welding), arus

las secara langsung berhubungan dengan kecepatan *wirefeed*. Jika arus las dinaikkan maka kecepatan *wirefeed* juga seharusnya naik. (ASTM Metals Handbook, 1997)

2.9. Jenis Retak Pengelasan

Retak las dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok retak dingin dan kelompok retak panas. Retak dingin adalah retak yang terjadi di daerah las pada suhu dibawah suhu transformasi martensit sedangkan retak panas adalah retak yang terjadi pada suhu diatas 550° C.

Retak dingin dapat terjadi tidak hanya pada daerah HAZ tetapi juga terjadi pada logam pengelasan. Retak panas dibagi dalam dua kelas yaitu retak karena pembebasan tegangan pada daerah pengaruh panas dan retak yang terjadi pada peristiwa pembekuan logam las. (Harsono. W., 2000).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

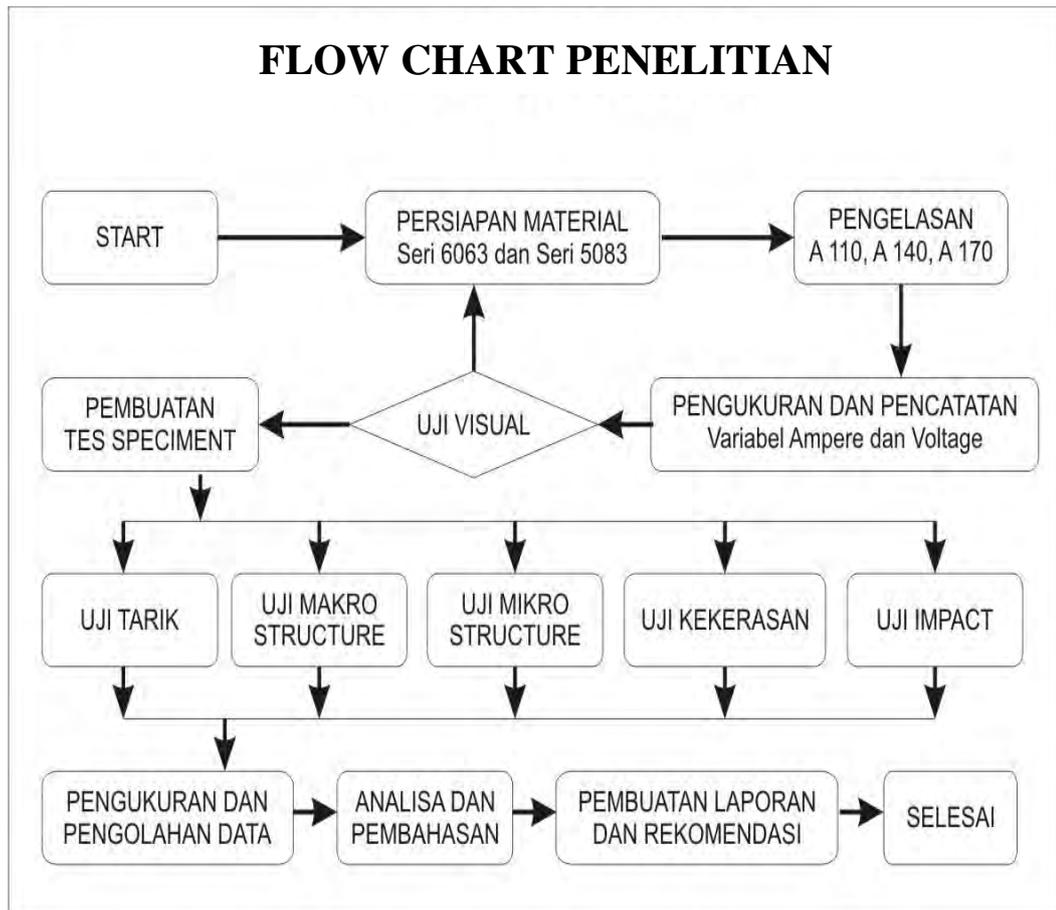
3.1. Pendahuluan

Metode penelitian diawali dengan pengelasan material seri 6063 dengan seri 5083 mengacu WPS (welding procedure specification) variabel kuat arus (Ampere) yang disarankan 115 sampai 150. Untuk melakukan pengujian peneliti mengambil variabel kuat arus (Ampere) yang berbeda, yaitu dibawah range (110) diantara range (140) dan diatas range (170). Dasar pemilihan variabel kuat arus (Ampere) mengacu pada WPS yang ada serta kuat arus (Ampere) berpengaruh terhadap hasil pengelasan, dalam jurnalnya, Howard B.C, 1989, menyebutkan bahwa “dalam hal daerah las mempunyai kapasitas panas yang tinggi dengan sendirinya diperlukan arus listrik (ampere) lasan yang besar” .

Setelah proses pengelasan visual chek berdasarkan standart BKI, selanjutnya melakukan pemotongan speciment sesuai rule. Sifat-sifat mekanis (mechanical properties) didapatkan dengan proses uji merusak, arah dan urutan sistematika penelitian diterangkan pada gambar 3.1 flowchart metodologi dibawah ini.

Pada data test certificate seri 6063 dengan 5083 telah dilakukan beberapa pengujian yang diantaranya yaitu mechanical properties, sehingga didalam analisisnya didapatkan data pembanding untuk mengetahui karakteristik pengelasan seri 6063 dan 5083 dari fungsi kekuatan dan sifat material sebelum dilakukanya proses pengelasan.

Pada jurnal Luijendijk, 2000, dinyatakan bahwasanya dengan adanya proses pengelasan pada seri 6060 dan 5083 pada ketebalan yang bervariasi maka akan membentuk perubahan pada strukture mikro dan mechanical propertiesnya. Dengan logika yang sama peneliti meneliti dengan adanya proses pengelasan pada seri 6063 dan 5083 pada kuat arus (Ampere) yang bervariasi maka akan membentuk perubahan pada strukture mikro dan mechanical propertiesnya.



Gambar 3.1. Diagram alur penelitian

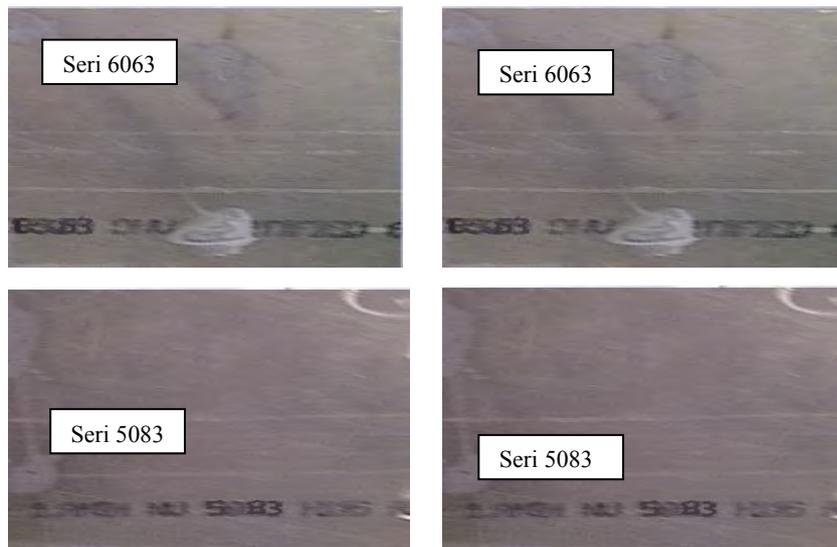
3.2. Material dan Peralatan

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah pelat aluminium 5083 dan aluminium 6063.

Persiapan material Aluminium seri 5083 dan seri 6063, beserta data pendukung, yaitu sertifikat dari pabrik. Kegiatannya adalah, pemotongan material dengan dimensi 300 x 150 x 6 mm. Bevel 30° Jumlah Material yang dibutuhkan yaitu 10 (Sepuluh) lembar, dapat dilihat pada gambar 3.2.

Persiapan Peralatan meliputi Mesin Las GMAW yang layak, kawat las ER 5356 diameter 1,2 mm beserta kelengkapannya yaitu botol Gas (argon 99,99 %), kap las dan lain-lain.

Persiapan peralatan pendukung seperti tang amper ,digital temperature, pengukur tekanan gas (regulator), penggaris baja, penggores, grinding dan brasing.



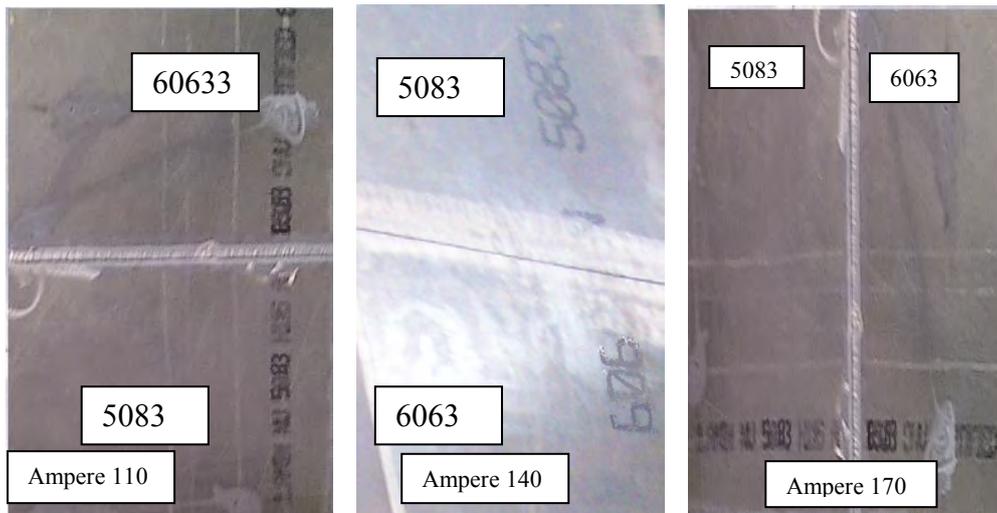
Gambar 3.2. Material Aluminium seri 5083 dengan seri 6063.

3.3. Proses Pengelasan

Proses pengelasan yang dilakukan untuk menyambung dua buah aluminium seri 6063 dengan seri 5083 adalah proses GMAW (*gas metal arc welding*), dengan variasi kuat arus (Ampere) 110, 140 dan 170 dengan volt yang sama 22. Parameter yang digunakan dalam pengelasan ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Parameter pengelasan GMAW (*gas metal arc welding*)

1. Welding Proses	GMAW (<i>gas metal arc welding</i>)
2. Base metals	Almg 4,5 5083 to AlMgSi 0,5 6063
3. Plate Thickness	6 (mm)
4. Plate Thickness range	3-12 (mm)
5. Preheat Temp	None
6. PWHT	None
7. Joint design	V groove (CJP)
8. Backing	No
9. Root opening	0-2
10. Groove Angle	60 °
11. Filler metals	AWS A5.10 ER 5356 \varnothing 1,2 mm
12. Shelding	Gas Argon
13. Composition	99 %, Flow rate 18 lt/Mnt
14. Position	1-G
15. Electrical Characteristics	DCSP
16. Interpass Cleaning	Grinding and Brushing



Gambar 3.3. Hasil pengelasan Aluminium seri 5083 dengan seri 6063 pada kuat arus (Ampere) 110, 140 dan 170.

Dari pengelasan didapatkan hasil seperti pada Gambar 3.3. hasil pengelasan dari seri 6063 dengan seri 5083, setelah selesai pengelasan dilanjut uji visual.

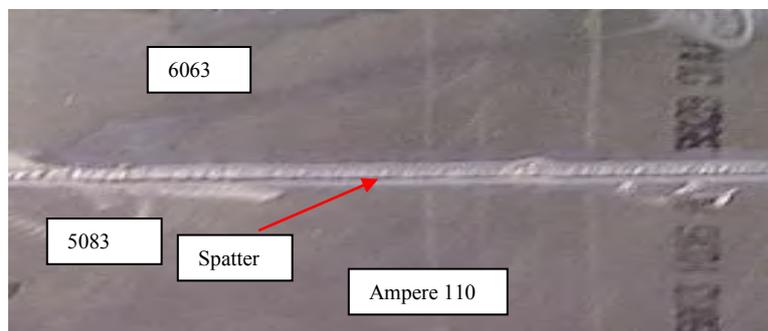
3.4. Visual Inspection (VT).

Pengujian visual adalah pemeriksaan dengan penglihatan/ pengamatan pada hasil pengelasan, dan merupakan pemeriksaan pertama untuk menentukan kualitas sambungan. Pemeriksaan dapat dilakukan dengan atau tanpa kaca pembesar hingga dapat melihat tempat kerusakan seperti : under cutting (pengurangan penampang), over lap, retak pada permukaan, perpaduan tidak sempurna, lobang dalam permukaan (surface porosity), cembung dan cekung, penembusan berlebihan (excess weld metal) dan penembusan kurang (incomplete penetration).

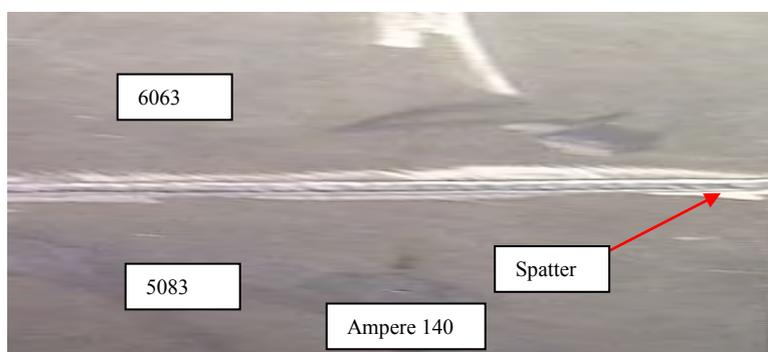
Pemeriksaan penyelidikan visual (visual examination) lebih seksama akan memeriksa sebelum dan sesudah pengelasan antara lain, pemeriksaan persiapan sambungan, proses pengelasan, ukuran dan type elektroda , jarak busur, amper yang dipergunakan, semua factor ini perlu dicatat. Hasil pemeriksaan visual ampere 110,140 dan 170 rata-rata timbul spstter, dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Hasil Inspeksi Visual

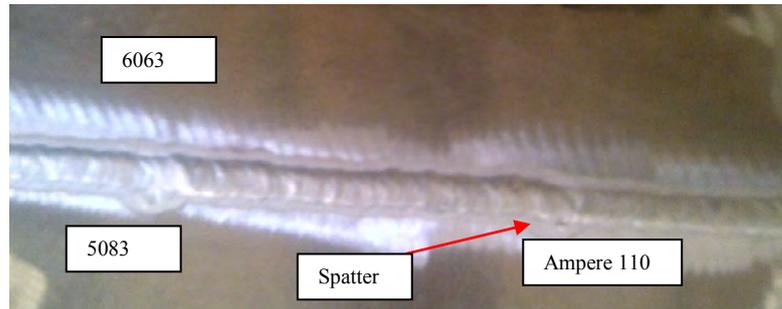
Type of Defect	Yes	No	Comments
Porosity		√	
Slag Inclusion		√	
Overlap		√	
Spatter	√		Cleaned
Undercut		√	
Dimensional		√	
Underfill		√	
Delamination		√	
Lamellar Tearing		√	
Crack		√	



Gambar 3.4. Hasil pengelasan dengan kuat arus 110 Ampere.



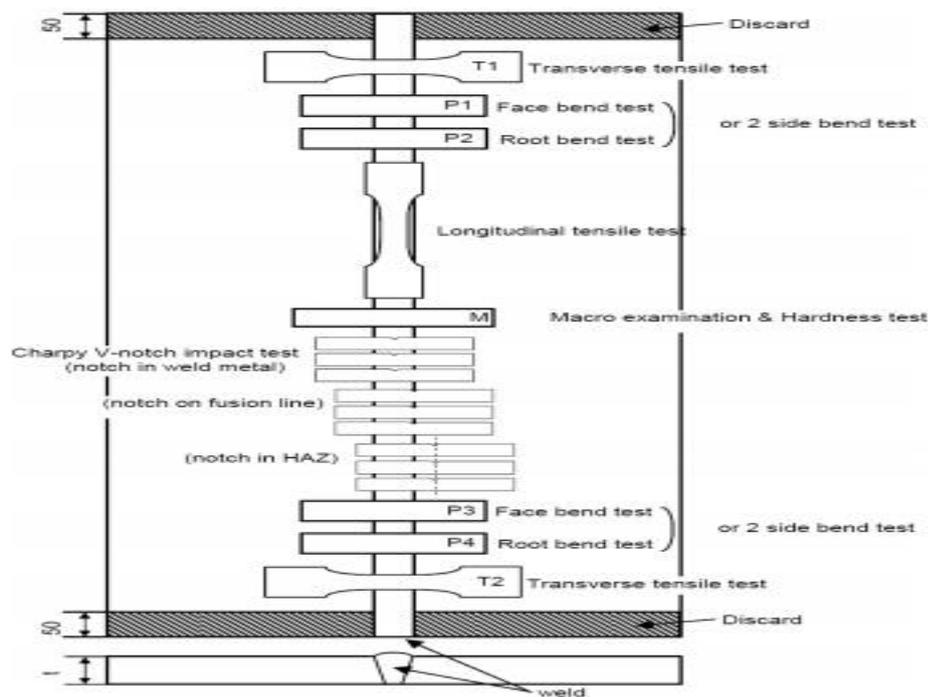
Gambar 3.5. Hasil pengelasan dengan kuat arus 140 Ampere.



Gambar 3.6. Hasil pengelasan dengan kuat arus 170 Ampere.

3.5. Penentuan Ukuran Bahan Uji

Penentuan ukuran dan jumlah bahan uji dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.7, menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) vol. VI sec. 11 2012, karena ini untuk penelitian semua benda uji dipotong 5 pice.



Gambar 3.7. Pengambilan test specement dari material uji

3.5.1. Pengujian Metalografi (Foto Mikro)

Langkah-langkah yang dilakukan (mengacu pada ASTM E 30) dalam pengujian metalografi (foto mikro) Speciment berukuran 100 x 10 x 6 mm ini adalah sebagai berikut:

- a. Persiapan 5 (lima) buah specimen, permukaan specimen dipoles hingga halus, bersih, mengkilap, dan tidak ada goresan dengan menggunakan kertas gosok. Pembersihan dilakukan mulai dari grade 600,800, 1000, 1200, 1500, dan 2000.
- b. Persiapan larutan *Poultan reagent* yang terdiri dari:
 - 30 mL HCl
 - 40 mL HNO₃
 - 10 mL HF
 - 12 g CrO₃
 - 42.5 mL (Aquadest)
- c. Specimen dicelupkan dalam larutan reagent keller's selama 1,5 menit.
- d. Setelah proses pencelupan, dicelupkan dalam alkohol 90 % hingga terlihat bentuk daerah pengelasan.
- e. Specimen disiram dengan air dan dikeringkan dengan *hair dryer*.
- f. Selanjutnya specimen dilakukan proses foto mikro, proses foto mikro ini menggunakan mikroskop dengan pembesaran 100 dan 400 kali.
- g. Langkah terakhir adalah menyimpan foto ke dalam komputer.

3.5.2. Pengujian Makroetsa

Pengujian makro etsa proses pengujian material menggunakan mata terbuka dengan tujuan dapat memeriksa mutu pengelasan pada posisi potongan melintang dapat dilihat pada gambar 3.8., dalam permukaan obyek, dan mengetahui permukaan dari layer pengelasan. Pada penelitian kali ini uji makro etsa dilakukan pada permukaan sambungan aluminium seri 6063 dengan seri 5083 yang sudah dilas menggunakan proses GMAW (mengacu pada ASTM E 30).

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah memotong spesimen menjadi ukuran 100 x 10 x 6 mm. Specimen dipotong kecil supaya dalam penghalusan permukaan lebih mudah. Sebelum dihaluskan dengan menggunakan amplas specimen harus digerinda lebih dahulu, baru kemudian dilakukan dengan tingkat kehalusan mulai dari yang kecil hingga yang terbesar. Pada penelitian ini peneliti melakukan pengamplasan dengan tingkat kehalusan 80 kemudian 100,

120, 220, 400, 600, 800, 1000, dan nilai kehalusan terbesar yang digunakan adalah 2000.



Gambar 3.8. Setelah di macro etsa

Arti dari nilai kehalusan ini adalah, jika amplas mempunyai tingkat kehalusan 100, angka 100 menunjukkan bahwa serbuk silikon karbida pada kertas amplas itu lulus dari ayakan mencapai 100 lubang pada luas inchi persegi atau sekitar 625 mm persegi. Proses pengamplasan harus dilakukan satu arah pada permukaan spesimen yang akan diteliti strukturnya, mesin amplas yang digunakan pada penelitian kali ini adalah Ecomet.

Selama proses pengamplasan mesin berputar berlawanan arah jarum jam ketika proses tersebut air terus dialirkan kedalam mesin amplas tujuan pemberian air ini adalah supaya proses penghalusan berjalan lebih cepat dan seragam, serta kotoran pengamplasan tidak tercecer dan terhirup.

Setelah proses penghalusan sampai tertinggi, maka proses selanjutnya adalah pengetsaan (etching). Tujuan dari pengetsaan adalah supaya struktur mikro atau kontur permukaan spesimen dapat terlihat dengan jelas dibawah kamera. Hal ini dilakukan karena hasil penghalusan terakhir hanya menghasilkan suatu lapisan yang menutupi permukaan struktur logam. Oleh karena itu, lapisan tersebut harus dihilangkan atau dilarutkan dengan cara di etsa.

Bahan larutan yang digunakan untuk etsa makro adalah poulton reagent dengan komposisi hidrocloric acid (HCL) sebanyak 3 ml, hidro fluoride acid (HF)

sebanyak 2ml, asam nitrad (HNO_3) sebanyak 20 ml dan aqua sebanyak 175 ml. Setelah semua larutan dicampur dan diaduk dalam sebuah cawan, maka proses selanjutnya adalah permukaan benda uji dimasukkan kedalam larutan tersebut dengan waktu yang telah ditetapkan. Setelah permukaan terlihat perberlawanan maka cuci dengan air hangat dan alkohol untuk menghentikan reaksi, lalu dikeringkan dengan udara atau kompresor (hairdrayer).

Perlu diperhatikan bahwa larutan etsa mempengaruhi benda uji dengan kata lain baik tidaknya pengetsaan sedikit dipengaruhi oleh larutan kimia untuk pengetsaan. Setelah benda uji dietsa maka seluruh benda uji akan tampak garis-garis yang tidak teratur.

Proses selanjutnya adalah proses pengamatan dan pengambilan foto untuk permukaan yang telah dietsa, pada penelitian ini proses tersebut dilakukan menggunakan kamera DSLR.

Langkah-langkah yang harus dilakukan selama pengujian foto makro adalah sebagai berikut:

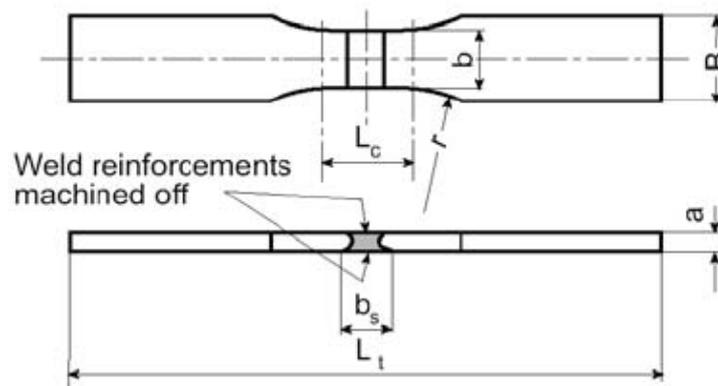
- a. Persiapan *speciment* sama seperti proses foto mikro.
- b. Persiapan larutan reagent keller's yang terdiri dari :
 - 25 ml Hydrofluorid Acid (HF)
 - 100 ml HCL
 - 100 ml HNO_3
 - 100 ml Aquades
- c. Speciment dicelupkan dalam larutan hingga dua menit, lalu dicelup dengan alkohol 90 % hingga terlihat bentuk daerah pengelasan.
- d. Speciment disiram dengan air dan dikeringkan dengan *hair dryer*.
- e. Selanjutnya speciment siap dilakukan proses foto makro.
- f. Langkah terakhir adalah pengambilan gambar dengan kamera.

3.5.3. Pengujian Tarik

Pengujian tarik (*tensile test*) dilakukan dengan bahan uji berbentuk *flat tensile specimen*. Penentuan dimensi daripada bahan uji tarik menurut BKI Vol. VI Sec.11 2012 dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3. Penentuan Dimensi Bahan Uji Tarik (Biro Klasifikasi Indonesia Vol. VI, 2012)

Specimen thickness a	• 5	> 5 to • 10	> 10 to • 20	> 20 to • 30
Specimen width b	15	20	25	30
Gauge length L_c	Weld width $b_s + 80 \text{ mm}$ ¹⁾			
Head width B	• 25	• 30	• 35	• 40
Total length L_t	• $L_c + 180$			
Radius at shoulder r	• 35			
¹⁾ b_s measured on the side of the weld with the greater seam width. Note : Measurements in mm				



Gambar 3.9. Specimen uji tarik



Gambar 3.10. Proses Pengujian Tarik

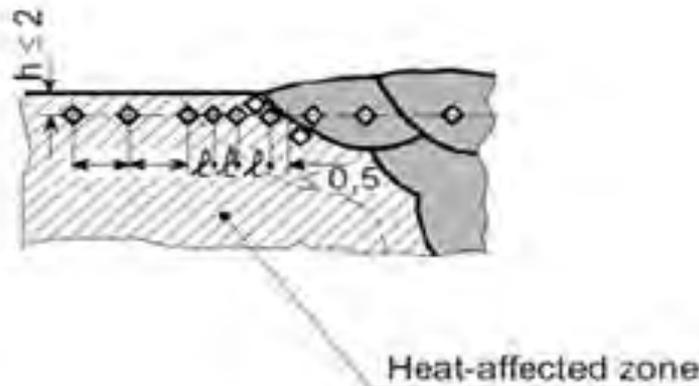
3.5.4. Pengujian Kekerasan

Penentuan dimensi dapat dilakukan asalkan di dalam spesimen uji terdapat daerah *basemetal*, *weld metal*, dan *Heat Affected Zone (HAZ)*. Penentuan lokasi titik uji untuk pengujian kekerasan memakai HV 10 menurut BKI Vol. VI Sec. 11 dapat dilihat pada Tabel 3.4. di bawah ini:

Tabel 3.4. Jarak rekomendasi titik uji kekerasan
(Biro Klasifikasi Indonesia Vol.VI, 2012)

Recommended distance •between hardness test impressions
in the heat-affected zone

Vickers hardness symbol	Distance between hardness test impressions •• [mm]
HV 5	0.7
HV 10	1



Recommended distance •between hardness test imp
in the heat-affected zone

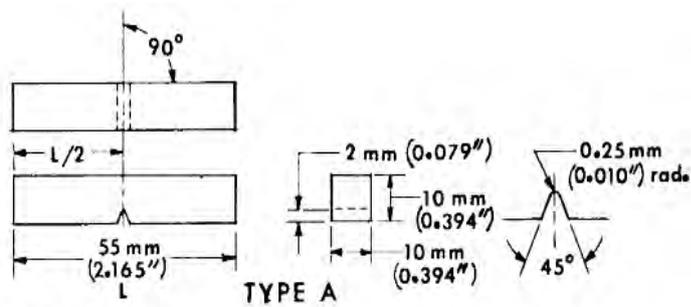
Gambar 3.11. Penentuan Lokasi Titik Uji Kekerasan
(Biro Klasifikasi Indonesia Vol.VI, 2012)



Gambar 3.12. Alat mikro vickers hardness

3.5.5. Pengujian Impact

Pengujian *impact* akan dilakukan dengan metode *charpy* dan bahan uji *impact* berukuran *subsize* dan berbentuk tipe A. Penentuan dimensi daripada bahan uji *impact* berdasarkan ASTM E23 dapat dilihat pada Gambar 3.13. dan 3.14. berikut ini:



NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Notch length to edge	$90 \pm 2^\circ$
Adjacent sides shall be at	$90^\circ \pm 10 \text{ min}$
Cross-section dimensions	$\pm 0.075 \text{ mm } (\pm 0.003 \text{ in.})$
Length of specimen (L)	$+0, -2.5 \text{ mm } (+0, -0.100 \text{ in.})$
Centering of notch ($L/2$)	$\pm 1 \text{ mm } (\pm 0.039 \text{ in.})$
Angle of notch	$\pm 1^\circ$
Radius of notch	$\pm 0.025 \text{ mm } (\pm 0.001 \text{ in.})$
Notch depth:	
Type A specimen	$\pm 0.025 \text{ mm } (\pm 0.001 \text{ in.})$
Types B and C specimen	$\pm 0.075 \text{ mm } (\pm 0.003 \text{ in.})$
Finish requirements	$2 \mu\text{m } (63 \mu\text{in.})$ on notched surface and opposite face; $4 \mu\text{m } (125 \mu\text{in.})$ on other two surfaces

Gambar 3.13. Penentuan Dimensi Spesimen Uji Impact
(American Society for Testing and Material E23, 2004)



Gambar 3.14. Dimensi Spesimen Uji Impact



Gambar 3.15. Posisi Bahan Uji pada Landasan

Pengertian Impact Test Material mungkin mempunyai kekuatan tarik tinggi tetapi tidak tahan dengan beban kejut. Untuk menentukannya perlu diadakan pengujian impact. Ketahanan impact biasanya diukur dengan metode Charpy atau Izood yang bertakik maupun tidak bertakik. Pada pengujian ini, beban diayun dari ketinggian tertentu untuk memukul benda uji, yang kemudian diukur energi yang diserap oleh peratahannya.

Impact test merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk menguji ketangguhan suatu specimen bila diberikan beban secara tiba-tiba melalui tumbukan. Ketangguhan adalah ukuran suatu energy yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak suatu bahan yang diukur dari luas daerah dibawah

kurva tegangan regangan. Suatu bahan mungkin memiliki kekuatan tarik yang tinggi tetapi tidak memenuhi syarat untuk kondisi pembebanan kejut. Suatu paduan memiliki parameter ketangguhan terhadap perpatahan yang didefinisikan sebagai kombinasi tegangan kritis dan panjang retak. Specimen yang digunakan untuk suatu takikan terdiri dari dua buah yang diuji pada suhu normal dan suhu rendah.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

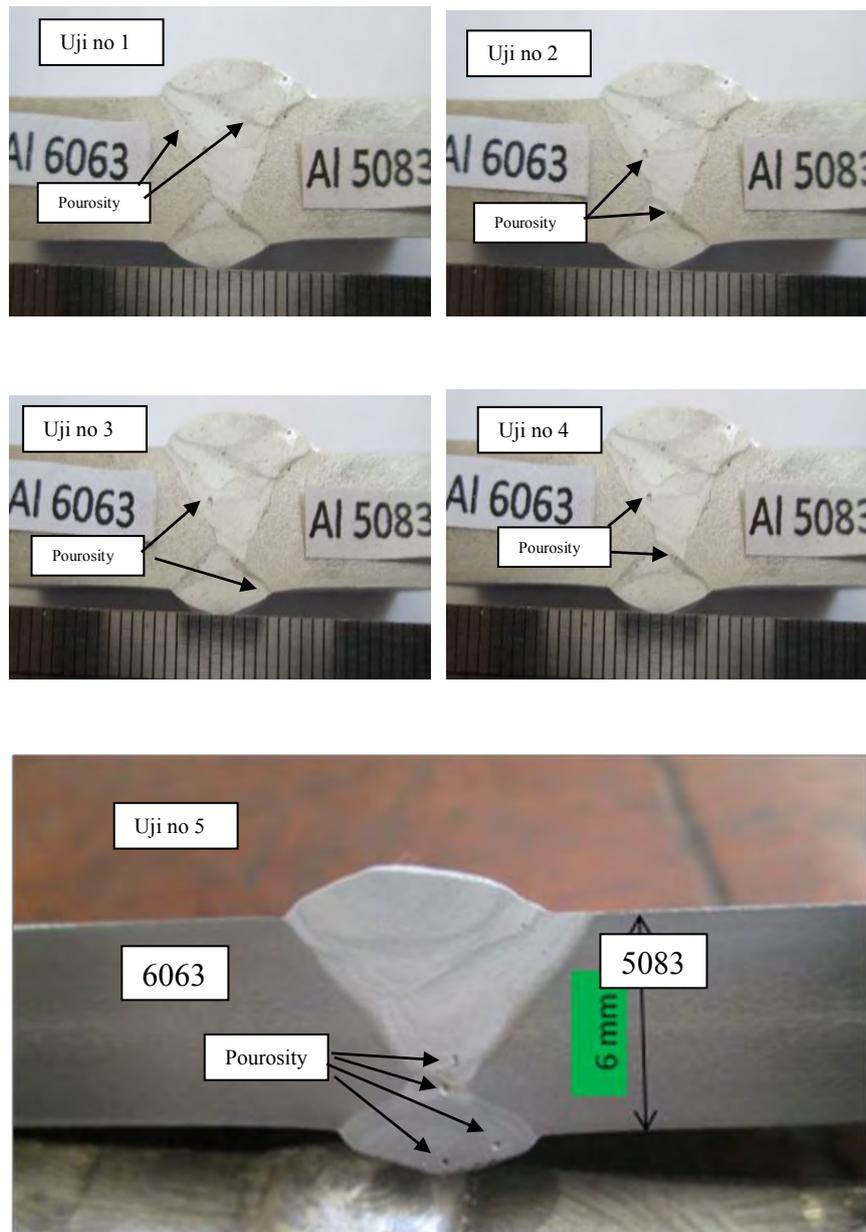
Pengelasan aluminium seri 5083 dengan seri 6063 pengelasan butt joint. Proses pengelasan dilakukan menggunakan Las MIG (Metal Inert Gas Welding) dengan nama lain Gas metal Arc Welding (GMAW), dengan variasi kuat arus (Ampere) 110, 140 dan 170 volt 22, kawat las ER 5356 diameter 1,2 mm. Pengujian sifat fisik menggunakan uji metallografi dan mekanik uji tarik, kekerasan dan uji impact.

4.2. Analisa Hasil Uji Metallografi

Material specimen yang telah potong kemudian diuji macro Proses foto grafi dengan pembesaran 1 kali hingga 3 kali, untuk mengetahui garis – garis batas welding esensial. Umumnya garis batas itu adalah untuk melihat base metal, fusion line, HAZ, weld metal, dan weling pass.

Uji macro adalah untuk mengetahui mutu struktur pengelasan (Penetrasi, cacat las) urutan pengelasan, serta lokasi - lokasi yang perlu dilakukan uji hardness (kekerasan). Dari foto macro didapatkan bahwa penetrasi pengelasan cukup bagus tapi terdapat cacat las berupa pourosity (gelembung gas).

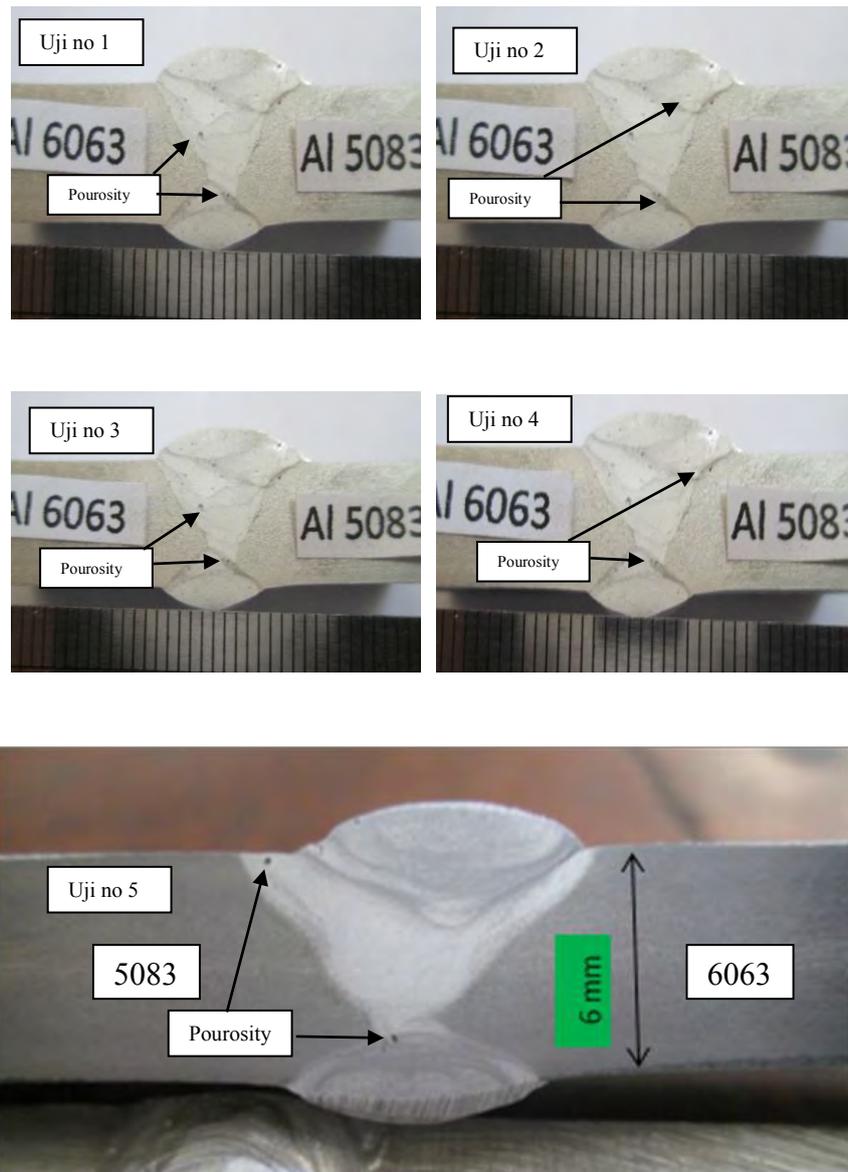
Detail bagian- bagian pada foto makro dapat dilihat dari hasil foto mikro strukture yang diambil pada titik-titik tertentu seperti contoh pada gambar. 4.1, 4.2 dan 4.3, daerah fusion line, Struktur mikro pada base metal, Struktur mikro pada weld metal.



Gambar 4.1. Hasil Macro pada kuat arus (Ampere) 110 voltage 22 (mag.3x)

Dari gambar foto macro kuat arus (Ampere) 110 diketahui adanya cacat porosity pada daerah weld metal (pengelasan). Sedangkan penetrasi antar layer dan weld metal ke base metal tidak terdapat cacat apapun,

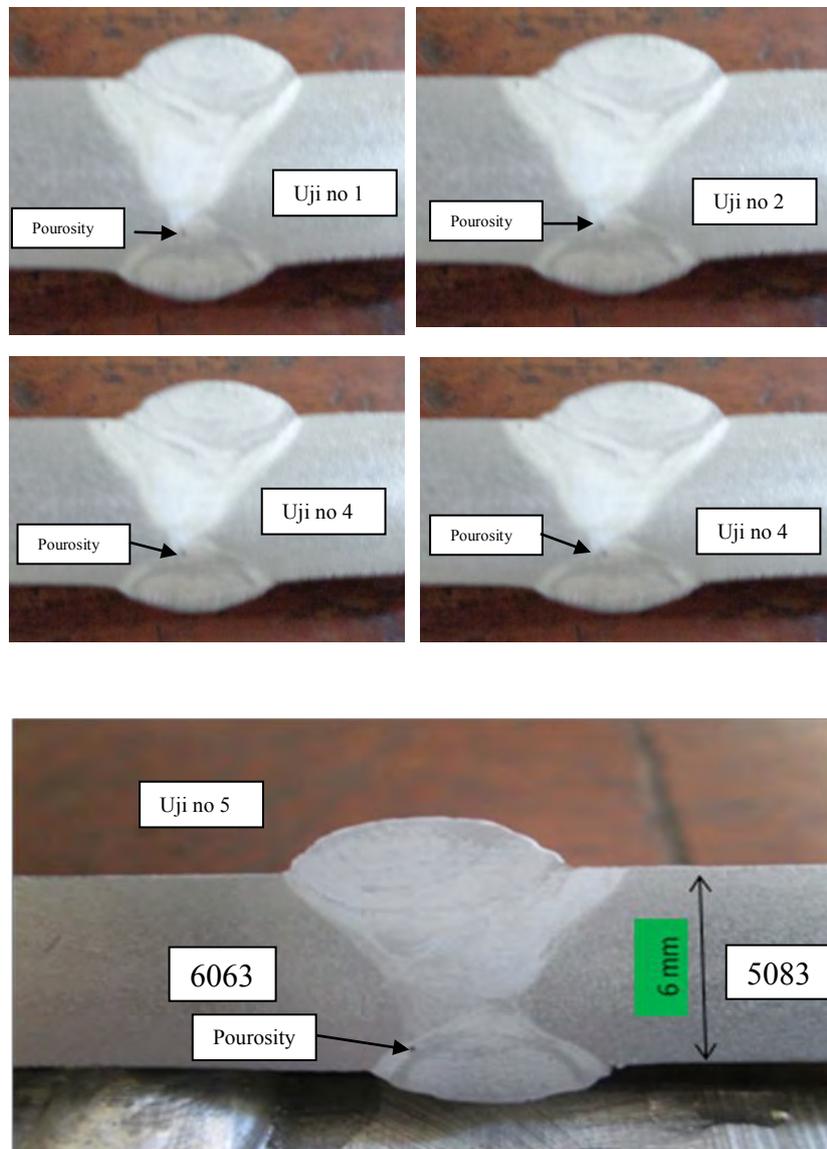
Dari hasil foto macro peneliti menganalisa bahwa parameter pengelasan sudah memenuhi syarat pengelasan dimana pada bagian penetrasi didapat penetrasi yang bagus.



Gambar 4.2. Hasil macro pada kuat arus (Ampere) 140 voltage 22 (mag.3x)

Dari gambar foto macro kuat arus (Ampere) 140 diketahui adanya cacat porosity pada daerah weld metal (pengelasan) lebih sedikit dibanding hasil macro kuat arus (Ampere) 110. Sedangkan penetrasi antar layer dan weld metal ke base metal tidak terdapat cacat apapun.

Dari hasil foto macro peneliti menganalisa bahwa parameter erelektrik pengelasan sudah memenuhi syarat pengelasan dimana pada bagian penetrasi didapat penetrasi yang dapat diterima aturan dari BKI.



Gambar 4.3. Hasil macro pada kuat arus (Ampere) 170 Voltage 22(mag.3x)

Dari gambar foto macro kuat arus (Ampere) 170 diketahui adanya cacat porosity pada daerah weld metal (pengelasan) yang jauh lebih sedikit dibanding kedua hasil macro kuat arus (Ampere) 110 dan 140. Sedangkan penetrasi antar layer dan weld metal ke base metal tidak terdapat cacat apapun.

Dari hasil foto macro peneliti menganalisa bahwa parameter pengelasan sudah memenuhi syarat pengelasan dimana pada bagian penetrasi didapat penetrasi yang dapat diterima aturan dari BKI.

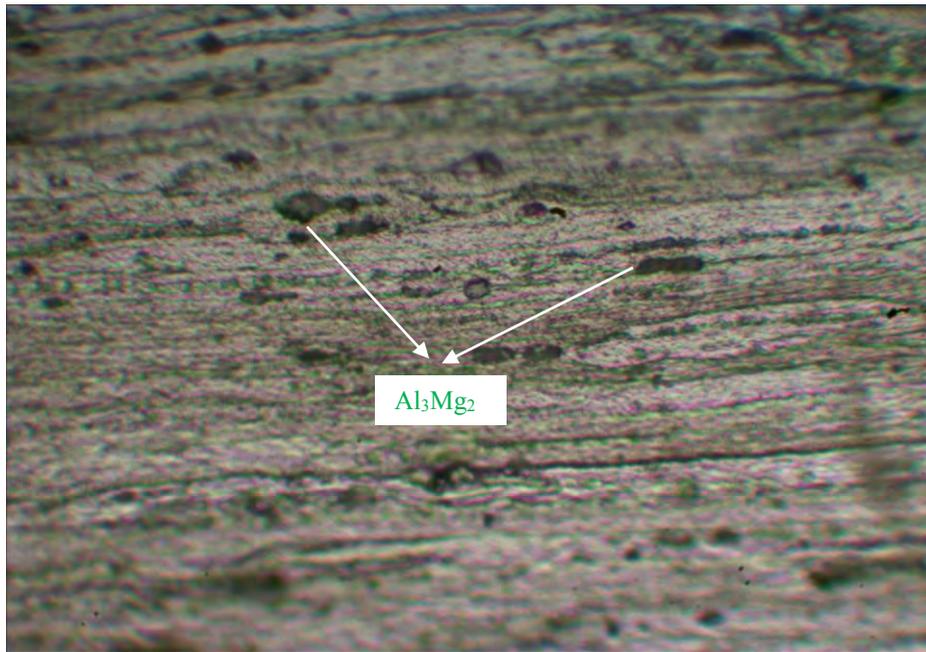
Dari foto macro terdapat cacat las berupa porosity (gelembung gas) dari beberapa referensi (Prof. Dr. Ir Harsono Wiryoemarto dan Prof Dr Toshie Okumura, (2000)) menyatakan bahwa penyebab porosity adalah busur api (arc) terlalu pendek. Gas Nitrogen, Oksigen, & Hidrogen yang diserap oleh logam yg masih mencair, kemudian saat las memadat gas-gas tersebut tidak sempat keluar sehingga terperangkap, nitrogen dan oksigen diserap dalam logam cair biasanya karena gas pelindung yg jelek, kebocoran gas dlm instalasi yang terlalu tinggi menyebabkan aliran gas turbulen yg berlebihan hal ini merupakan penyebab porosity, kebersihan sambungan yang tidak baik .

Dari uraian penyebab terjadinya porosity, Sehingga dapat melakukan perbaikan dengan jaga jarak busur yang sesuai, menggunakan arus yang tepat, kebersihan sambungan diperhatikan.

Menurut analisa peneliti, kuat arus (Ampere) pengelasan berpengaruh terhadap terjadinya cacat porosity, hal ini disebabkan karena pada kuat arus (Ampere) lebih tinggi didapatkan cairan weld metal lebih cair sehingga memudahkan gas-gas dalam weld metal melepaskan diri, dari proses pembekuan weld metal, hal ini terbukti pada kuat arus (Ampere) 170 yang memiliki jumlah cacat porosity yang lebih kecil.

4.3. Pemeriksaan mikro

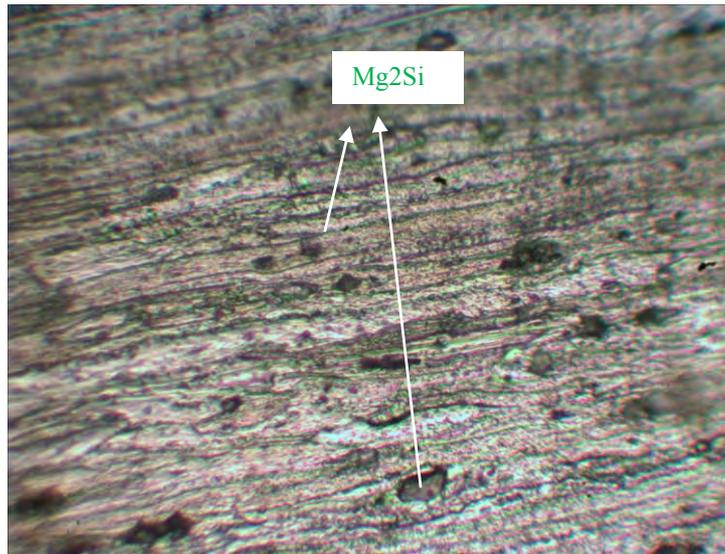
Pengujian struktur mikro (Metalografi) dilakukan untuk melihat ukuran butir struktur mikro material hasil pengelasan, dengan fokus pengamatan meliputi daerah base metal, dan pada daerah terpengaruh panas akibat pengelasan (fusion line). Aluminium seri 5083 merupakan paduan biner Al-Mg satu fasa yang ada dalam keseimbangan dengan larutan padat Al adalah larutan padat yang merupakan senyawa antar logam Al_3Mg_2 . Sel satuannya merupakan hexagonal susunan rapat (eph) tetapi ada juga yang sel satuannya kubus berpusat muka (fcc) rumit. Titik eutetiknya adalah $450^{\circ}C$, 35%Mg dan batas kelarutan padatnya pada temperature eutektik adalah 17,4% yang menurun pada temperature biasa sampai kira-kira 1,9%Mg, jadi kemampuan penuaan dapat diharapkan.



Gambar 4.4 Foto mikro pada material seri 5083

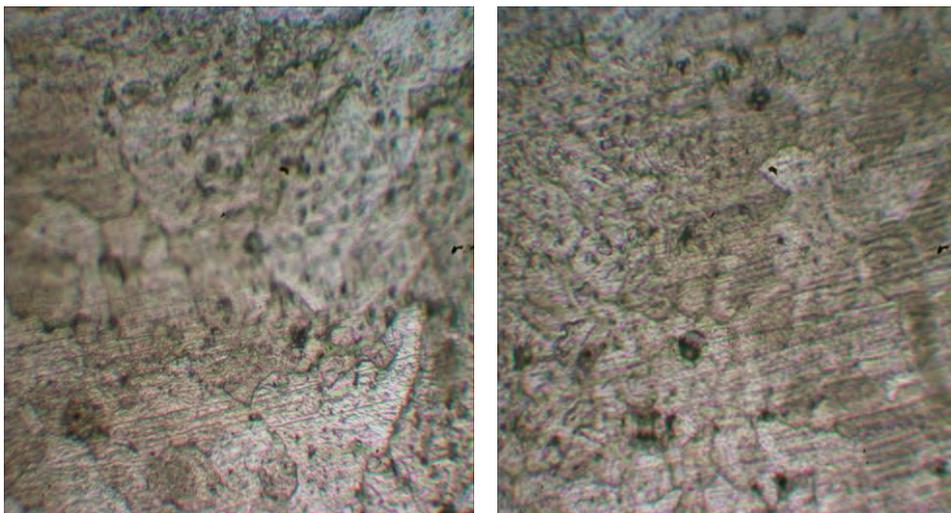
Dari gambar didapat partikel Al_3Mg_2 adalah partikel hitam yang terpisah merata pada matrik aluminium yang cenderung membuat material semakin ulet atau tangguh. Partikel ini memiliki kisi kristal berbentuk *cubic*, FCC dengan sel parameter $a = 6.351$. Komposisi partikel ini terdiri dari 35% Mg dan 65 % Al. Semakin banyak komposisi partikel ini maka mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik disebut hidrinalium. (Mikro Struktur Aluminium. 2009).

Aluminium seri 6063, penambahan sedikit Mg pada Al akan menyebabkan penguatan penguatan sangat jarang terjadi, namun apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat diperkeras dengan penguatan panas setelah perlakuan pelarutan. Hal ini dikarenakan senyawa Mg_2Si berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari sistem biner semu dengan Al. Paduan dalam sistem ini memiliki kekuatan yang lebih kecil dibanding paduan lainnya yang digunakan sebagai bahan tempaan, tetapi sangat liat, sangat baik kemampuan bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah pengerjaan.



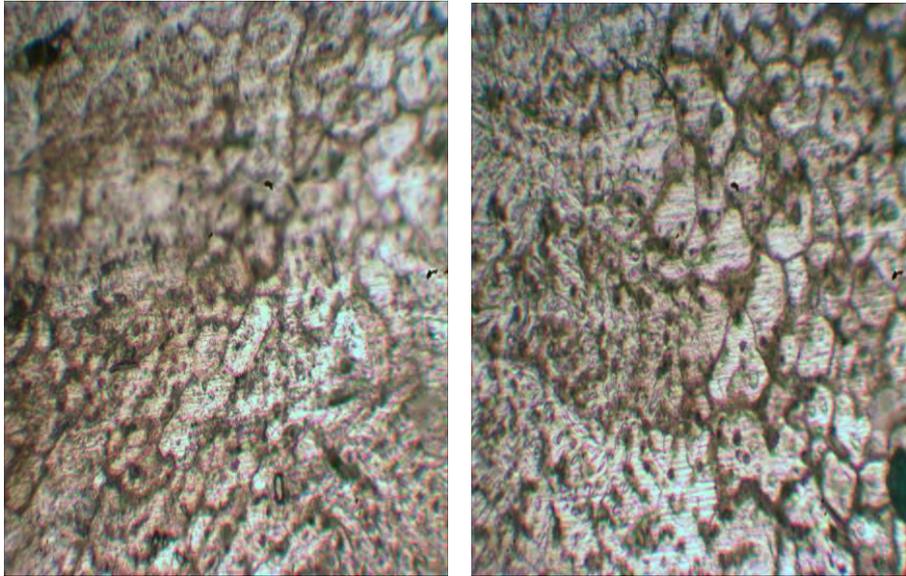
Gambar 4.5. hasil pengujian struktur mikro pada material seri 6063

Dari gambar 4,5. Partikel Mg_2Si adalah partikel hitam yang terpisah merata pada matrik aluminium yang cenderung membuat material semakin ulet atau tangguh. Partikel ini memiliki kisi kristal berbentuk *cubic*, FCC dengan sel parameter $a = 6.351$. Komposisi partikel ini terdiri dari 63.2 % Mg dan 38.8 % Si. Semakin banyak komposisi partikel ini maka semakin tinggi ductile dan tingkat kekerasan semakin rendah.



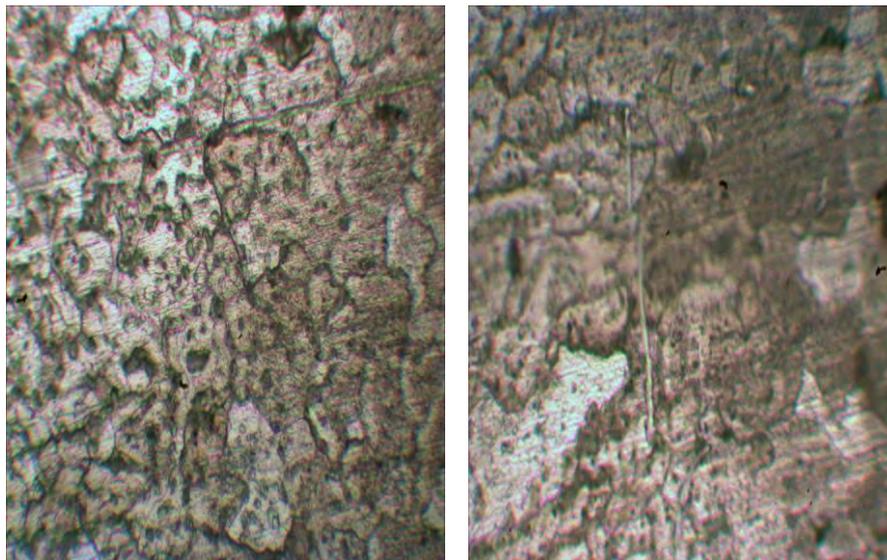
Gambar 4.6. Fusionline kuat arus (Ampere) 110 Pada Seri 5083 dan seri 6063

Dari gambar 4.6 micro pada kuat arus (Ampere) 110 dapat dianalisa pada sisi material 5083 terdapat partikel Al_3Mg_2 pada daerah fusionline serta pada sisi material 6063 terdapat partikel Mg_2Si .



Gambar 4.7. fusionline kuat arus (Ampere) 140 pada seri 5083 dan seri 6063

Dari gambar 4.7. micro pada kuat arus (Ampere) 140 dapat dianalisa pada bahwa partikel Al_3Mg_2 dan Mg_2Si jumlahnya lebih banyak dibanding pada kuat arus (Ampere) 110.



Gambar 4.8. Fusionline kuat arus (Ampere) 170 pada seri 5083 dan seri 6063

Dari gambar 4.8 micro pada kuat arus (Ampere) 170 dapat dianalisa pada bahwa partikel Al_3Mg_2 dan Mg_2Si jumlahnya lebih banyak serta butirannya lebih besar dibanding pada kuat arus (Ampere) 110 dan kuat arus (Ampere) 140.

Perubahan struktur mikro pada proses pengelasan tidak terlepas dari kondisi panas yang ditimbulkan selama proses pengelasan. Pada proses pengelasan GMAW, daerah Fusion line adalah daerah transisi antara HAZ dan weld metal. Pada daerah HAZ memiliki bentuk butir yang relatif bulat hal ini merupakan efek dari pengaruh panas proses pengelasan yang menyebabkan perubahan bentuk struktur mikro dari base metal yang semula berbentuk lamelar (lonjong), menjadi bentuk bulat. Kenaikan kuat arus (Ampere) menyebabkan perubahan bentuk pada struktur mikro.

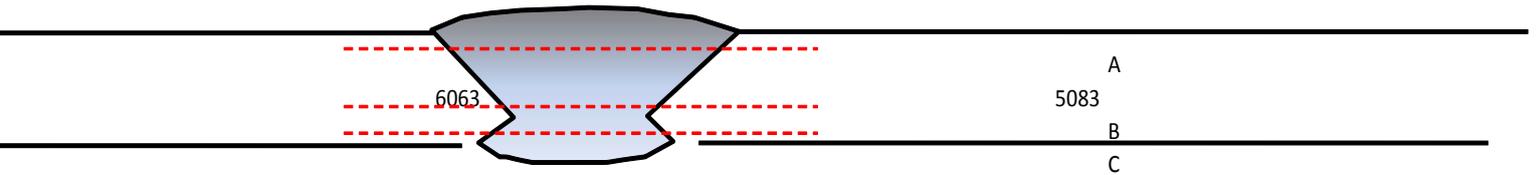
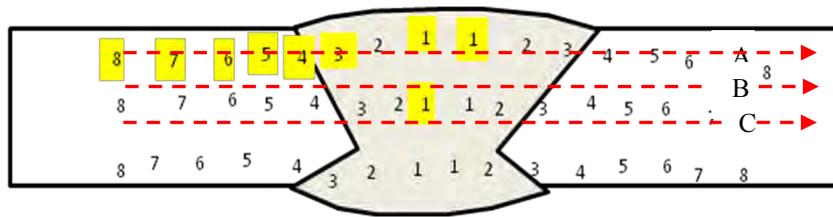
Terdapat partikel-partikel baru berwarna hitam yang merupakan struktur dari Mg_2Si dan Al_3Mg_2 .

4.4. Analisa Hasil Pengujian Hardness

Uji kekerasan dilakukan mengetahui kekerasan daerah pengelasan atau weld metal dan base metal setelah dilakukan pengelasan. Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan logam terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen.

Nilai uji kekerasan vickers = $1,8544 \times [\text{beban uji} : D^2]$, dimana 1.8544 ketetapan rumus, beban uji = beban yang digunakan saat pengujian, $D = D$ rata-rata bekas pengujian.

Salah satu sifat mekanis dari material yang menyatakan/menunjukkan kemampuan/ketahanan identasi material tersebut. Kekerasan merupakan ukuran ketahanan bahan terhadap deformasi tekan. Deformasi yang terjadi dapat berupa kombinasi perilaku elastis dan plastis. Pada permukaan dari dua komponen yang saling bersinggungan dan bergerak satu dengan yang lainnya akan terjadi deformasi elastis maupun plastis. Deformasi elastis kemungkinan terjadi pada permukaan yang keras sedangkan deformasi plastis terjadi pada permukaan yang lebih lunak.



Gambar 4.9. Posisi hardness pada kuat arus (Ampere) 110 Voltage 22

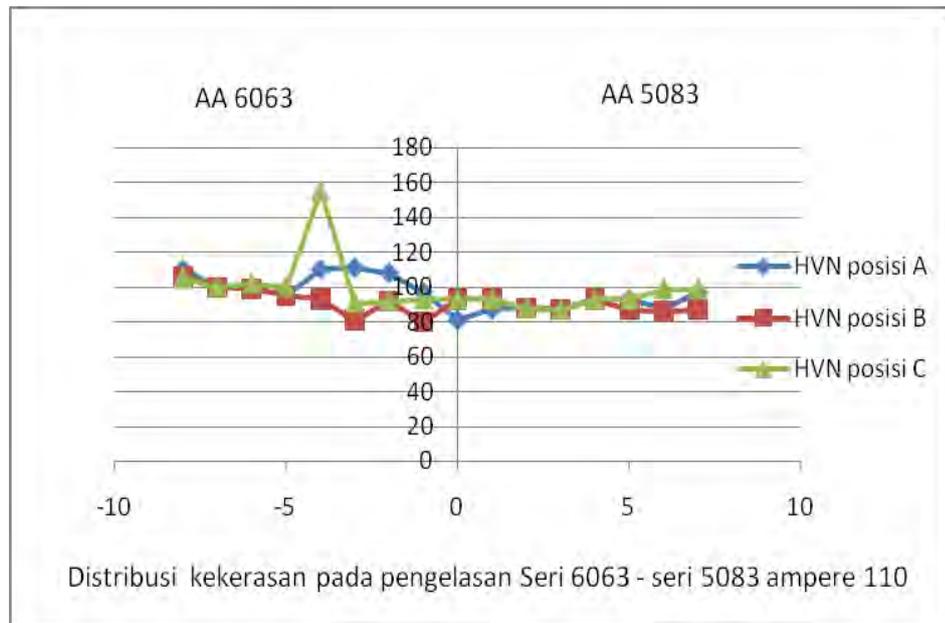
Contoh perhitungan

Beban Uji = 1 kg D = 130 micro meter (0.13 mm)

HVn = 1.8544 x (1 : 0.13 ²) = 110 HVn (hardnes vickers number)

Tabel 4.1. Hasil uji harness pada 110A 22V

Posisi A	Seri 6063								Seri 5083							
	D	130	136	137	140	130	153	131	138	151	146	145	146	141	141	146
HVN	110	100	99	95	110	111	108	97	81	87	88	87	93	93	87	97
Posisi B																
D	132	136	137	140	141	151	142	152	141	141	145	146	141	146	147	146
HVN	106	100	99	95	93	81	92	80	93	93	88	87	93	87	86	87
Posisi C																
D	133	136	135	136	133	143	142	141	141	141	145	146	141	141	37	137
HVN	105	100	102	100	155	91	92	93	93	93	88	87	93	93	99	99

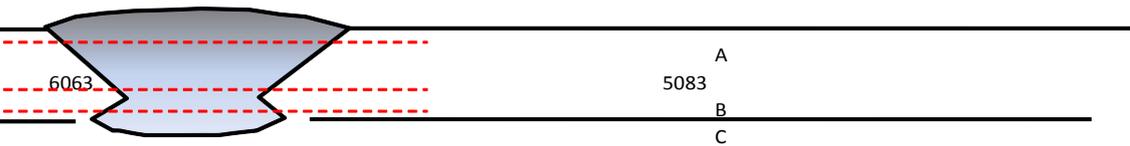
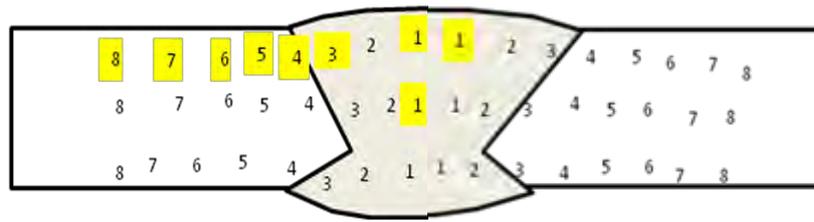


Gambar 4.10. Grafik Hasil hardness pada kuat arus (Ampere) 110 Voltage 22

Tabel. 4.1. merupakan data hasil uji kekerasan pada daerah pengelasan dengan Parameter pengelasan ,kuat arus (Ampere) 110 volt 22. Sesuai BKI vol 6 section 11 untuk pengelasan dua sisi harus dilakukan pengujian pada lokasi maksimal 2 mm dari face dan root serta di tengah spacement seperti pada penjelasan Bab III.

Sedangkan pada gambar 4.10. merupakan tampilan grafik dari uji kekerasan untuk proses las dengan parameter arus 110 ampere tegangan 22 volt dari gambar tersebut dapat diamati bahwa secara umum, semakin mendekati pusat pengelasan kekerasan semakin kecil dan semakin menjahui pusat pengelasan nilai kekerasan semakin naik. Selain itu dapat diamati bahwa untuk sisi atas rata-rata nilai kekerasan pada sisi seri 6063 lebih tinggi dibandingkan pada sisi seri 5083, demikian juga untuk sisi tengah dan bawah.

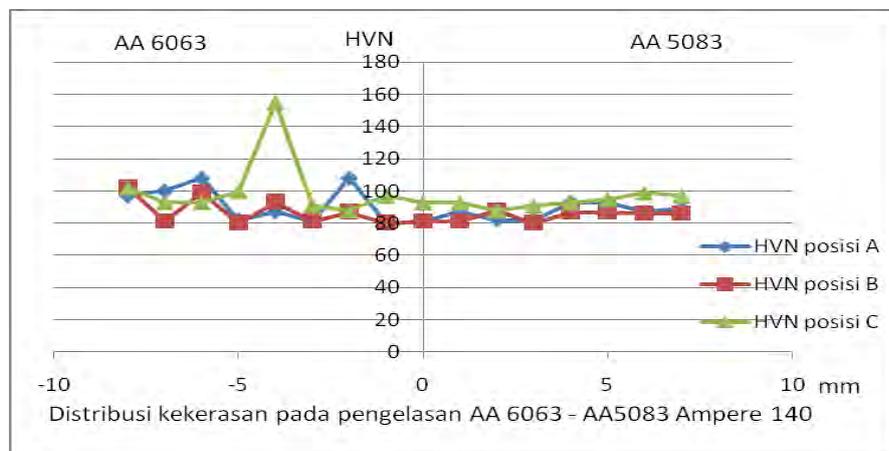
Dari hasil uji kekerasan didapatkan bahwa pada sisi seri 6063 mempunyai kekerasan lebih tinggi dibanding dengan seri 5083 untuk proses pengelasan parameter kuat arus (Ampere) 110 volt 22.



Gambar 4.11. Posisi hardness pada ampere 140 Voltage 22

Tabel 4.2. Hasil uji hardness pada 140A 22V

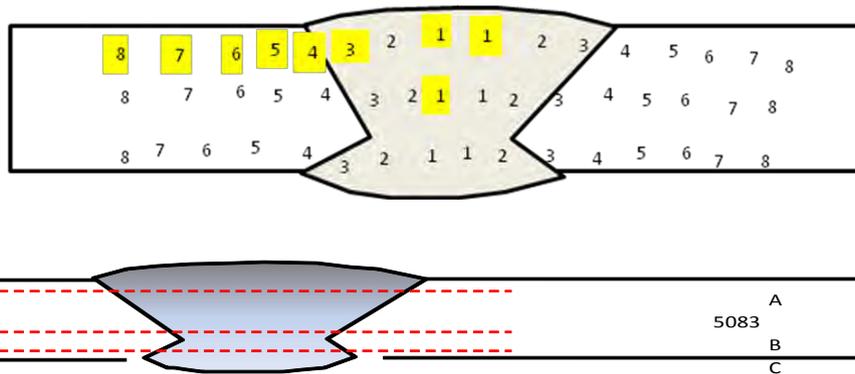
Posisi A		Seri 6063					Seri 5083									
D	138	136	131	150	146	151	131	152	151	146	152	150	141	141	146	144
HVN	97	100	108	82	87	81	108	80	81	87	82	82	93	93	87	89
Posisi B																
D	135	151	137	152	141	151	147	152	151	151	145	152	146	146	147	147
HVN	102	81	99	80	93	81	87	80	81	81	88	80	87	87	86	86
Posisi C																
D	135	141	141	136	133	143	145	138	141	141	145	143	141	140	137	138
HVN	102	93	93	100	155	91	88	97	93	93	88	91	93	95	99	97



Gambar 4.12. Grafik hardness pada ampere 140 Voltage 22

Pada pengelasan beda seri 5083 dengan seri 6063 juga didapatkan data pengujian kekerasan pada Tabel 4.2. pengambilan dilakukan dilokasi yang sama dengan kuat arus (Ampere) 110 volt 22, yakni karena pengelasan dua sisi maka dilakukan pengambilan ditiga lokasi. Plot grafik pengujian kekerasan alur sama dapat dilihat pada gambar 4.12. tren untuk kekerasan hampir sama dengan kuat arus (Ampere) 110 volt 22, yakni dapat diamati bahwa secara umum semakin mendekati pusat pengelasan kekerasan semakin kecil dan semakin menjahui pusat pengelasan nilai kekerasan semakin naik. Selain itu dapat pula diamati bahwa untuk sisi atas rata-rata nialai kekerasan pada sisi seri 6063 lebih tinggi dibandingkan pada sisi seri 5083, demikian juga untuk sisi tengah dan bawah.

Dari hasil uji kekerasan didapatkan bahwa pada sisi seri 6063 mempunyai kekerasan lebih tinggi dibanding dengan seri 5083 untuk proses pengelasan parameter kuat arus (Ampere) 140 volt 22.

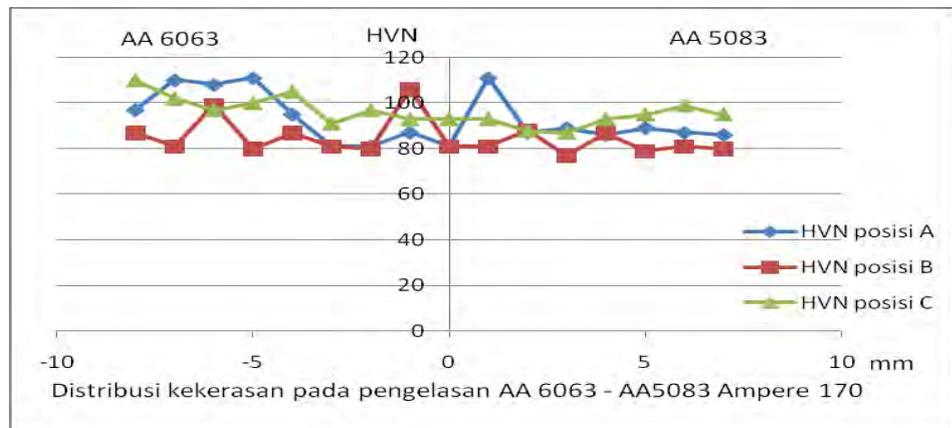


Gambar 4.13. Posisi hardness pada kuat arus (Ampere) 170 Voltage 22

Tabel 4.3. Hasil uji hardness pada 170A 22V

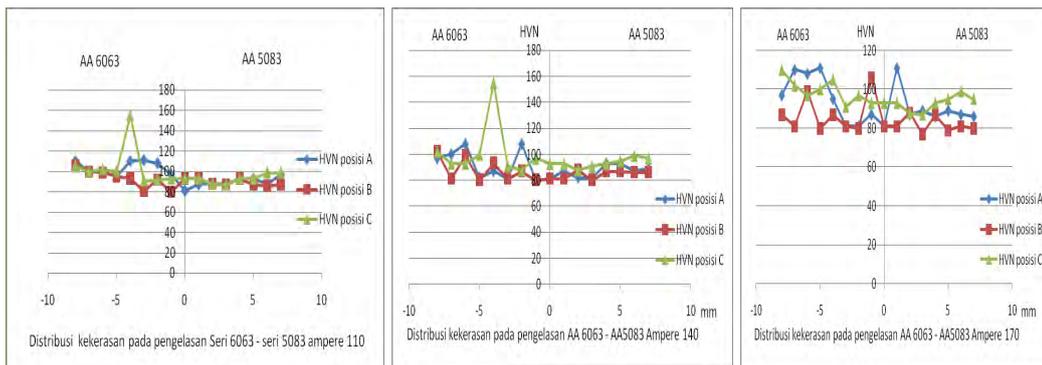
Posisi A																
D	138	130	131	129	140	151	151	146	151	129	146	144	147	144	146	147
HVN	97	110	108	111	95	81	81	87	81	111	87	89	86	89	87	86
Posisi B																
D	147	151	137	152	147	151	152	132	151	151	145	155	146	153	151	152
HVN	87	81	99	80	87	81	80	106	81	81	88	77	87	79	81	80
Posisi C																

D	130	135	138	136	133	143	138	141	141	141	145	146	141	140	137	140
HVN	110	102	97	100	105	91	97	93	93	93	88	87	93	95	99	95



Gambar 4.14. Grafik hardness pada kuat arus (Ampere) 170 Voltage 22

Gambar 4.14. menunjukkan bahwa kekerasan pada kuat arus (Ampere) 170 volt 22 masih tidak ada perbedaan, bahwa secara umum semakin mendekati pusat pengelasan kekerasan semakin kecil dan semakin menjauhi pusat pengelasan nilai kekerasan semakin naik. Selain itu dapat pula diamati bahwa untuk sisi atas rata-rata nilai kekerasan pada sisi seri 6063 lebih tinggi dibandingkan pada sisi seri 5083, demikian juga untuk sisi tengah dan bawah.



Gambar 4.15. Perbandingan nilai hardness pada 110,140 dan 170 ampere

Hasil keseluruhan, uji kekerasan pada kuat arus (Ampere) 110, 140 dan 170 volt 22 . pada semua titik pengujian yakni bawah, atas dan tengah, nilai kekerasan seri 6063 lebih tinggi dari pada seri 5083, khususnya pada daerah HAZ

sisi seri 6063 memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibanding daerah sisi 5083.

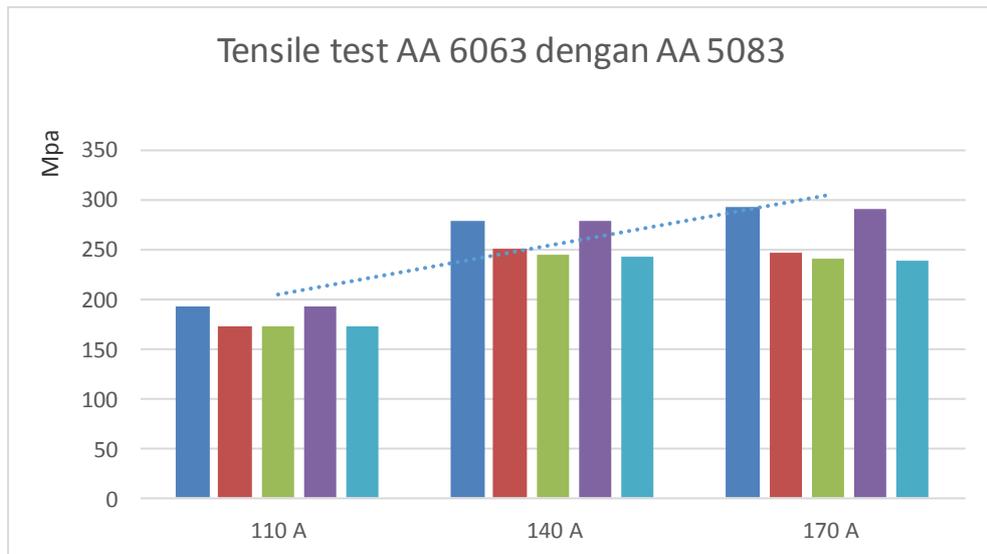
4.5. Analisa Hasil Pengujian Tarik

Hasil dari pengujian tarik didapatkan sifat-sifat mekanis bahan yang meliputi ; tensile strength, yield strength, elongation, dan reduction area. Tensile strength = beban maksimal : luas area daerah uji, $T_s = 2850 \text{ kg} : (24.67 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}) = 19.25 \text{ kg/mm}^2 = 192,5 \text{ Mpa}$, dimana , beban maksimal = 2850 kg (diambil dari data mesin), Luas area uji (lebar area uji x tebal area uji).

Pada pengujian ini, analisa yang dilakukan dibatasi pada nilai kuat tarik (tensile strength). Standart keberterimaan pada Rules BKI Vol 5 2010 Untuk material Aluminium seri 6063 dengan seri 5083. Table 10.4 Material condition and mechanical properties of plates and strips from wrought aluminium alloys 1) (Product thickness $t = 3,0$ up to 50 mm), menyatakan bahwa kuat tarik (tensile strength) yang disyaratkan minimal sebesar 275 – 350 Mpa, dari keterangan tersebut didapatkan bahwa proses pengelasan pada pengujian belum didapatkan kualitas hasil pengelasan yang memenuhi standart keberterimaan. Akan tetapi bila merujuk pada hasil uji tarik (tabel 4.4.) besar kuat arus (Ampere) pengelasan memiliki kontribusi yang besar, bila mana semakin besar kuat arus (Ampere) akan semakin besar pula nilai kuat tarik dari hasil pengelasan.

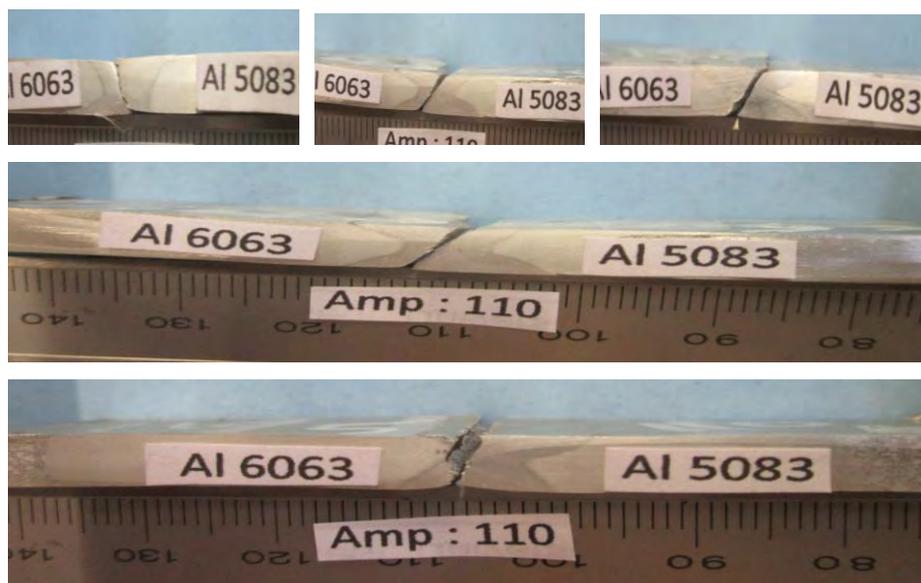
Tabel 4.4. Hasil Tensile test

No/test piece	1.(Mpa) @110 A	2 (Mpa) @140 A	3 (Mpa) @170 A
x. 1	192.54	277.99	293.36
x.2	171.37	249.40	246.09
x.3	173.12	243.56	239.53
x.4	192.31	277.77	290.01
x.5	172.41	243.16	239.31
Rata-rata	180.35	258.38	261.66

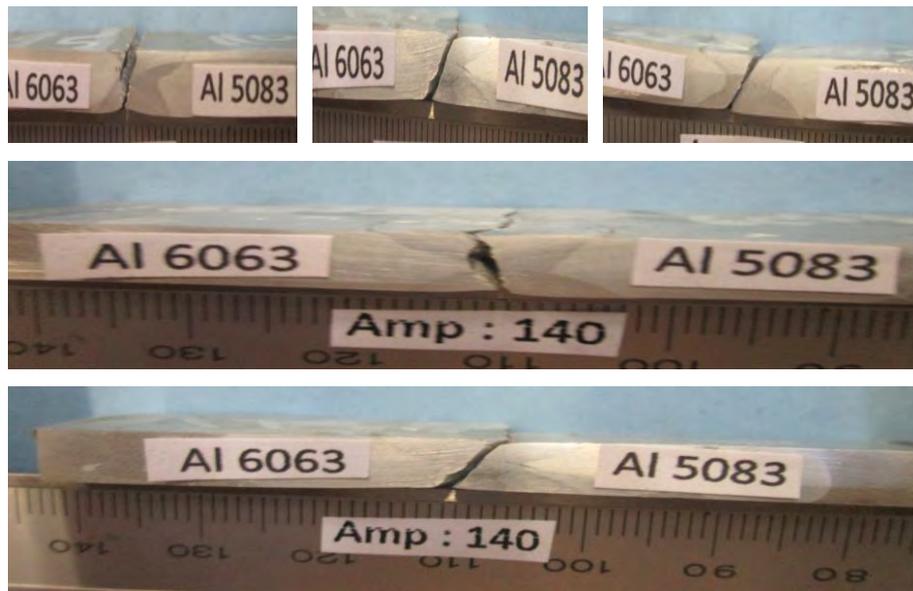


Gambar 4.16. Grafik perbandingan yield strength pada variasi arus listrik pengelasan 6063 dengan 5083

Posisi patah spesimen uji tarik, uji makroetsa dilakukan pada hasil pengujian tarik. Gambar 4.17. menunjukkan lokasi retak patahan uji tarik pengelasan kuat arus (Ampere) 110 volt 22. Dari gambar tersebut dapat diketahui retak patahan pada pengelasan mendekati pada seri 6063, hal ini terjadi karena pada seri 6063 memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah dari pada seri 5083, sesuai dengan sertifikat material.

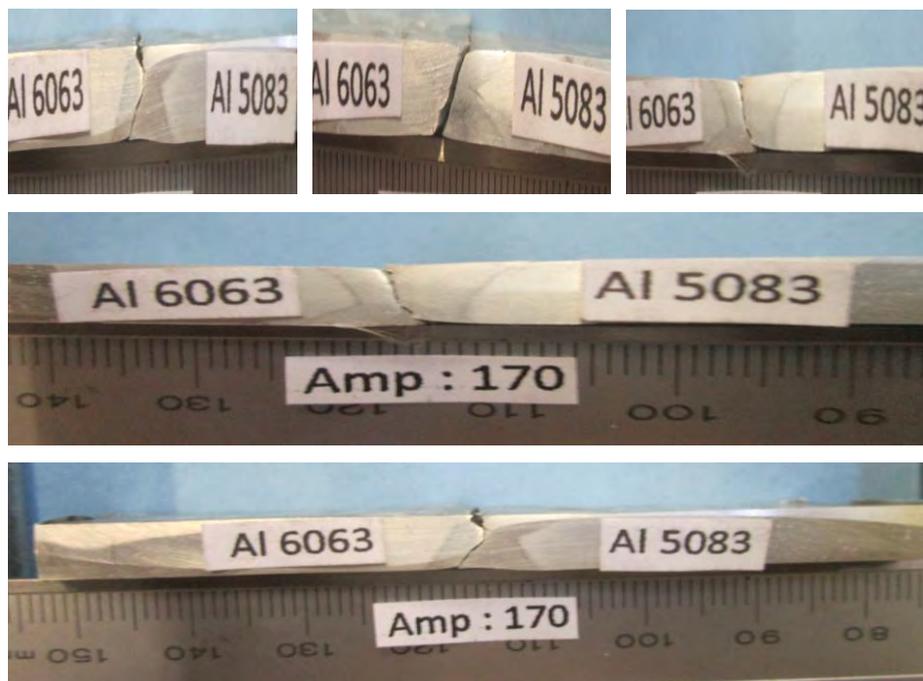


Gambar 4.17 Patahan hasil uji tarik pada kuat arus (Ampere) 110 volt 22



Gambar 4.18. Patahan hasil uji tarik pada kuat arus (Ampere) 140 volt 22

Gambar 4.18. merupakan patahan hasil uji tarik pada kuat arus (Ampere) 140 volt 22. Dari gambar tersebut dapat diamati pula bahwa patahan berada pada sisi seri 6063, hal ini disebabkan karena daerah pada sisi 6063 memiliki kekuatan tarik yang lebih kecil daripada sisi seri 5083.



Gambar 4.19. Patahan hasil uji tarik pada kuat arus (Ampere) 170 volt 22

Secara umum jika dilihat hasil uji makroetsa pada hasil pengujian tarik rata-rata letak patahan pada sisi seri 6063, karena pada sisi ini mempunyai nilai kekerasan yang lebih besar sesuai pengujian sebelumnya (hardness test), hal ini mengindikasikan bahwa pada seri 6063 memiliki kekuatan tarik lebih rendah dibanding dengan pada seri 5083.

4.6 Hasil Impact Test

Pengujian impact adalah untuk mengetahui kemampuan material atau bahan untuk menerima (menyerap) energi dari luar dalam satuan joule, uji ini dilakukan untuk mencari dua hal, yakni mengetahui spesimen mana yang akan mengalami retak paling cepat dan menentukan crack growth (perambatan retak) setiap spesimen, tabel 4.5. merupakan data hasil impact pada sisi seri 6063 T6, lokasi uji adalah pada weld metal, HAZ, dan fusion line.

Tabel 4.5. Hasil uji impact pada seri 6063 dengan 110 Ampere 22 Volt

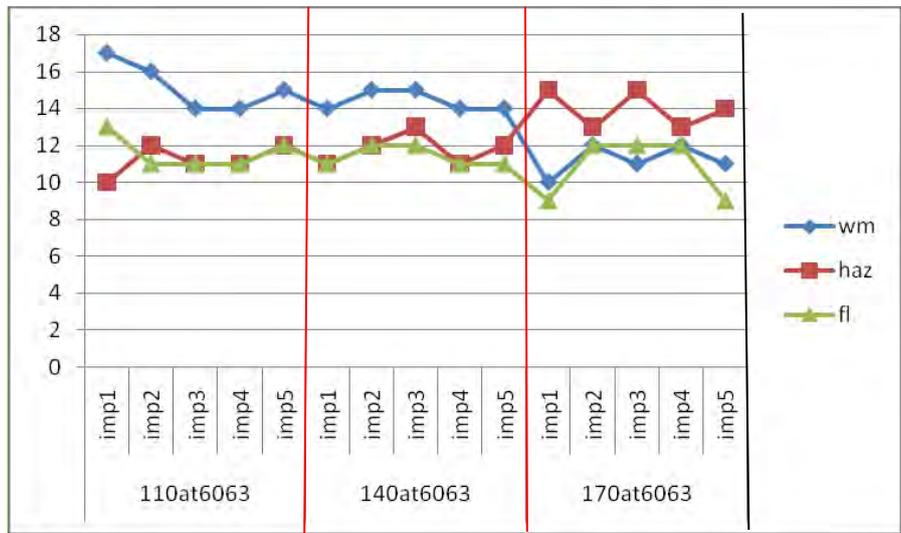
No	Test piece code	Test temperature °C	joule	Average (joule)
1	Weld Metal	27	17.00	15.2
	Weld Metal	27	16.00	
	Weld Metal	27	14.00	
	Weld Metal	27	14.00	
	Weld Metal	27	15.00	
2	HAZ	27	10.00	11.2
	HAZ	27	12.00	
	HAZ	27	11.00	
	HAZ	27	11.00	
	HAZ	27	12.00	
3	Fusion line	27	13.00	11.6
	Fusion line	27	11.00	
	Fusion line	27	11.00	
	Fusion line	27	11.00	
	Fusion line	27	12.00	

Tabel 4.6. Hasil uji impact pada seri 6063 dengan 140 Ampere 22 Volt

No	Test piece code	Test temperature (°C)	joule	Average (joule)
1	Weld Metal	27	14.00	14.40
	Weld Metal	27	15.00	
	Weld Metal	27	15.00	
	Weld Metal	27	14.00	
	Weld Metal	27	14.00	
2	HAZ	27	11.00	11.80
	HAZ	27	12.00	
	HAZ	27	13.00	
	HAZ	27	11.00	
	HAZ	27	12.00	
3	Fusion line	27	11.00	11.40
	Fusion line	27	12.00	
	Fusion line	27	12.00	
	Fusion line	27	11.00	
	Fusion line	27	11.00	

Tabel 4.7. Hasil uji impact pada seri 6063 dengan 170 Ampere 22 Volt

No	Test piece code	Test temperature (°C)	joule	Average (joule)
1	Weld Metal	27	10.00	11.20
	Weld Metal	27	12.00	
	Weld Metal	27	11.00	
	Weld Metal	27	12.00	
	Weld Metal	27	11.00	
2	HAZ	27	15.00	14.00
	HAZ	27	13.00	
	HAZ	27	15.00	
	HAZ	27	13.00	
	HAZ	27	14.00	
3	Fusion line	27	9.00	10.80
	Fusion line	27	12.00	
	Fusion line	27	12.00	
	Fusion line	27	12.00	
	Fusion line	27	9.00	



Gambar 4.20 .Grafik uji impact 6063

Tabel 4.8. Ringkasan hasil uji impact pada seri 6063

No/tes pice	1(joele) @ 110 A	2 (Joule) @140 A	3 (Joule) @170 A
1. Wel metal	15.20	14.40	11.20
2.HAZ	11.20	11.80	14.00
3. Fusin line	11.60	11.40	10.80
Average	12.66	12.53	12.00

Secara grafik dapat dilihat pada gambar 4.20. grafik tersebut menunjukkan nilai impact dari kuat arus (Ampere) 110 dan 140 pada weld metal lebih tinggi dari kuat arus (Ampere) 170. Untuk daerah HAZ menunjukkan nilai impact dari kuat arus (Ampere) 110 dan 140 pada weld metal lebih rendah dari kuat arus (Ampere) 170. Untuk daerah fusion line menunjukkan nilai impact dari kuat arus (Ampere) 110 dan 170 pada weld metal lebih rendah dari kuat arus (Ampere) 140. Dari grafik tersebut pada kuat arus (Ampere) 140 memiliki nilai impact yang relatif setabil antara daerah weld metal, HAZ dan fusion line.

Di lihat dari rata- rata nilai impact dari kuat arus (Ampere) 110 dan 140 lebih tinggi dari kuat arus (Ampere) 170.

Keseluruhan hasil uji impact pada seri 6063, menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari weld metal, HAZ, dan Fusion line adalah 12.40 joule.

Tabel 4.9. Hasil uji impact pada seri 5083 dengan 110 Ampere 22 Volt

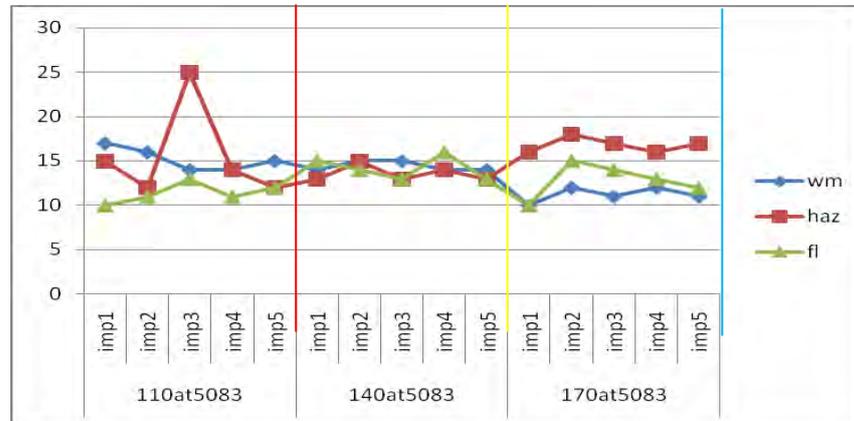
No	Test piece code	Test temperature (°C)	joule	Average (joule)
1	HAZ	27	15.00	15.60
	HAZ	27	12.00	
	HAZ	27	25.00	
	HAZ	27	14.00	
	HAZ	27	12.00	
2	Fusion line	27	10.00	11.40
	Fusion line	27	11.00	
	Fusion line	27	13.00	
	Fusion line	27	11.00	
	Fusion line	27	12.00	

Tabel 4.10. Hasil uji impact pada seri 5083 dengan 140 Ampere 22 Volt

No	Test piece code	Test temperature (°C)	joule	Average (joule)
1	HAZ	27	13.00	13.60
	HAZ	27	15.00	
	HAZ	27	13.00	
	HAZ	27	14.00	
	HAZ	27	13.00	
2	Fusion line	27	15.00	14.20
	Fusion line	27	14.00	
	Fusion line	27	13.00	
	Fusion line	27	16.00	
	Fusion line	27	13.00	

Tabel 4.11. Hasil uji impact pada seri 5083 dengan 170 Ampere 22 Volt

No	Test piece code	Test temperature (°C)	joule	Average (joule)
1	HAZ	27	16.00	16.80
	HAZ	27	18.00	
	HAZ	27	17.00	
	HAZ	27	16.00	
	HAZ	27	17.00	
2	Fusion line	27	10.00	12.80
	Fusion line	27	15.00	
	Fusion line	27	14.00	
	Fusion line	27	13.00	
	Fusion line	27	12.00	



Gambar 4.21. Grafik uji impact 5083

Tabel 4.12. Ringkasan hasil uji impact pada seri 5083

No/tes pice	1(joule) @ 110 A	2 (Joule) @140 A	3 (Joule) @170 A
1. Wel metal	15.20	14.40	11.20
2.HAZ	15.60	13.60	16.80
3. Fusin line	11.43	14.20	12.80
Avarege	14.07	14.06	13.60

Secara grafik dapat dilihat pada gambar 4.21. grafik tersebut menunjukkan nilai impact dari kuat arus (Ampere) 110 dan 140 pada weld metal lebih tinggi dari kuat arus (Ampere) 170. Untuk daerah HAZ menunjukkan nilai impact dari kuat arus (Ampere) 110 dan 140, pada weld metal lebih rendah dari kuat arus (Ampere) 170. Untuk daerah fusion line menunjukkan nilai impact dari kuat arus (Ampere) 110 dan 170 pada weld metal lebih rendah dari kuat arus (Ampere) 140. Dari grafik tersebut pada kuat arus (Ampere) 140 memiliki nilai impact yang relatif setabil antara daerah weld metal, HAZ dan fusion line.

Keseluruhan hasil uji impact pada seri 5083, menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari weld metal, HAZ, dan Fusion line adalah 13.91 joule.

Pada data nilai impact diatas menunjukkan bahwa nilai impact pada seri 5083 menunjukkan lebih tinggi daripada seri 6063, dari kesimpulan tersebut dapat diprediksi rambatan retak akan mudah merambat pada seri 6063, hal ini dikarenakan nilai uji impact pada seri 6063 (12,40 j) lebih rendah dibandingkan dari seri 5083 (13,91 j).

4.7. Analisa secara FEM

Analisa secara FEM dilakukan sesuai dengan percobaan yang dilakukan di laboratorium, dari dimensi benda uji, material serta boundary condition yang diberikan pada benda misalnya penggunaan fix support dan besar gaya yang digunakan untuk uji tarik. Sedangkan untuk ukuran meshing benda sesuai dengan regulasi Common Structural Rules for Double Hull Oil Tankers, July 2008, incorporating Corrigenda 1 - Appendix B Structural Strength Assessment - 3 Local Fine Mesh Structural Strength Analysis - 3.2 Structural Modelling - 3.2.1 Genera. *“The mesh size in the fine mesh zones is not to be greater than 50mm x 50mm. In general, the extent of the fine mesh zone is not to be less than 10 elements in all directions from the area under investigation”*.

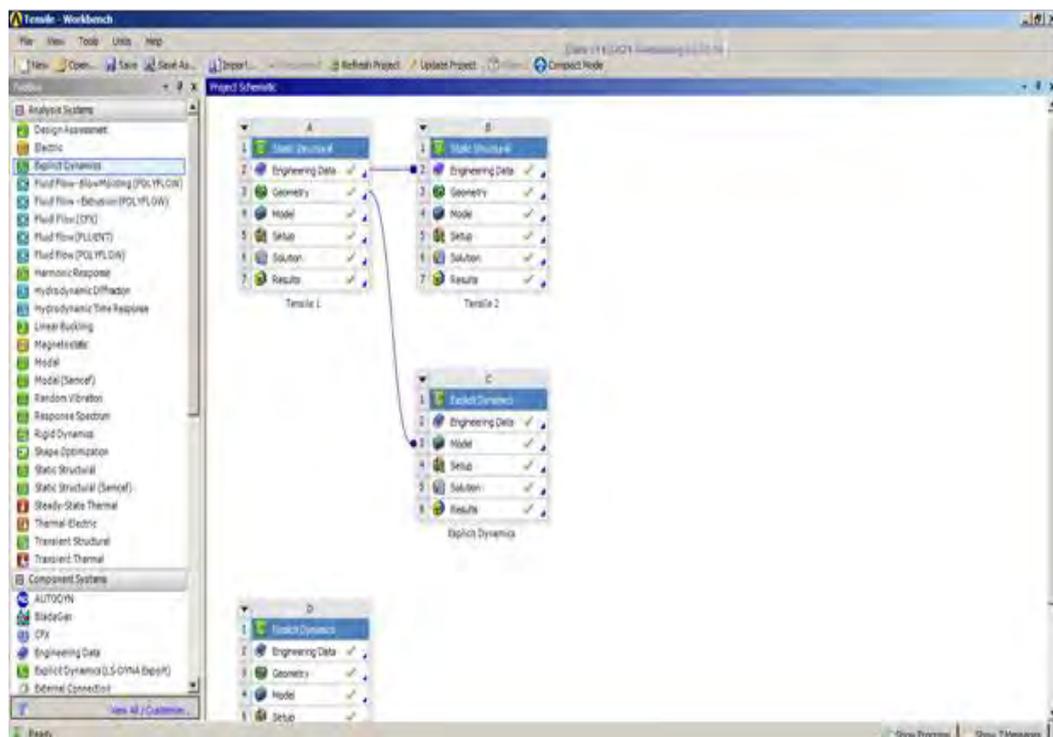
FEM merupakan sebuah metode penyelesaian matematis. Metode ini berusaha memecahkan partial differential equations dan persamaan integrasi lainnya yang dihasilkan dari hasil diskritisasi benda kontinu. Meski berupa pendekatan, metode ini dikenal cukup ampuh memecahkan struktur-struktur yang

kompleks dalam analisis mekanika benda padat (solid mechanics) dan perpindahan panas (heat transfer).

Dalam mempermudah perhitungan dapat menggunakan software FEM dimana tampilannya disebut GUI (graphic user interface) di mana suatu benda didiskritisasi menjadi sekian puluh bahkan ribu elemen. Istilah baru kemudian muncul yaitu Finite Element Modeling, karena pengguna hanya memodelkan fisik suatu benda dengan elemen-elemen kecil, mendefinisikan sifat-sifat material, memberikan kondisi batas dan pembebanan, menjalankan software.

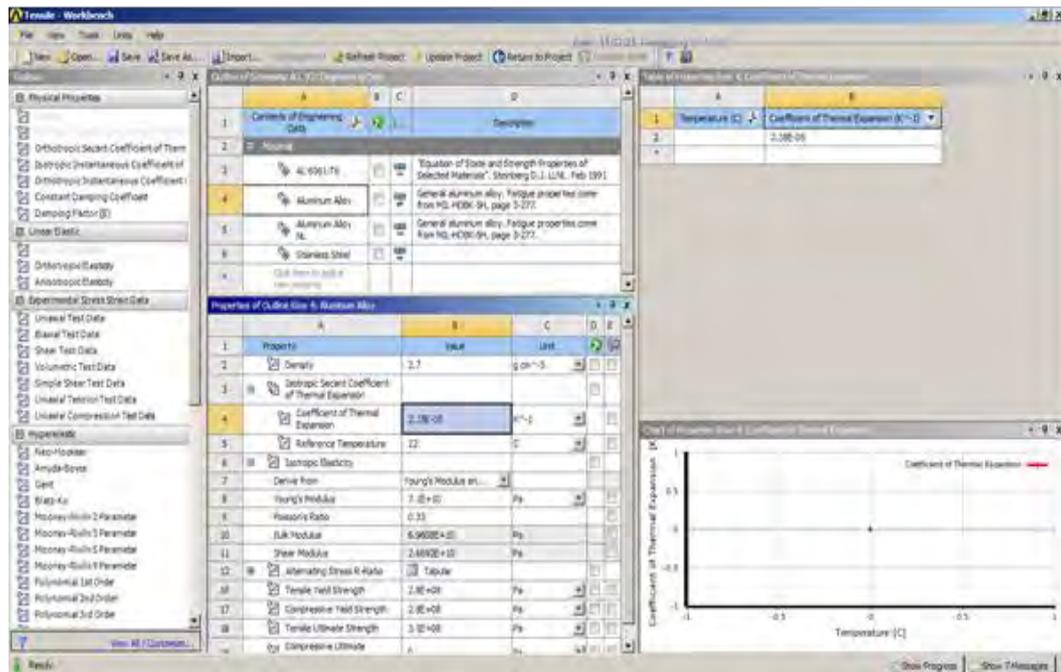
Langkah-langkah analisa FEM menggunakan Ansys adalah sebagai berikut: (diambil contoh test piece 1.1.)

4.7.1. Membuat workspace melalui aplikasi workbench ansys

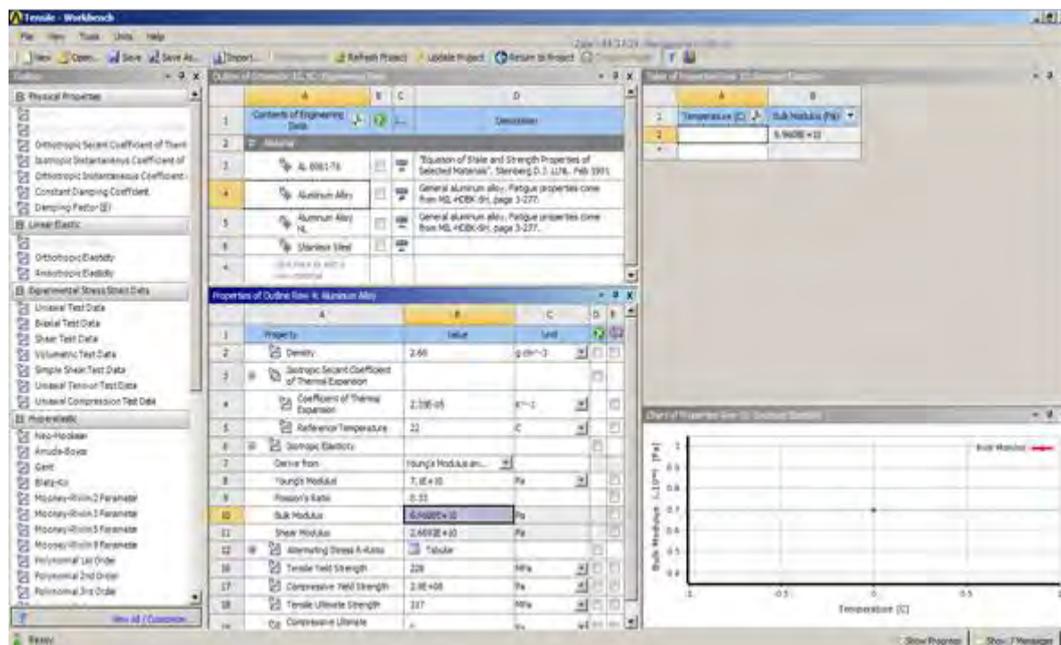


Gambar 4.22. Aplikasi workbench ansys

4.7.2. Merepresentasikan material properties di Ansys.

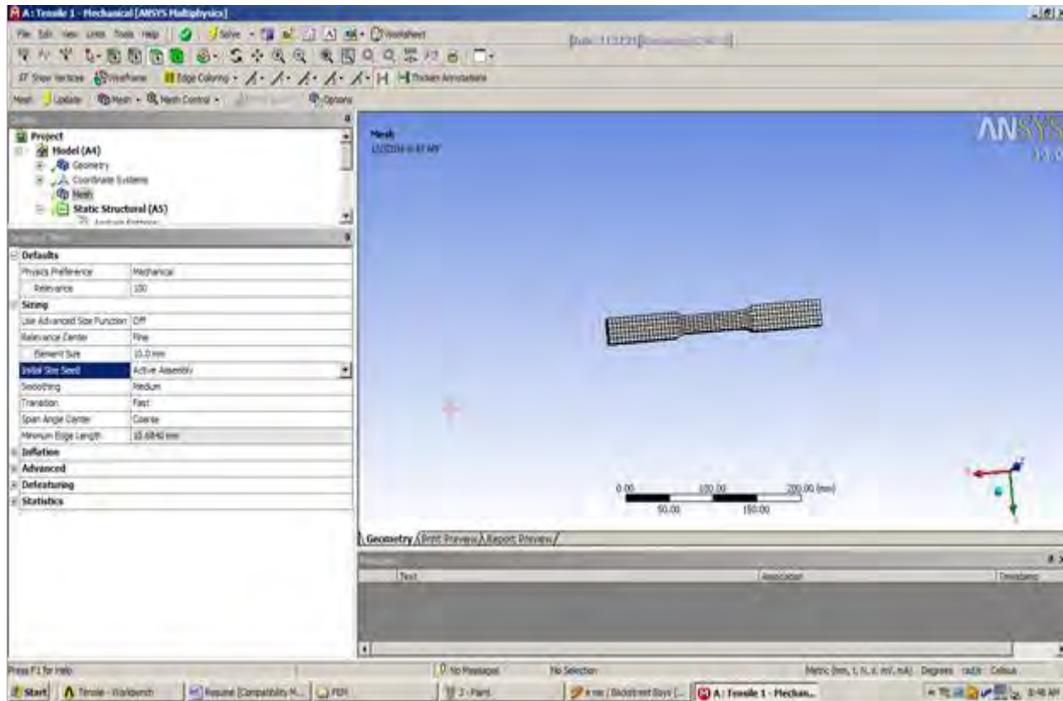


Gambar 4.23. Pemodelan pada seri AA 6063



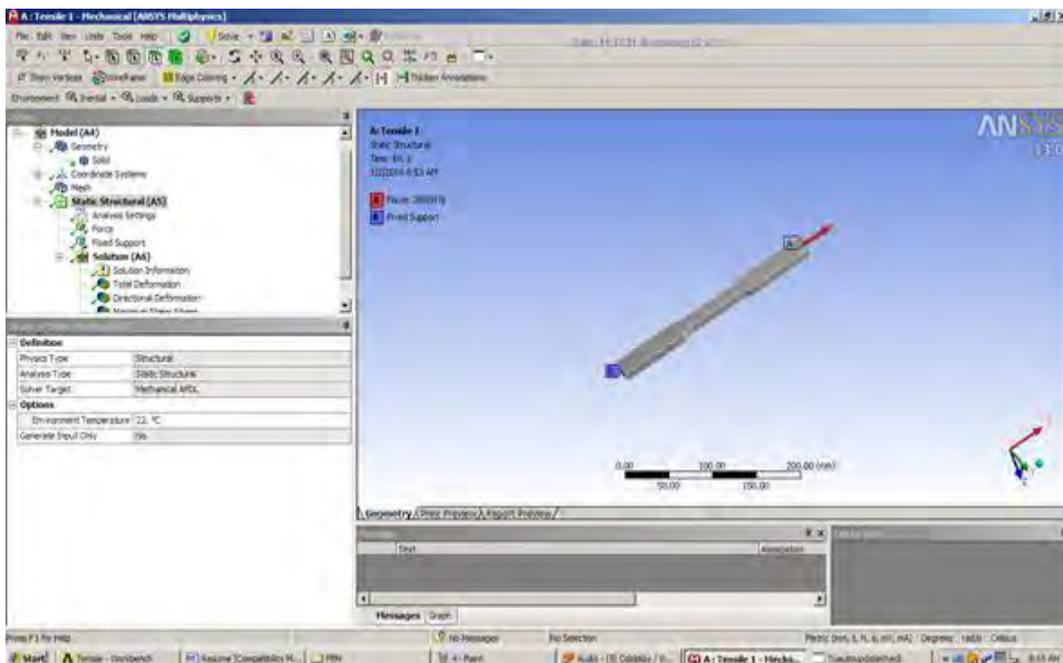
Gambar 4.24. Pemodelan pada seri AA 5083

4.7.3. Meshing sesuai dengan aturan dari regulasi.



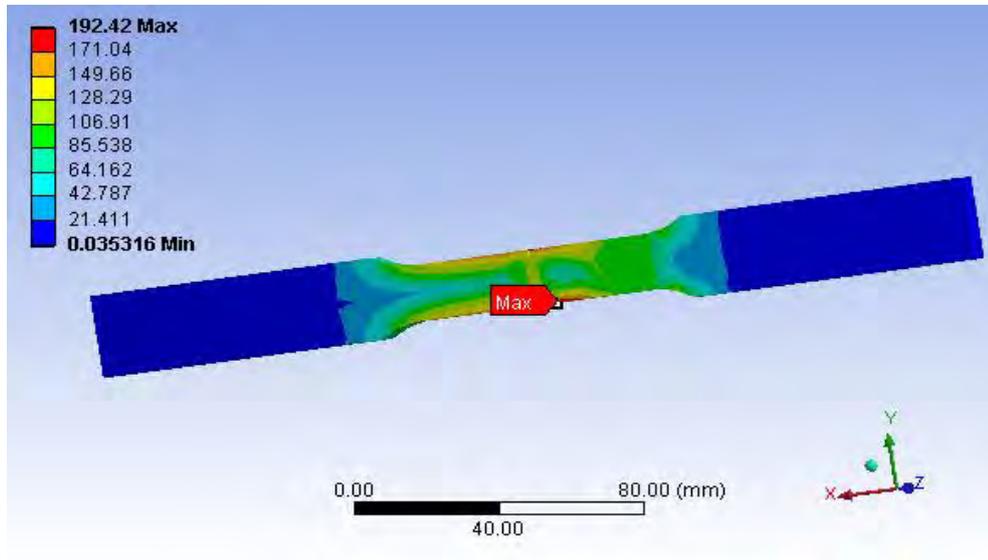
Gambar 4.25. Proses Meshing

4.7.4. Memberi kondisi sesuai dengan uji lab.



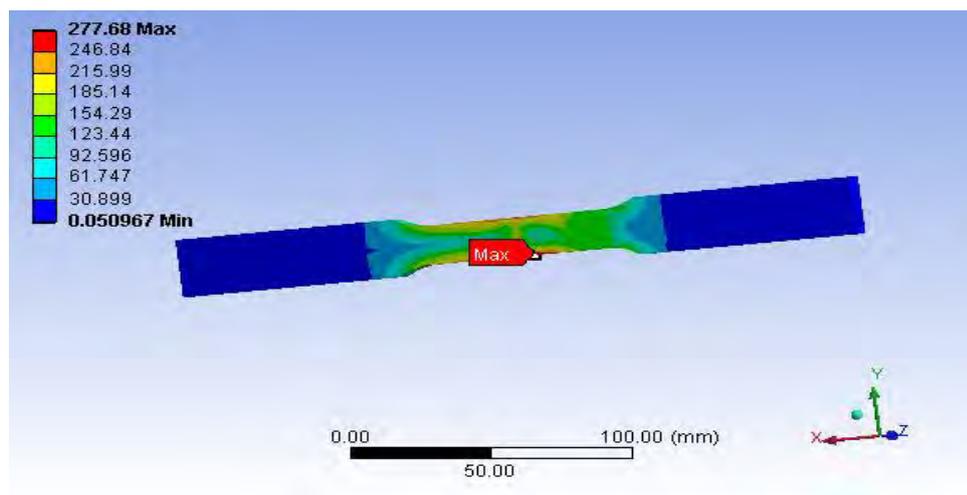
Gambar 4. 26. Pemberian kondisi sesuai hasil uji

4.7.5. Hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (test piece 1.1/A110 V22) dapat dilihat hasil FEM 192.42 MPa sedangkan hasil uji lab 192.54 pada gambar 4.27.



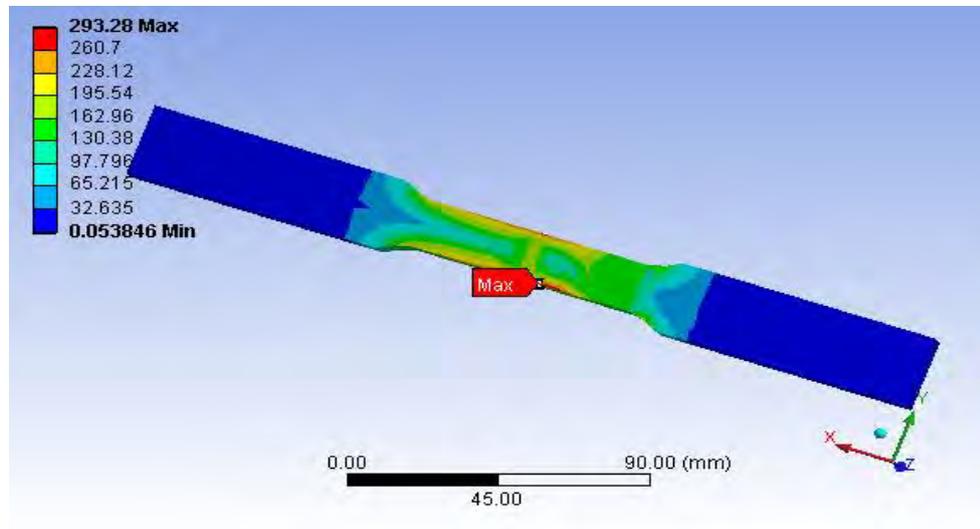
Gambar 4.27. Hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (test piece 1.1/A110 V22)

4.7.6. Hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (test piece 2.1/A140 V22) dapat dilihat hasil FEM 277.68 MPa sedangkan hasil uji lab 277.99MPa Gambar 4.28.



Gambar 4.28. Hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (test piece 2.1/A140 V22)

4.7.7. Hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (test piece 3.1/A170 V22) dapat dilihat hasil FEM 293.28 MPa sedangkan hasil uji lab 293.36 MPa. Gambar 4.29.



Gambar 4.29. Hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (test piece 3.1/A170 V22)

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengelasan dan melakukan pengujian pada pengelasan material 6063 dengan 5083 (untuk range kuat arus 110, 140 dan 170 ampere) maka didapatkan kesimpulan:

1. Pengaruh ampere terhadap mutu hasil pengelasan (visual) pada proses pengelasan dissimilar Aluminium seri 6063 dan Aluminium seri 5083 dilihat dari macro etsa, pada ampere 110, 140 dan 170 terdapat cacat las berupa porosity (gelembung gas), sedangkan fusion antara base metal dengan weldmetal serta fusion antar layer memiliki fusi (penetrasi) bagus. Menurut AWS D1.1- 4.9.4.1 (kriteria keberterimaan uji makro etsa).
2. Pengaruh Amper terhadap sifat mekanik dan metalurgi pengelasan dissimilar Aluminium seri 6063 dan Aluminium seri 5083, pada uji hardness test, Dari data-data pengujian hardness perbandingan variasi parameter pengelasan Nilai kekerasan tertinggi adalah pada para meter las 110 A mempunyai nilai rata-rata 100,58 HVn pada sisi seri 6063 dan rata-rata 90,5 HVn pada sisi seri 5083 HVn, yang terendah pada ampere 170 mempunyai nilai rata-rata 94,4 HVn pada sisi seri 6063, dan 88,04 HVn pada sisi seri 5083. hal ini disebabkan karena pengaruh ampere pengelasan. Pada uji kekuatan tarik, dari data-data hasil pengujian tarik perbandingan Variasi pengelasan kekuatan tarik terlemah adalah pada para meter las 110 A mempunyai nilai rata-rata 180,35, MPa dan yang tertinggi pada ampere 170 mempunyai nilai rata-rata 261,66 Mpa, semua posisi putus pada bagian weld metal pada sisi material seri 6063.

Ampere	Seri 6063 (HVn)	Average (HVn)	Seri 5083 (HVn)	Average (HVn)
110	A : 103,75 B : 93,25 C : 104,75	100,58	A : 89,125 B : 89,25 C : 93,125	90,5
140	A : 92,875 B : 87,875 C : 102,75	94,5	A : 86,75 B : 84,5 C : 93,625	88,291
170	A : 96,25 B : 87,625 C : 99,375	94,4	A : 89,5 B : 81,75 C : 92,875	88,04

3. Pada uji ketangguhan impact pengaruh Kuat arus (ampere) terhadap sifat mekanik dan metalurgi pengelasan dissimilar Aluminium seri 6063 dan Aluminium seri 5083. Pada data nilai impact menunjukkan bahwa nilai impact pada seri 5083 menunjukkan lebih tinggi dari pada seri 6063, hal ini dikarenakan nilai uji impact pada seri 6063 (12,40 j) lebih rendah dibandingkan dari seri 5083 (13,91 j). Besar arus (Ampere), memberikan pengaruh pada nilai ketangguhan dan kekuatan hasil pengelasan aluminium pada proses las GMAW. Dari uji impact dapat dijadikan sebagai tolak ukur untuk mengevaluasi nilai ketahanan terhadap beban dimana indikasi seri 5083 memiliki ketahanan impact lebih tinggi dari pada seri 6063.

Ampere	Seri 6063 (Joule)	Average (Joule)	Seri 5083 (HVn)	Average (HVn)
110	Wm : 15,20 HAZ : 11,20 FL : 11,60	12,66	Wm : 15,20 HAZ : 15,60 FL : 11,43	14,07
140	Wm : 14,40 HAZ : 11,80 FL : 11,40	12,53	Wm : 14,40 HAZ : 13,60 FL : 14,20	14,06
170	Wm : 11,20 HAZ : 14,00 FL : 10,80	12,00	Wm : 11,20 HAZ : 16,80 FL : 12,80	13,60
		12,40		13,91

4. Dari validasi uji tarik jika dibuktikan dengan program FEM menunjukkan bahwa uji tarik memiliki nilai yang relatif sama. FEM yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (test piece 1.1 X1) dapat dilihat hasil FEM 192.43 MPa sedangkan hasil uji lab 192.54 Mpa.
5. Solusi yang dapat dilakukan untuk menghindari sedini mungkin terjadinya cacat sambungan pada pengelasan dissimilar Aluminium Seri 6063 dengan seri 5053, parameter yang harus di pakai untuk menghasilkan sambungan yang tangguh adalah pada para meter Kuat arus 170 ampere voltage 22. Kawat las ER 5356 dia 1.2 mm, Argon 99,99 %. Dari hasil analisa data-data yang diperoleh penulis mengambil kesimpulan bahwa proses pengelasan yang sudah ada tidak bermasalah, sehingga cacat retak yang terjadi tidak disebabkan oleh proses pengelasan.

1.2 Saran

1. Pada pengelasan las GMAW kuat Arus listrik (ampere) mempengaruhi terjadinya perubahan panas pada proses pengelasan yang menentukan kualitas hasil pengelasan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut parameter kuat arus (ampere) pada 140 A hingga titik lebur aluminium (850 derajat celcius) untuk mendapatkan hasil pengelasan yang optimal.
2. Menyarankan untuk melakukan penelitian penyebab retak daerah pengelasan ditinjau dari getaran, kalkulasi desain tegangan, selain dari proses pengelasan.
3. Perlu dilakukan pengamatan dan penelitian lebih lanjut mengenai posisi pengelasan, kecepatan elektroda, kelembaban udara sekitar, Heat Treatment sebelum dan sesudah pengelasan sehingga hasil yang diinginkan tercapai.



REPORT ON TEST RESULT NO. : 1099.1/IT2.4.I.1/PM.05.02/2014

Page 3 of 3

DATE : October 17, 2014
 ORDER FROM : BPK. IMAM KHOIROFIK
 TEST STANDARD : BKI - Th. 2010
 MATERIAL SPEC. : Butt Welded Plate AL 6063 to Plate AL 5083
 A110 V22
 THICKNESS : 6 mm to 6 mm
 WELDING PROCESS : GMAW
 WELDING POSITION : 1G
 PROJECT NAME : TESIS

3. CHARPY V-NOTCH IMPACT TEST

TEST PIECE CODE	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICKNESS AT NOTCH (mm)	TEMPERATURE (°C)	ENERGY		
					(JOULE)	Average	
1 H1	HAZ at AL 5083	55.01	5.01	8.00	27	15.00	15.60
1 H2	HAZ at AL 5083	55.00	5.00	8.00	27	12.00	
1 H3	HAZ at AL 5083	55.03	5.00	8.00	27	25.00	
1 H4	HAZ at AL 5083	55.00	5.01	8.00	27	14.00	
1 H5	HAZ at AL 5083	55.01	5.00	8.00	27	12.00	
1 F1	FL at AL 5083	55.00	5.02	8.00	27	10.00	11.40
1 F2	FL at AL 5083	55.03	5.02	8.00	27	11.00	
1 F3	FL at AL 5083	55.04	5.00	8.00	27	13.00	
1 F4	FL at AL 5083	55.02	5.02	8.00	27	11.00	
1 F5	FL at AL 5083	55.00	5.00	8.00	27	12.00	

Equipment: Charpy Impact Testing Machine "Otto Wolpert-Werke GMBH, PW-15"

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Head of the Laboratory
 Ships Strength and Construction

Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng, Ph.D
 NIP. 19590505 198403 1 012



REPORT ON TEST RESULT NO. : 1099.2/IT2.4.I.1/PM.05.02/2014

Page 1 of 3

DATE : October 17, 2014
ORDER FROM : BPK. IMAM KHOIROFIK
TEST STANDARD : BKI - Th. 2010
MATERIAL SPEC. : Butt Welded Plate AL 6063 to Plate AL 5083
A140 V22
THICKNESS : 6 mm to 6 mm
WELDING PROCESS : GMAW
WELDING POSITION : 1G
PROJECT NAME : TESIS

1. TENSILE TEST

TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION					TENSILE TEST RESULTS		
		WIDTH (mm)	THICK. (mm)	C.S.A (mm ²)	F _y (kN)	F _u (kN)	YIELD STRENGTH (MPa)	TENSILE STRENGTH (MPa)	BREAKING
2.1	Good	24.61	5.92	145.69	31.50	40.50	216.21	277.99	Weld Metal
2.2	Good	24.68	5.93	146.35	29.00	36.50	198.15	249.40	Weld Metal
2.3	Good	24.62	5.92	145.76	28.00	35.50	192.10	243.56	Weld Metal
2.4	Good	24.63	5.92	145.80	30.40	40.50	208.50	277.77	Weld Metal
2.5	Good	24.62	5.93	146.00	28.00	35.50	191.79	243.16	Weld Metal

Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity.

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

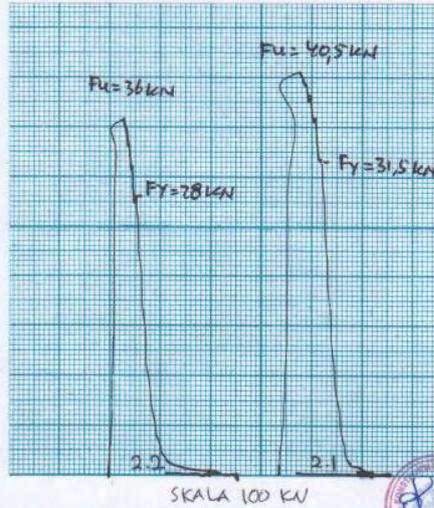
Head of the Laboratory
Ships Strength and Construction

Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng. Ph.D
NIP. 19590505 198403 1 012

REPORT ON TEST RESULT NO. : 0498/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

Page 2 of 2

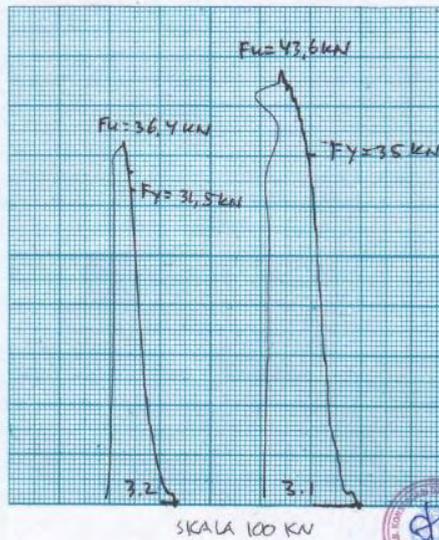
The Graphic of Tensile Test



REPORT ON TEST RESULT NO. : 0499/IT2.4.I.1/PM.05.02/2014

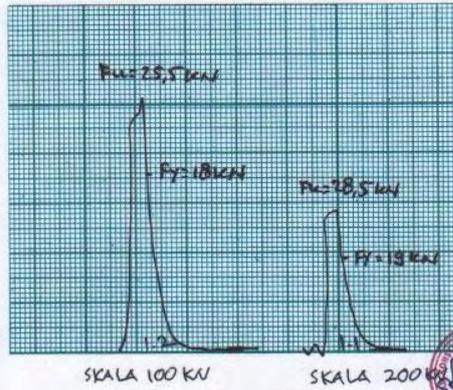
Page 2 of 2

The Graphic of Tensile Test



REPORT ON TEST RESULT NO. : 0497/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014
Page 2 of 2

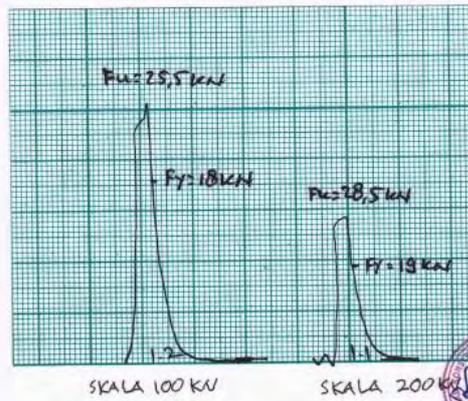
The Graphic of Tensile Test



REPORT ON TEST RESULT NO. : 0497/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

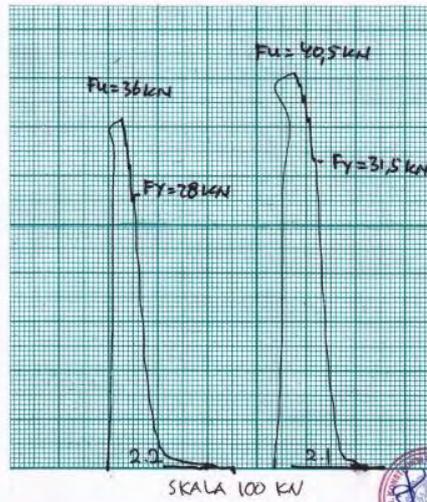
Page 2 of 2

The Graphic of Tensile Test



REPORT ON TEST RESULT NO. : 0498/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014
Page 2 of 2

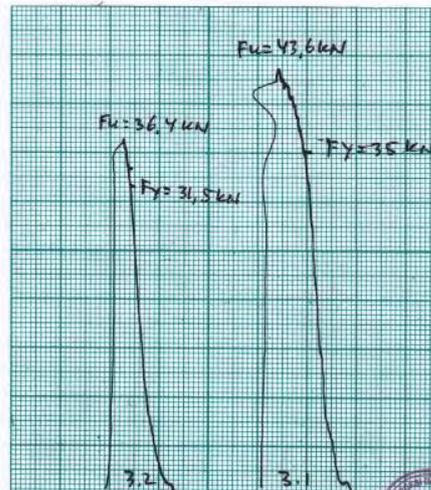
The Graphic of Tensile Test



REPORT ON TEST RESULT NO. : 0499/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

Page 2 of 2

The Graphic of Tensile Test



SKALA 100 KV





DET NORSKE VERITAS
INSPECTION CERTIFICATE OF MATERIALS

DNV certificate according to Classification Rules
 3.1 Certificate according to ISO 10474/EN 10204

Product
32 pcs aluminium plates 5 X 2200 X 9000 mm
24 pcs aluminium plates 5 X 2200 X 9000 mm
Total mass
15261 kgs

Manufacturer
ELVAL S.A. INOFITA / GREECE
Manufacturer's order No.
9969

Purchaser
EMPIRE RESOURCES - AUSTRALIA
Purchaser's order No.
ER-2781-P/R108717

Destination/Supplementary information
FREMANTLE

MATERIAL SPECIFICATION
Material standard and grade
DNV - Rules for Ships Pt.2, Sec. 9
NV 5083 H321
Any additional requirements

SPECIFIED MECHANICAL PROPERTIES

TENSILE PROPERTIES			CHARPY V-NOTCH IMPACT PROPERTIES						
Specimen type, dimensions	Yield point R _{eL} or R _{0.2} N/mm ²	Tensile strength R _m N/mm ²	Elongation A ₅ %	Reduction of area Z %	Orientation L or T	Test temperature °C	Width of test piece mm	Energy, J. min.	
								Single	Average
Flat	min.215	305-330	min.12						

Remarks

SPECIFIED CHEMICAL COMPOSITION

Element	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Cr %	Zn %	Ti %	Al %
Specific value(s) [%]	max 0.40	max 0.40	max 0.10	0.40-1.00	4.0-4.9	0.05-0.25	max 0.25	max 0.15	Rest

Remarks

Marking
ELVAL, NV11003065,
5083 H118/H321, COILNR,
HEAT NR, THICKNESS,
ASTM B209

The stamping is placed:
INKJET MARKING ON
ONE SIDE

The material has been tested and inspected in the finished condition and are found to be in accordance with the above specification. (For test result, see overleaf)

If applicable state drawing number and approval date

Piraeus, Greece
Place

2003-04-04
Date

ANDREAS PAGALOS
Inspector

Every person who has been or is engaged in the production of this certificate is liable to the Det Norske Veritas. The Det Norske Veritas shall be responsible for the accuracy of the data and the validity of the information provided in this certificate. The Det Norske Veritas shall not be held responsible for the accuracy of the data and the validity of the information provided in this certificate. The Det Norske Veritas shall not be held responsible for the accuracy of the data and the validity of the information provided in this certificate.



INSPECTION CERTIFICATE

Cert-No: 327A
DATE: 3/4/2003

CUSTOMER: EMPIRE RESOURCES(AUSTRALIA)

CUSTOMER'S ORDER: ER-2781-P/R108717

DNV CERTIFICATE No. AM:1-1411

DESTINATION: FREMANTLE

ELVAL ORDER: E9969

INVOICE NR: 32304

GRADE: 5083 H116

WEIGHT: 18281 KGS

MARKING: ELVAL, NV11003065, 5083 H116/4321,
COIL NR, HEAT NR, THICKNESS, ASTM B209.

QUALITY ACCORDING TO DNV RULES AND A1 STANDARDS.

SE R	HEAT NR	COIL NR	PROCESS	SHEETS	DIMENSIONS (mm)	MECHANICAL PROPERTIES		
						R N/mm ²	R02 N/mm ²	A %
	30270	030104401	HOT ROLLED	32	6.0000 x 2200.00 x 9000.00	350.8	240.6	13.0
	30166	030046101	HOT ROLLED	12	6.0000 x 2200.00 x 9000.00	358.6	253.4	13.9
	30282	030105302	HOT ROLLED	12	6.0000 x 2200.00 x 9000.00	329.5	246.1	15.6
SPECIFICATIONS						Min.		
						Max.	305.0	215.0 12.0

CHEMICAL ANALYSIS

T NR	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
168	0.11	0.33	0.05	0.51	4.77	0.18	0.02	0.01
162	0.13	0.24	0.09	0.73	4.74	0.15	0.02	0.01
170	0.12	0.24	0.06	0.74	4.75	0.14	0.01	0.01
SPECIFICATIONS				0.40	4.00	0.05		
				0.40	4.90	0.25	0.25	0.15

Each : 0.05% max
Total : 0.15% max

we hereby certify that the material has been made by an approved process and has been satisfactorily tested in accordance with DNV Rules for Classification.

ELVAL S.A. QUALITY DEPARTMENT
15000 VASSILOPOULOU STR.
15000 VASSILOPOULOU STR.
15000 VASSILOPOULOU STR.
15000 VASSILOPOULOU STR.

ELVAL S.A. QUALITY DEPARTMENT

G. KALKANTZIS



昆山星高铝工业有限公司

Kunshan SK ALUMINIUM INDUSTRIES CO., LTD

检验报告 Inspection report

订单批号: Order lot number:	SLP10/015-KSA-CH		
客户: Customer:	Soon Lian Hardware Pte.Ltd		
地址: Address:	45 Joo Koon Circle Singapore 629106		
电话: Telephone:	0065-62618888	传真: Fax:	0065-68636888

牌号 Brand	6063	状态 State	T6	硬度 Hardness	13-15
-------------	------	-------------	----	----------------	-------

Aluminium Alloy U Channel 型号 Model		
GF-229	101.6mm*50.8mm*6mm*6M	Aluminium Alloy U Channel

化学成份 Chemical composition									
元素 Element	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	余量AL Remainder AL
标准 Standard	0.4	—	0.15	—	0.8	0.04	—	—	
	0.8	≤0.7	0.4	≤0.15	1.2	0.35	≤0.25	≤0.15	
实测 Actual measurement	0.52	0.21	0.25	<0.005	0.91	0.062	<0.005	0.01	

机械性能 Mechanical Properties				
检测项目 Detection project	计量单位 Unit of measurement	标准值 Standard value	检验结果 Inspection result	判定 Decide
抗拉强度 (RM) Tensile strength (RM)	Mpa	≥265	270	合格 Qualified
断后伸长 (A), % Cover the retreat elongation (A), %	—	≥8.0	9.5	合格 Qualified
规定非比例延伸强度 (Rp0.2) Assigned disproportional extends strength (Rp0.2)	Mpa	≥245	260	合格 Qualified

制表: 审核: 批准:

Tabulation: Verify: Approve:

TEST RESULTS

Mechanical Properties

Cast No	Test No	TENSILE PROPERTIES		CHARPY V-NOTCH IMPACT PROPERTIES							
		Yield point R _{eL} or R _{eH} N/mm ²	Tensile strength R _m N/mm ²	Elongation A ₅ %	Reduction of area Z %	Orien- tation L or T	Test temp °C	Width of test piece mm	Energy, J. min		
								1	2	3	Ave
30270	1	236.04	349.45	13.5							
30270	2	243.59	351.53	12.9							
30270	3	245.60	351.76	12.4							
30270	4	235.30	350.01	13.0							
30270	5	240.82	351.30	12.9							
30166	6	266.87	365.83	13.0							
30166	7	247.42	354.19	12.9							
30166	8	247.15	357.59	14.7							
30166	9	252.27	357.15	14.3							
30166	10	250.19	359.00	12.8							
30166	11	258.57	358.28	15.8							
30262	12	246.92	331.98	15.2							
30262	13	251.44	331.26	13.1							
30262	14	241.65	326.01	16.9							
30262	15	244.74	326.11	17.1							

Remarks

Test Nos 1-5 : Coil No 030104401/ Case Nos: 51-54

Test Nos 6-11 : Coil No 030046101/ Case Nos: 50-51

Test Nos 12-15 : Coil No 030105302/ Case Nos: 42 & 52

CHEMICAL COMPOSITION

Cast No.	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Cr %	Zn %	Ti %	Al %
0270	0.12	0.24	0.08	0.74	4.78	0.14	0.81	0.01	Rest
0166	0.11	0.23	0.06	0.81	4.77	0.18	0.82	0.01	Rest
0262	0.13	0.24	0.09	0.73	4.74	0.15	0.82	0.01	Rest

Remarks

Pitling Corrosion Test acc. to ASTM G65: Pitting degree C

Heat treatment (trial temperatures, °C)

Process

OT ROLLED

Non-destructive testing

ADDITIONAL INSPECTION

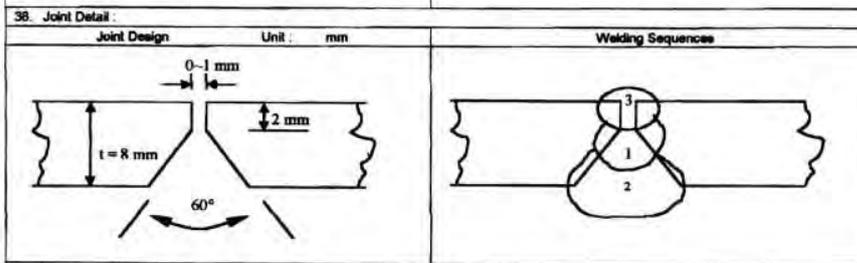
By and to the order of inspection

**WELDING PROCEDURE SPECIFICATION
(WPS)**

1. Company's Name	: PT. PAL INDONESIA (PERSERO)	8. Examiner of Test Body	: HERO KLASIFIKASI INDONESIA
2. WPS No.	: 120	9. Date	: SEPTEMBER 15, 2003
3. Revision No.	: 0	10. Type	: <input checked="" type="checkbox"/> MANUAL
4. Welder's Name	: DJUMADI / 103831022		(<input type="checkbox"/> Automatic <input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Machine or Semi-Auto)
5. Joint Type	: BUTT WELDS		
6. Reference Code	: BKI RULES, VOL. VI		
7. Welding Process	: COMB. MIG + TIG		

Joints	
11. Joint Design	: V GROOVE (CJP)
12. Backing Yes / No	: NONE
13. Backing Material	: NONE
Base Metals	
14. Specification	: E5.45/AL Mg 4,5 Mn/5083
15. Plate Thickness	: 6 mm
16. Type Grade	: ~
17. Plate Thickness Range	: 3 - 12 mm
18. Pipe outside dia Range	: ~
19. Preheat Temp	: NONE
20. Interpass Temp	: 40 - 65°C
21. PWHT	: NONE
Position	
22. Position	: 3 G (VERTICAL)
23. Welding Progression	: SEE JOINT DETAIL
24. Current Type	: ~ DC+ (MIG) ~ AC (TIG)

Filler Metal	
25. Classification	: AWS. A5.10ER 5183 (TIG / MIG)
26. Trade Name	: SAERA
27. Wire Size	: \varnothing 1,2 (MIG) & \varnothing 3,2 (TIG)
28. Consumable Insert	: ~
Techniques	
29. String / Weave	: WEAVING
30. Single / Multipass	: MULTYPASS
31. Single / Multi Elect	: MULTI ELECTRIC
32. Interpass Cleaning	: BRUSHING
33. Back Cleaning	: GRINDING + BRUSHING
Gas	
34. Shielding Gas(es)	: ARGON
Percent Composition (mixture)	
35. Flow Rate	: 20 M / ml
36. Flux	: ~
37. Other	: ~



Welding Details							
Run	Process	Size of Filler Metal	Current A	Voltage V	Type of Current Polarity	Travel Speed mm / minute	Heat Input kJ/mm ²
1.	MIG	\varnothing 1,2 mm	115 - 150	15 - 25	DC+	200 - 400	0,25 - 1,12
2.	MIG	\varnothing 1,2 mm	115 - 150	15 - 25	DC+	200 - 400	0,25 - 1,12
3.	TIG	\varnothing 3,2 mm	150 - 200	15 - 25	AC	35 - 70	1,9 - 8,5

Manufacturer
PT. PAL INDONESIA (PERSERO)

F. HERU PUJOWANTORO
 Date: OCTOBER, 10, 2003

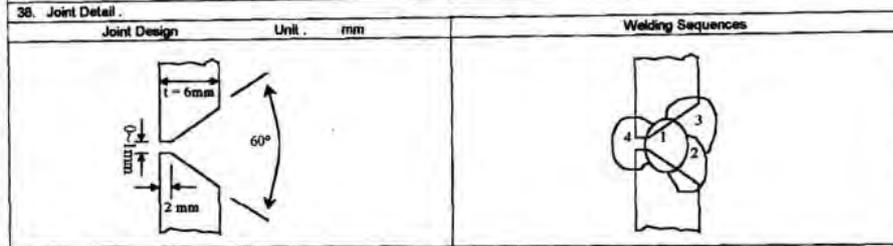
Examiner or test body

H. BENNI H.
 Date: NOV. 5 2003

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

1. Company's Name : PT. PAL INDONESIA (PERSERO)	8. Examiner of Test Body : BIRO KLASIFIKASI INDONESIA
2. WPS No. : 119	9. Date : SEPTEMBER 15, 2003
3. Revision No. : 0	
4. Welder's Name : KAMID / 103E31092	
5. Joint Type : BUTT WELD	10. Type : MANUAL
6. Reference Code : BKI RULES, VOL. VI	(<input type="checkbox"/> Automatic <input checked="" type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Machine or Semi-Auto)
7. Welding Process : COMB. MIG + TIG	

Joints 11. Joint Design : V GROOVE (CJP) 12. Backing Yes / No : NONE 13. Backing Material : NONE Base Metals 14. Specification : E5.45/AL Mg 4.5 Mn/5083 15. Plate Thickness : 6 mm 16. Type Grade : - 17. Plate Thickness Range : 3 - 12 mm 18. Pipe outside dia Range : - 19. Preheat Temp : NONE 20. Interpass Temp : 40 ~ 65°C 21. PWHT : NONE Position 22. Position : 2 G (HORIZONTAL) 23. Welding Progression : SEE JOINT DETAIL 24. Current Type : - DC+ (MIG) - AC (TIG)	Filler Metal 25. Classification : AWS.A5.10ER 5183 (TIG / MIG) 26. Trade Name : SAFRA 27. Wire Size : Ø 1.2 (MIG) & Ø 3.2 (TIG) 28. Consumable Insert : - Technique 29. String / Weave : WEAVING 30. Single / Multipass : MULTIPASS 31. Single / Multi Elect. : MULTI ELECTRIC 32. Interpass Cleaning : BRUSHING 33. Back Cleaning : GRINDING + BRUSHING Gas 34. Shielding Gas(es) : ARGON Percent Composition (mixture) 35. Flow Rate : 20 L / mt 36. Flux : - 37. Other : -
---	---



Welding Details							
Run	Process	Size of Filler Metal	Current A	Voltage V	Type of Current Polarity	Travel Speed mm / minute	Heat Input KJ/mm ²
1.	MIG	Ø 1,2 mm	115 - 150	15 - 25	DC+	200 - 400	0,25 - 1,12
2.	MIG	Ø 1,2 mm	115 - 150	15 - 25	DC+	200 - 400	0,25 - 1,12
3.	MIG	Ø 1,2 mm	115 - 150	15 - 25	DC+	200 - 400	0,25 - 1,12
4.	BACK GRINDING + BRUSHING						
	TIG	Ø 3,2 mm	160 - 200	15 - 25	AC	35 - 70	1,9 - 8,5

Manufacturer PT. PAL INDONESIA (PERSERO) W. HERU PUDJOWANTORO	MANUFACTURING DIVISION MANUFACTURING DIVISION W. BEN	Examiner or test body W. BEN
Date : 04 OCTOBER, 10, 2003		Date : NOV, 5/2003



REPORT ON TEST RESULT NO. : 1099.1/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

Page 1 of 3

DATE : October 17, 2014
 ORDER FROM : BPK. IMAM KHOIROFIK
 TEST STANDARD : BKI - Th. 2010
 MATERIAL SPEC. : Butt Welded Plate AL 6063 to Plate AL 5083
 A110 V22
 THICKNESS : 6 mm to 6 mm
 WELDING PROCESS : GMAW
 WELDING POSITION : 1G
 PROJECT NAME : TESIS

1. TENSILE TEST									
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION					TENSILE TEST RESULTS		
		WIDTH (mm)	THICK. (mm)	C.S.A (mm ²)	Fy (kN)	Fu (kN)	YIELD STRENGTH (MPa)	TENSILE STRENGTH (MPa)	BREAKING
1.1	Good	24.67	6.00	148.02	19.00	28.50	128.36	192.54	Weld Metal
1.2	Good	24.80	6.00	148.80	18.00	25.50	120.97	171.37	Weld Metal
1.3	Good	24.55	6.00	147.30	19.00	25.50	128.99	173.12	Weld Metal
1.4	Good	24.70	6.00	148.20	19.00	28.50	128.21	192.31	Weld Metal
1.5	Good	24.65	6.00	147.90	18.00	25.50	121.70	172.41	Weld Metal

Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity.

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Head of the Laboratory
 Ships Strength and Construction



Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng, Ph.D
 NIP. 19560505 198403 1 012



REPORT ON TEST RESULT NO. : 1099.1/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

Page 2 of 3

DATE : October 17, 2014
 ORDER FROM : BPK. IMAM KHOIROFIK
 TEST STANDARD : BKI - Th. 2010
 MATERIAL SPEC. : Butt Welded Plate AL 6063 to Plate AL 5083
 A110 V22
 THICKNESS : 6 mm to 6 mm
 WELDING PROCESS : GMAW
 WELDING POSITION : 1G
 PROJECT NAME : TESIS

2. CHARPY V-NOTCH IMPACT TEST

TEST PIECE CODE		LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICKNESS AT NOTCH (mm)	TEMPERATURE (°C)	ENERGY	
						(JOULE)	Average
1 W1	Weld Metal	55.01	5.01	8.00	27	17.00	15.20
1 W2	Weld Metal	55.13	5.02	8.00	27	16.00	
1 W3	Weld Metal	55.11	5.01	8.00	27	14.00	
1 W4	Weld Metal	55.07	5.00	8.00	27	14.00	
1 W5	Weld Metal	55.12	5.03	8.00	27	15.00	
1 H1	HAZ at AL 6063	55.07	5.00	8.00	27	10.00	11.20
1 H2	HAZ at AL 6063	55.10	5.01	8.00	27	12.00	
1 H3	HAZ at AL 6063	55.14	5.01	8.00	27	11.00	
1 H4	HAZ at AL 6063	55.07	5.00	8.00	27	11.00	
1 H5	HAZ at AL 6063	55.08	5.01	8.00	27	12.00	
1 F1	FL at AL 6063	55.11	5.00	8.00	27	13.00	11.60
1 F2	FL at AL 6063	55.04	5.01	8.00	27	11.00	
1 F3	FL at AL 6063	55.12	5.01	8.00	27	11.00	
1 F4	FL at AL 6063	55.10	5.00	8.00	27	11.00	
1 F5	FL at AL 6063	55.07	5.02	8.00	27	12.00	

Equipment: Charpy Impact Testing Machine "Otto Wolpert-Werke GMBH, PW-15"

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Head of the Laboratory
 Ships Strength and Construction



Prof. Ir. Ahmad Zubaydi, M.Eng, Ph.D
 NIP. 19590505 198403 1 012



REPORT ON TEST RESULT NO. : 1099.1/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

Page 3 of 3

DATE : October 17, 2014
 ORDER FROM : BPK. IMAM KHOIROFIK
 TEST STANDARD : BKI - Th. 2010
 MATERIAL SPEC. : Butt Welded Plate AL 6063 to Plate AL 5083
 A110 V22
 THICKNESS : 6 mm to 6 mm
 WELDING PROCESS : GMAW
 WELDING POSITION : 1G
 PROJECT NAME : TESIS

3. CHARPY V-NOTCH IMPACT TEST

TEST PIECE CODE	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICKNESS AT NOTCH (mm)	TEMPERATURE (°C)	ENERGY		
					(JOULE)	Average	
1 H1	HAZ at AL 5083	55.01	5.01	8.00	27	15.00	15.60
1 H2	HAZ at AL 5083	55.00	5.00	8.00	27	12.00	
1 H3	HAZ at AL 5083	55.03	5.00	8.00	27	25.00	
1 H4	HAZ at AL 5083	55.00	5.01	8.00	27	14.00	
1 H5	HAZ at AL 5083	55.01	5.00	8.00	27	12.00	
1 F1	FL at AL 5083	55.00	5.02	8.00	27	10.00	11.40
1 F2	FL at AL 5083	55.03	5.02	8.00	27	11.00	
1 F3	FL at AL 5083	55.04	5.00	8.00	27	13.00	
1 F4	FL at AL 5083	55.02	5.02	8.00	27	11.00	
1 F5	FL at AL 5083	55.00	5.00	8.00	27	12.00	

Equipment: Charpy Impact Testing Machine "Otto Wolpert-Werke GMBH, PW-15"

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Head of the Laboratory
 Ships Strength and Construction


 Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng, Ph.D
 NIP. 19590505 198403 1 012



REPORT ON TEST RESULT NO. : 1099.2/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

Page 1 of 3

DATE : October 17, 2014
ORDER FROM : BPK. IMAM KHOIROFIK
TEST STANDARD : BKI - Th. 2010
MATERIAL SPEC. : Butt Welded Plate AL 6063 to Plate AL 5083
A140 V22
THICKNESS : 6 mm to 8 mm
WELDING PROCESS : GMAW
WELDING POSITION : 1G
PROJECT NAME : TESIS

1. TENSILE TEST									
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION					TENSILE TEST RESULTS		
		WIDTH (mm)	THICK. (mm)	C.S.A (mm ²)	Fy (kN)	Fu (kN)	YIELD STRENGTH (MPa)	TENSILE STRENGTH (MPa)	BREAKING
2.1	Good	24.61	5.92	145.69	31.50	40.50	216.21	277.99	Weld Metal
2.2	Good	24.68	5.93	146.35	29.00	36.50	198.15	249.40	Weld Metal
2.3	Good	24.62	5.92	145.76	28.00	35.50	192.10	243.56	Weld Metal
2.4	Good	24.63	5.92	145.80	30.40	40.50	208.50	277.77	Weld Metal
2.5	Good	24.62	5.93	146.00	28.00	35.50	191.79	243.16	Weld Metal

Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity.

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Head of the Laboratory
Ships Strength and Construction



Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng, Ph.D
NIP. 19590505 198403 1 012



REPORT ON TEST RESULT NO. : 1099.2/IT2.4.I.1/PM.05.02/2014

Page 2 of 3

DATE : October 17, 2014
 ORDER FROM : BPK. IMAM KHOIROFIK
 TEST STANDARD : BKI - Th. 2010
 MATERIAL SPEC. : Butt Welded Plate AL 6063 to Plate AL 5083
 A140 V22
 THICKNESS : 6 mm to 6 mm
 WELDING PROCESS : GMAW
 WELDING POSITION : 1G
 PROJECT NAME : TESIS

2. CHARPY V-NOTCH IMPACT TEST

TEST PIECE CODE		LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICKNESS AT NOTCH (mm)	TEMPERATURE (°C)	ENERGY	
						(JOULE)	Average
2 W1	Weld Metal	55.13	5.00	8.00	27	14.00	14.40
2 W2	Weld Metal	55.10	5.00	8.00	27	15.00	
2 W3	Weld Metal	55.21	5.00	8.00	27	15.00	
2 W4	Weld Metal	55.22	5.00	8.00	27	14.00	
2 W5	Weld Metal	55.02	5.00	8.00	27	14.00	
2 H1	HAZ at AL 6063	55.01	5.01	8.00	27	11.00	11.80
2 H2	HAZ at AL 6063	55.21	5.01	8.00	27	12.00	
2 H3	HAZ at AL 6063	55.24	5.00	8.00	27	13.00	
2 H4	HAZ at AL 6063	55.02	5.01	8.00	27	11.00	
2 H5	HAZ at AL 6063	55.06	5.02	8.00	27	12.00	
2 F1	FL at AL 6063	55.05	5.00	8.00	27	11.00	11.40
2 F2	FL at AL 6063	55.02	5.01	8.00	27	12.00	
2 F3	FL at AL 6063	55.15	5.01	8.00	27	12.00	
2 F4	FL at AL 6063	55.13	5.00	8.00	27	11.00	
2 F5	FL at AL 6063	55.05	5.01	8.00	27	11.00	

Equipment: Charpy Impact Testing Machine "Otto Wolpert-Werke GMBH, PW-15"

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Head of the Laboratory
 Ships Strength and Construction

Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng, Ph.D
 NIP. 19590505 198403 1 012



REPORT ON TEST RESULT NO. : 1099.3/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

Page 1 of 3

DATE : October 17, 2014
 ORDER FROM : BPK. IMAM KHOIROFIK
 TEST STANDARD : BKI - Th. 2010
 MATERIAL SPEC. : Butt Welded Plate AL 6063 to Plate AL 5083
 A170 V22
 THICKNESS : 6 mm to 6 mm
 WELDING PROCESS : GMAW
 WELDING POSITION : 1G
 PROJECT NAME : TESIS

1. TENSILE TEST									
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION					TENSILE TEST RESULTS		
		WIDTH (mm)	THICK. (mm)	C.S.A (mm ²)	F _y (kN)	F _u (kN)	YIELD STRENGTH (MPa)	TENSILE STRENGTH (MPa)	BREAKING
3.1	Good	24.88	5.96	148.28	35.00	43.50	236.04	293.36	Weld Metal
3.2	Good	24.90	5.94	147.91	31.50	36.40	212.97	246.09	Weld Metal
3.3	Good	24.91	5.95	148.20	32.00	35.50	215.92	239.53	Weld Metal
3.4	Good	24.92	5.95	148.27	35.00	43.00	236.05	290.01	Weld Metal
3.5	Good	24.89	5.96	148.34	32.00	35.50	215.72	239.31	Weld Metal

Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity.

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Head of the Laboratory
 Ships Strength and Construction



Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng, Ph.D
 NIP. 19590505 198403 1 012



REPORT ON TEST RESULT NO. : 1099.3/IT2.4.I.1/PM.05.02/2014

Page 2 of 3

DATE : October 17, 2014
 ORDER FROM : BPK. IMAM KHOIROFIK
 TEST STANDARD : BKI - Th. 2010
 MATERIAL SPEC. : Butt Welded Plate AL 6063 to Plate AL 5083
 : A170 V22
 THICKNESS : 6 mm to 6 mm
 WELDING PROCESS : GMAW
 WELDING POSITION : 1G
 PROJECT NAME : TESIS

2. CHARPY V-NOTCH IMPACT TEST							
TEST PIECE CODE		LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICKNESS AT NOTCH (mm)	TEMPERATURE (°C)	ENERGY	
						(JOULE)	Average
3 W1	Weld Metal	55.01	5.01	8.00	27	10.00	11.20
3 W2	Weld Metal	55.21	5.00	8.00	27	12.00	
3 W3	Weld Metal	55.10	5.02	8.00	27	11.00	
3 W4	Weld Metal	55.09	5.01	8.00	27	12.00	
3 W5	Weld Metal	55.07	5.00	8.00	27	11.00	
3 H1	HAZ at AL 6063	55.05	5.01	8.00	27	15.00	14.00
3 H2	HAZ at AL 6063	55.07	5.01	8.00	27	13.00	
3 H3	HAZ at AL 6063	55.21	5.00	8.00	27	15.00	
3 H4	HAZ at AL 6063	55.15	5.00	8.00	27	13.00	
3 H5	HAZ at AL 6063	55.06	5.02	8.00	27	14.00	
3 F1	FL at AL 6063	55.31	5.00	8.00	27	9.00	10.80
3 F2	FL at AL 6063	55.19	5.00	8.00	27	12.00	
3 F3	FL at AL 6063	55.16	5.00	8.00	27	12.00	
3 F4	FL at AL 6063	55.19	5.00	8.00	27	12.00	
3 F5	FL at AL 6063	55.16	5.00	8.00	27	9.00	

Equipment: Charpy Impact Testing Machine "Otto Wolpert-Werke GMBH, PW-15"

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Head of the Laboratory
 Ships Strength and Construction



Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng, Ph.D
 NIP. 19590505 198403 1 012



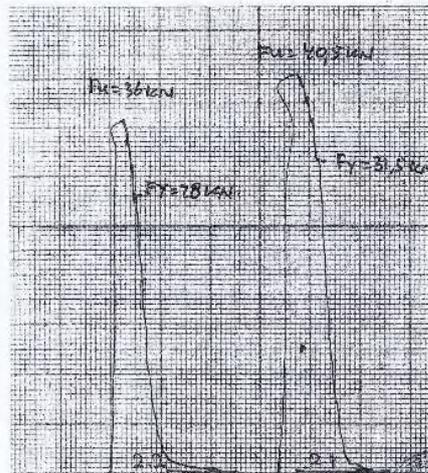
ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W - Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933

REPORT ON TEST RESULT NO. : 0498/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

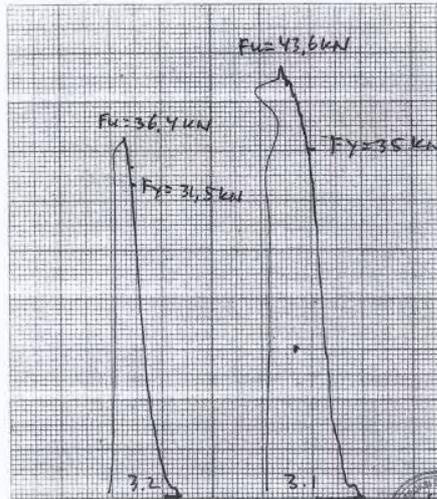
Page 2 of 2

The Graphic of Tensile Test



REPORT ON TEST RESULT NO. : 0499/IT2.4.I.1/PM.05.02/2014
Page 2 of 2

The Graphic of Tensile Test



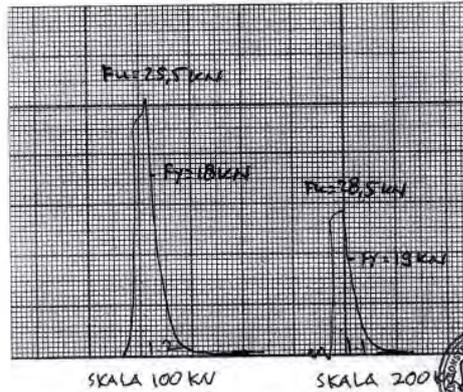
SKALA 100 KN



REPORT ON TEST RESULT NO. : 0497/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

Page 2 of 2

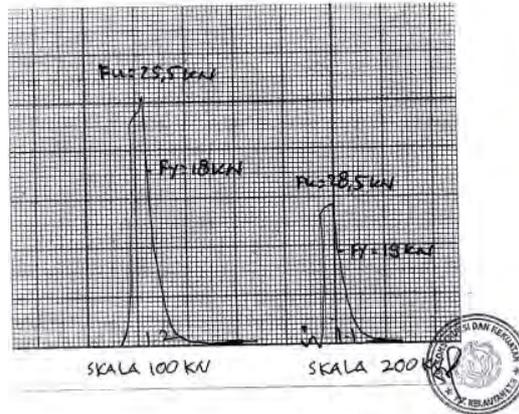
The Graphic of Tensile Test



REPORT ON TEST RESULT NO. : 0497/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

Page 2 of 2

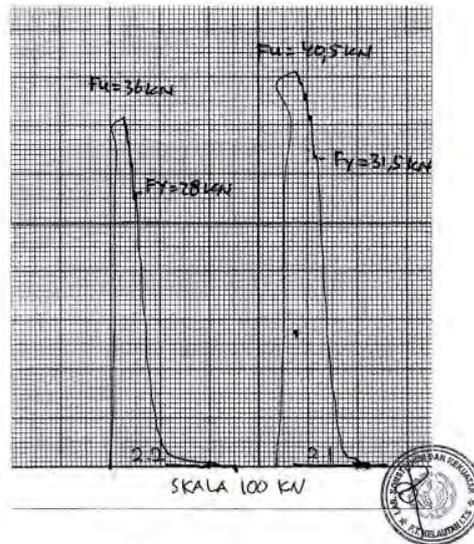
The Graphic of Tensile Test



REPORT ON TEST RESULT NO. : 0498/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

Page 2 of 2

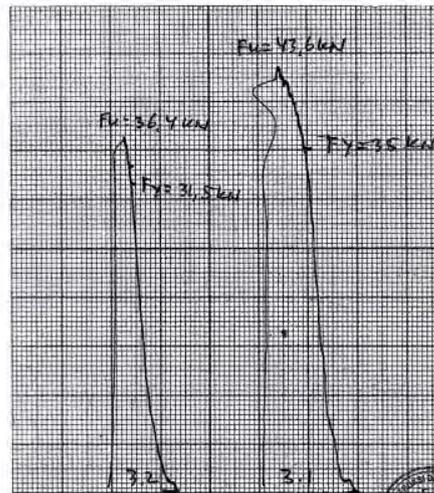
The Graphic of Tensile Test



REPORT ON TEST RESULT NO. : 0499/IT2.4.1.1/PM.05.02/2014

Page 2 of 2

The Graphic of Tensile Test





DET NORSKE VERITAS
INSPECTION CERTIFICATE OF MATERIALS

- DNV certificate according to Classification Rules
 3.1 C according to ISO 10474/EN 10204

Product 32 pcs aluminium plates 5 X 2200 X 9000 mm 24 pcs aluminium plates 6 X 2200 X 9000 mm	Total mass 15261 kgs
Manufacturer ELVAL S.A. INOFITA / GREECE	Manufacturer's order No. 9969
Purchaser EMPIRE RESOURCES - AUSTRALIA	Purchaser's order No. ER-2781-P/R108717
Destination/Supplementary information FREMANTLE	

MATERIAL SPECIFICATION	
Material standard and grade DNV - Rules for Ships Pt.2, Sec. 9 NV 5083 H321	Any additional requirements

SPECIFIED MECHANICAL PROPERTIES									
TENSILE PROPERTIES			CHARPY V-NOTCH IMPACT PROPERTIES						
Specimen type, dimensions	Yield point R _{eL} or R _{p0.2} N/mm ²	Tensile strength R _m N/mm ²	Elongation A ₅ %	Reduction of area Z %	Orientation L or T	Test Temp °C	Width of test piece mm	Energy, J. min.	
								Single	Average
Flat	min.215	305-380	min.12						

Remarks

SPECIFIED CHEMICAL COMPOSITION										
Element	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Cr %	Zn %	Ti %	Al %	
Specific values (%)	max 0.40	max 0.40	max 0.10	0.40-1.06	4.0-4.9	0.05-0.25	max 0.25	max 0.15	Rest	

Remarks

Marking ELVAL, NV11003065, 5083 H118/H321,COILNR, HEAT NR, THICKNESS, ASTM B209	The material has been tested and inspected in the finished condition and are found to be in accordance with the above specification. (For test result, see overleaf)
The stamping is placed: INKJET MARKING ON ONE SIDE	If applicable state drawing number and approval date
	Piraeus, Greece Place
	2003-04-04 Date
	 ANDREAS PAGALOS Inspector

* Any person who has not been authorized by DNV Veritas shall not be permitted to sign this certificate or to issue any other document in connection with the services provided by DNV Veritas. The responsibility for the accuracy of the data and the validity of the signature of the signatory shall remain with the signatory. DNV Veritas shall not be liable for any loss or damage caused by the use of this certificate. DNV Veritas shall not be liable for any loss or damage caused by the use of this certificate. DNV Veritas shall not be liable for any loss or damage caused by the use of this certificate.



INSPECTION CERTIFICATE

Cert-No: 327A
DATE: 3/4/2003

CUSTOMER: EMPIRE RESOURCES(AUSTRALIA)

CUSTOMER'S ORDER: ER-2781-P/R108717

INV CERTIFICATE No. AM:1-1411

DESTINATION: FREEMANTLE

INVOICE ORDER: E9969

INVOICE NR: 32304

ALLOY: 5083 H116

WEIGHT: 18261 KGS

MARKING: ELVAL, NV11003065, 5083 H116/4321,
COIL NR, HEAT NR, THICKNESS, ASTM B209.

QUALITY ACCORDING TO DNV RULES AND ALL STANDARDS.

HEAT NR	COIL NR	PROCESS	SHEETS	DIMENSIONS (mm)	MECHANICAL PROPERTIES		
					R N/mm ²	R02 N/mm ²	A %
30270	030104401	HOT ROLLED	37	6.0000 x 2200.00 x 9000.00	350.8	240.6	13.0
30166	030046101	HOT ROLLED	12	6.0000 x 2200.00 x 9000.00	356.6	253.4	13.9
30282	030105302	HOT ROLLED	12	6.0000 x 2200.00 x 9000.00	329.5	246.1	15.6
SPECIFICATIONS					Min.	Max.	
					305.0	215.0	12.0

CHEMICAL ANALYSIS

HEAT NR	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
166	0.11	0.33	0.05	0.51	4.77	0.18	0.02	0.01
162	0.13	0.24	0.09	0.73	4.74	0.15	0.02	0.01
170	0.12	0.24	0.06	0.74	4.75	0.14	0.01	0.01
SPECIFICATIONS								
0.40 0.40 0.10 0.40 4.00 0.05								
Each : 0.05% max								
Total : 0.15% max								

we hereby certify that the material has been made by an approved process and has been satisfactorily tested in accordance with DNV Rules for Classification.

ELVAL S.A. QUALITY DEPARTMENT
11003065
3/4/2003

ELVAL S.A. QUALITY DEPARTMENT

P/P G. KALKANTZIS

TEST RESULTS

MECHANICAL PROPERTIES

Case No.	Test No.	TENSILE PROPERTIES			CHARPY V-NOTCH IMPACT PROPERTIES						
		Yield point R _{eL} or R _{eH} N/mm ²	Tensile strength R _m N/mm ²	Elon- gation %	Reduction of area Z %	Orien- tation L or T	Test temp °C	Width of test piece mm	Energy, J/mm ²		
								1	2	3	Ave
30270	1	238.04	349.45	13.5							
30270	2	243.59	351.53	12.9							
30270	3	245.60	351.76	12.4							
30270	4	235.30	350.01	13.1							
30270	5	240.82	351.30	12.9							
30166	6	266.67	365.63	13.1							
30166	7	247.42	354.17	12.9							
30166	8	247.15	357.59	14.7							
30166	9	252.27	357.15	14.3							
30166	10	250.19	359.00	12.8							
30166	11	256.57	358.28	15.8							
30262	12	246.92	331.98	15.2							
30262	13	251.44	331.26	13.1							
30262	14	241.65	326.01	16.9							
30262	15	244.74	326.11	17.1							

Remarks

Test Nos 1-5 : Coil No 030104401/ Case Nos: 51-54

Test Nos 6-11 : Coil No 030046101/ Case Nos: 50-51

Test Nos 12-15 : Coil No 030105302/ Case Nos: 42 & 52

CHEMICAL COMPOSITION

Test No.	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Cr %	Zn %	Ti %	Al %
30270	0.12	0.24	0.08	0.74	4.76	0.14	0.01	0.01	Rest
30166	0.11	0.33	0.06	0.61	4.77	0.19	0.02	0.01	Rest
30262	0.13	0.24	0.09	0.73	4.74	0.15	0.02	0.01	Rest

Remarks

Corrosion Test acc. to ASTM G66: Pitting degree C

Heat treatment (state temperatures, °C)

DT ROLLED

Non-destructive testing

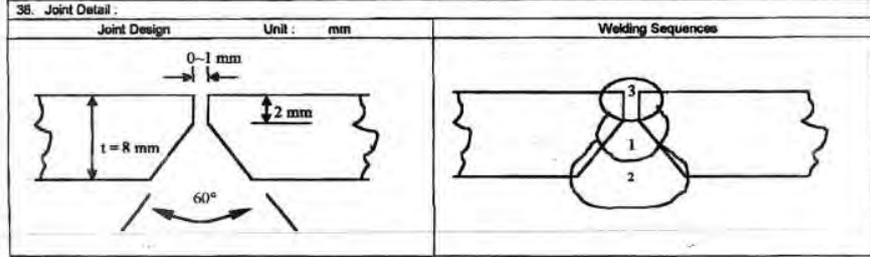
ADDITIONAL INSPECTION

* Independent of inspection

**WELDING PROCEDURE SPECIFICATION
(WPS)**

1. Company's Name	: FT. PAL INDONESIA (PERSERO)	8. Examiner of Test Body	: BIRU KLASIFIKASI INDONESIA
2. WPS No.	: 120	9. Date	: SEPTEMBER 15, 2003
3. Revision No.	: 0	10. Type	: MANUAL
4. Welder's Name	: DJUMADI / 103231022	(<input type="checkbox"/> Automatic <input checked="" type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Machine or Semi-Auto)	
5. Joint Type	: BUTT WELDS		
6. Reference Code	: BKI RULES, VOL. VI		
7. Welding Process	: COMB. MIG + TIG		

Joint		Filler Metal	
11. Joint Design	: V GROOVE (CJP)	25. Classification	: AWS.A5.10ER 5183 (TIG / MIG)
12. Backing Yes / No	: NONE	26. Trade Name	: SAFRA
13. Backing Material	: NONE	27. Wire Size	: ϕ 1,2 (MIG) & ϕ 3,2 (TIG)
Base Metals		28. Consumable Insert	: -
14. Specification	: E5.46/AL Mg 4,5 Mn/5083	Technique	
15. Plate Thickness	: 6 mm	29. String / Weave	: WEAIVING
16. Type Grade	: -	30. Single / Multipass	: MULTIPASS
17. Plate Thickness Range	: 3 - 12 mm	31. Single / Multi Elect	: MULTI ELECTRIC
18. Pipe outside dia Range	: -	32. Interpass Cleaning	: BRUSHING
19. Preheat Temp	: NONE	33. Back Cleaning	: GRINDING + BRUSHING
20. Interpass Temp	: 40 - 65°C	Gas	
21. PWHT	: NONE	34. Shielding Gas(es)	: ARGON
Position		Percent Composition (mixture)	
22. Position	: 3 G (VERTICAL)	35. Flow Rate	: 20 lt / ml
23. Welding Progression	: SEE JOINT DETAIL	36. Flux	: -
24. Current Type	: - DC + (MIG) - AC (TIG)	37. Other	: -

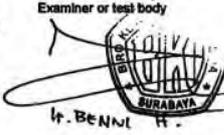


Welding Details

Run	Process	Size of Filler Metal	Current A	Voltage V	Type of Current Polarity	Travel Speed mm / minute	Heat Input KJ/mm ²
1.	MIG	ϕ 1,2 mm	115 - 150	15 - 25	DC +	200 - 400	0,25 - 1,12
2.	MIG	ϕ 1,2 mm	115 - 150	15 - 25	DC +	200 - 400	0,25 - 1,12
3.	TIG	ϕ 3,2 mm	150 - 200	15 - 25	AC	35 - 70	1,9 - 8,5

Manufacturer: **PT. PAL INDONESIA (PERSERO)**

T. HERU PU DJOWANTORO

Examiner or test body: 
H. BENNI H.

Date: **OKTOBER 10, 2003** Date: **NOV. 5 2003**

SERTIFIKAT KALIBRASI
CALIBRATION CERTIFICATE

Nomor : 3-09-15 - 0286
Number

ALAT

Equipment

1. Nama Name	: Mesin Uji Impak Charpy	2. Kapasitas Capacity	: 150 Joule
3. Tipe/Model Type/Model	: PW 15	4. Nomor Seri Serial Number	: 1822/ 829
5. Merek/Buatan Manufacture	: Wolpert/ Germany	6. Ukuran Dalam Internal Dimension	
7. Pengontrol Suhu Temperature Control		8. Lain-lain Other	

PEMILIK

Owner

1. Nama Name	: LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KECUATAN JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS
2. Alamat Address	: Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya

STANDAR

Standard

1. Nama Name	: Proving Ring No : 7364, Stop Watch No : SW01-X001, Mistar Ukur No : 30/MU/97, Jangka Sorong No : E7641, Alat Ukur Sudut No : 180-907, Dial Gauge No : 06576
2. Ketelusuran Traceability	: Hasil kalibrasi yang dilaporkan tertelusur kesatuan pengukuran SI melalui Poslit KIM-LIFI, Serpong, LK-052-IDN, LK-001-IDN

TANGGAL DITERIMA

Date of acceptance

: 15 April 2015

TANGGAL KALIBRASI

Date of Calibration

: 16 April 2015

KONDISI LINGKUNGAN KALIBRASI

Environment condition of Calibration

: Suhu udara : 29.4 - 29.6 °C

LOKASI KALIBRASI

Location of Calibration

: Lab Uji Konstruksi dan Kekuatan Kapal, Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya

METODA KALIBRASI

Calibration method

: PC-309-02

ACUAN

Reference

: IS EN 10045-2 : 1993, Charpy impact test on metallic materials, Method for the verification of impact testing machines, ISO 148-2:2008

HASIL KALIBRASI DAN KETIDAKPASTIAN KALIBRASI

Result of Calibration and uncertainty of Calibration

(Terlampir)

(Attached)

DITERBITKAN TANGGAL : 27 April 2015



Halaman 1 dari 2

Keterangan : 1. Laboratorium ini di akreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN) No. LK-022-IDN.
2. Dilarang memproduksi sertifikat ini tanpa izin tertulis dari B4T kecuali secara keseluruhan.
3. Hasil kalibrasi ini tidak untuk diumumkan dan hanya berlaku untuk alat yang bersangkutan.

LAMPIRAN SERTIFIKAT KALIBRASI
Attachment of Calibration Certificate

Nomor : 3-09-15-0266
Number

1. HASIL KALIBRASI
Calibration of Result

METODA LANGSUNG

URAIAN	Daerah Ukur = 0-150 Joule			
	PEMERIKSAAN		SYARAT	
Sudut Jatuh (°)	160,00		-	
Sudut Pemukul (°)	30,0		30 ± 1	
Pergeseran Bantalan (mm)	Arah Samping	Arah Radial	Arah Samping	Arah Radial
	0,12	0,03	maks 0,25	maks 0,03
Lokasi Pendulum (mm)	0,2		maks 0,5 mm	
Momen Joule	77,351		-	
Energi Potensial Joule				
100%	150,04	150 ± 1,50		
80%	120,03	120 ± 1,20		
70%	105,03	105 ± 1,05		
60%	90,02	90 ± 0,90		
50%	75,02	75 ± 0,75		
40%	60,02	60 ± 0,60		
30%	45,01	45 ± 0,45		
20%	30,01	30 ± 0,30		
10%	15,00	15 ± 0,15		
Pusat Perkusi (m)	0,787	0,80 ± 0,0007		
Kecepatan Impak (m/s)	5,5	5,0 - 5,5		
Energi yang diserap Joule	-149,99	-150	± 1,50	
Kerugian Gesekan Joule	-0,04	Maks	0,75	
Ketidakpastian (%)	± 0,25			

Keidakpastian yang dilaporkan adalah ketidakpastian bentangan dengan tingkat kepercayaan 95%, dan k = 2



- Keterangan : 1. Dilarang memproduksi sertifikat ini tanpa izin tertulis dari B4T kecuali secara keseluruhan.
2. Hasil kalibrasi ini tidak untuk diumumkan dan hanya berlaku untuk alat yang bersangkutan.

SERTIFIKAT KALIBRASI
CALIBRATION CERTIFICATE

Nomor : 3-09-15 - 0204
Number

ALAT

Equipment

1. Nama Name	Mesin Uji Universal	2. Kapasitas Capacity	300 kN
3. Tipe/Model Type/Model	UPD-20	4. Nomor Seri Serial Number	: 8877
5. Merek/Buatan Manufacture	: MFL System/ Germany	6. Ukuran Dalam Internal Dimension	: -
7. Pengontrol Suhu Temperature Control	: -	8. Lain-lain Other	: -

PEMILIK

Owner

1. Nama Name	: LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS
2. Alamat Address	: Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya

STANDAR

Standard

1. Nama Name	: Proving Ring No.Seri : 7368, Calibrating Box No.Seri : 2950
2. Ketelusuran Traceability	: Hasil kalibrasi yang dilaporkan tertelusur kesatuan pengukuran SI melalui Pusat KIM-LIPI, Serpong

TANGGAL DITERIMA

Date of acceptance

13 April 2015

TANGGAL KALIBRASI

Date of Calibration

: 16 April 2015

KONDISI LINGKUNGAN KALIBRASI

Environment condition of Calibration

: Suhu udara : 29.2 - 29.4 °C

LOKASI KALIBRASI

Location of Calibration

: Lab.Uji Konstruksi dan Kekuatan Kapal, Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya

METODA KALIBRASI

Calibration method

: PC-309-07

ACUAN

: BS EN ISO 7500 : 2004 : Metallic materials, verification of static uniaxial testing machines - Part 1: tension / compression testing machines.

Reference

HASIL KALIBRASI DAN KETIDAKPASTIAN KALIBRASI

Result of Calibration and uncertainty of Calibration

(Terlampir)

(Attached)

DITERBITKAN TANGGAL : 27 April 2015

Halaman 1 dari 5



Keterangan :

1. Dilarang memproduksi sertifikat ini tanpa izin tertulis dari BAT kecuali secara keseluruhan
2. Hasil kalibrasi ini tidak untuk diumumkan dan hanya berlaku untuk alat yang bersangkutan.

LAMPIRAN SERTIFIKAT KALIBRASI
Attachment of Calibration Certificate

Nomor : 3-05-15-0284
Number

1. HASIL KALIBRASI
Calibration of Result

Posisi : Tekan
Position : Compression

Resolusi Relatif		: 0,25 %			
<i>Relative of Resolution</i>					
Kesalahan nol; relatif		: 0,0 %			
<i>Relative Error of zero</i>					
Julat Ukur Range (kN)	Penunjukan Mesin Indicated by Machine (kN)	Penunjukan Standard Indicated by Standard (kN)	Kesalahan Relatif <i>Relative of Error</i>		Ketidakpastian Pengukuran Uncertainty (%)
			Ketelitian Accuracy (%)	Mampu Ulang Repeatability (%)	
0 - 200	20	19,82	0,91	0,15	± 0,33
	40	39,63	0,93	0,13	
	80	79,76	0,30	0,19	
	100	99,12	0,89	0,19	
	120	118,97	0,87	0,17	
	160	159,24	0,48	0,13	
	190	189,04	0,51	0,10	

*) Ketidakpastian yang dilaporkan adalah ketidakpastian bentangan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan faktor cakupan k=2



Halaman 2 dari 3

- Keterangan 1. Dilarang memproduksi sertifikat ini tanpa izin tertulis dari B4T kecuali secara keseluruhan.
2. Hasil kalibrasi ini tidak untuk diumumkan dan hanya berlaku untuk alat yang bersangkutan.

LAMPIRAN SERTIFIKAT KALIBRASI
Attachment of Calibration Certificate

Nomor : 3-09-15-0284
Number

1. HASIL KALIBRASI
Calibration of Result

Posisi : Tekan
Position : Compression

Resolusi Relatif		: 0,20 %			
<i>Relative of Resolution</i>					
Kesalahan nol; relatif		: 0,0 %			
<i>Relative Error of zero</i>					
Julat Ukur <i>Range</i>	Penunjukan Mesin <i>Indicated by Machine</i>	Penunjukan Standard <i>Indicated by Standard</i>	Kesalahan Relatif <i>Relative of Error</i>		Ketidakpastian Pengukuran <i>Uncertainty</i> *)
			Ketelitian <i>Accuracy</i>	Mampu ulang <i>Repeatability</i>	
(kN)	(kN)	(kN)	(%)	(%)	(%)
0 - 100	10	9,86	1,42	0,10	± 0,35
	20	19,92	0,40	0,15	
	40	39,66	0,86	0,08	
	50	49,53	0,95	0,08	
	60	59,64	0,60	0,25	
	80	79,60	0,50	0,24	
	90	89,45	0,61	0,18	

*) Ketidakpastian yang dilaporkan adalah ketidakpastian bentangan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan faktor cakupan k=2



Halaman 3 dari 5

Keterangan : 1. Dilarang memproduksi sertifikat ini tanpa izin tertulis dari B4T kecuali secara keseluruhan.
2. Hasil kalibrasi ini tidak untuk diumumkan dan hanya berlaku untuk alat yang bersangkutan.

LAMPIRAN SERTIFIKAT KALIBRASI
Attachment of Calibration Certificate

Nomor : 3-09-15-0284
Number

1. HASIL KALIBRASI
Calibration of Result

Posisi : Tekan
Position : Compression

Resolusi Relatif		: 0,20 %		Relative of Resolution	
Kesalahan nol; relatif		: 0,0 %		Relative Error of zero	
Julat Ukur Range (kN)	Penunjukan Mesin Indicated by Machine (kN)	Penunjukan Standard Indicated by Standard (kN)	Kesalahan Relatif Relative of Error		Ketidakpastian Pengukuran Uncertainty (%)
			Ketelitian Accuracy (%)	Mampu ulang Repeatability (%)	
0 - 40	5	5,05	-0,99	0,20	± 0,29
	10	9,97	0,30	0,20	
	15	14,97	0,20	0,20	
	20	19,92	0,40	0,10	
	25	24,85	0,60	0,12	
	30	29,71	0,98	0,17	
	35	34,71	0,84	0,12	
	38	37,70	0,80	0,08	

*) Ketidakpastian yang dilaporkan adalah ketidakpastian bentangan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan faktor cakupan k=2



- Keterangan 1. Dilarang memproduksi sertifikat ini tanpa izin tertulis dari B4T kecuali secara keseluruhan.
2. Hasil kalibrasi ini tidak untuk diumumkan dan hanya berlaku untuk alat yang bersangkutan.

LAMPIRAN SERTIFIKAT KALIBRASI
Attachment of Calibration Certificate

Nomor : 3-09-15-0284
Number

1. HASIL KALIBRASI
Calibration of Result

Posisi : Tekan
Position : Compression

Resolusi Relatif		:	0,10 %		
<i>Relative of Resolution</i>					
Kesalahan nol; relatif		:	0,0 %		
<i>Relative Error of zero</i>					
Julat Ukur Range (kN)	Penunjukan Mesin Indicated by Machine (kN)	Penunjukan Standard Indicated by Standard (kN)	Kesalahan Relatif <i>Relative of Error</i>		Ketidakpastian Pengukuran Uncertainty (%)
			Ketelitian Accuracy (%)	Mampu ulang Repeatability (%)	
0 - 20	2	2,01	-0,50	0,50	± 0,42
	4	3,97	0,76	0,50	
	8	7,98	0,25	0,13	
	10	9,93	0,70	0,10	
	12	11,90	0,84	0,17	
	16	15,90	0,63	0,13	
	18	17,87	0,73	0,11	

*) Ketidakpastian yang dilaporkan adalah ketidakpastian bentangan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan faktor cakupan k=2

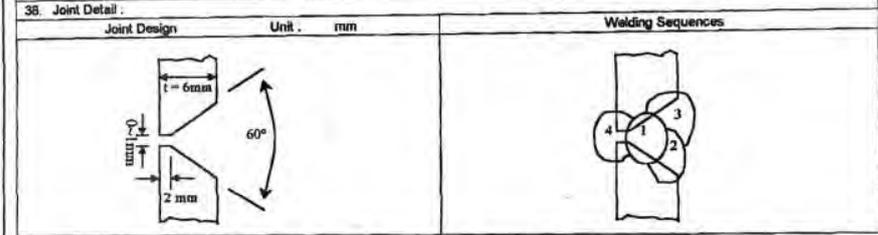


Keterangan 1. Dilarang memproduksi sertifikat ini tanpa izin tertulis dari B4T kecuali secara keseluruhan.
2. Hasil kalibrasi ini tidak untuk diumumkan dan hanya berlaku untuk alat yang bersangkutan.

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

1. Company's Name : PT. PAL INDONESIA (PERSERO)	8. Examiner of Test Body : BIRO KLASIFIKASI INDONESIA
2. WPS No. : 119	9. Date : SEPTEMBER 15, 2003
3. Revision No. : 0	10. Type : MANUAL
4. Welder's Name : KAMID / 103831092	(<input type="checkbox"/> Automatic <input checked="" type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Machine or Semi-Auto)
5. Joint Type : BUTT WELD	
6. Reference Code : BKI RULES, VOL. VI	
7. Welding Process : COMB. MIG + TIG	

Joint 11. Joint Design : V GROOVE (CJP) 12. Backing Yes / No : NONE 13. Backing Material : NONE Base Metals 14. Specification : E5.45/AL Mg 4,5 Mn/5083 15. Plate Thickness : 6 mm 16. Type Grade : - 17. Plate Thickness Range : 3 - 12 mm 18. Pipe outside dia Range : - 19. Preheat Temp : NONE 20. Interpass Temp : 40 - 65°C 21. PWHT : NONE Position 22. Position : 2 G (HORIZONTAL) 23. Welding Progression : SEE JOINT DETAIL 24. Current Type : DC + (MIG) AC (TIG)	Filler Metal 25. Classification : AWS.A5.10ER 5183 (TIG / MIG) 26. Trade Name : SAFRA 27. Wire Size : Ø 1,2 (MIG) & Ø 3,2 (TIG) 28. Consumable Insert : - Techniques 29. String / Weave : WEAVING 30. Single / Multipass : MULTIPASS 31. Single / Multi Elect. : MULTI ELECTRIC 32. Interpass Cleaning : BRUSHING 33. Back Cleaning : GRINDING + BRUSHING Gas 34. Shielding Gas(es) : ARGON Percent Composition (mixture) 35. Flow Rate : 20 l / mt 36. Flux : - 37. Other : -
---	--



Welding Details							
Run	Process	Size of Filler Metal	Current A	Voltage V	Type of Current Polarity	Travel Speed mm / minute	Heat Input Kj/mm ²
1.	MIG	Ø 1,2 mm	115 - 150	15 - 25	DC+	200 - 400	0,25 - 1,12
2.	MIG	Ø 1,2 mm	115 - 150	15 - 25	DC+	200 - 400	0,25 - 1,12
3.	MIG	Ø 1,2 mm	115 - 150	15 - 25	DC+	200 - 400	0,25 - 1,12
4.	BACK GRINDING + BRUSHING						
	TIG	Ø 3,2 mm	160 - 200	15 - 25	AC	35 - 70	1,9 - 8,5

Manufacturer T. HERU PUJOWANTORO	PT. PAL INDONESIA (PERSERO) MANUFACTURING DIVISION MANUFACTURING SHIPBUILDING PT. PAL INDONESIA (PERSERO) JI. PABUK KASRI, NO. 10 SURABAYA	Examiner or test body W. BEN
Date: 06/09/2003		Date: 06/09/2003

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Lastono (2015), "Pengaruh Variasi Arus terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Kekuatan Sambungan pada Proses Pengelasan Aluminium dengan Metode MIG", Tesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Anderson T, (1995), "Fracture Mechanics Fundamental and Applications", second edition Texas Department of Mechanical engineering Texas A & M University College Station.
- ASTM International, (1997), "ASTM Metals Handbook Volume 02 - Properties And Selection Nonferrous Alloys And Special Purpose".
- ASTM International, (2000), "ASTM Metals Handbook Volume 17 - Nondestructive Evaluation And Quality Control".
- Barbosa, C. (2006), "A Microstructural Study of Flash Welded and Aged 6061 and 6013 Aluminum Alloys" *Materials Characterization* 57 (187–192).
- Bayer and Hall-Heroult Process, (2008), "Unsur-unsur Paduan Aluminium",
- Biro Klasifikasi Indonesia (2012), Vol.VI.
- Budiarsa, I. N. (2008), "Pengaruh Besar Arus Pengelasan dan Kecepatan Volume Alir Gas pada Proses Las GMAW Terhadap Ketangguhan Aluminium 5083", *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM* Vol. 2 No. 2, Desember 2008 (112 – 116).
- Foret,R, Zlamal,B., dan Sopousek, J., (2006) "Structural Stability of Dissimilar Weld between Two Cr-Mo-V Steel", *Supplement to the Welding Journal*.
- Hartomo. A.J. (1992), "Komposit Metal", Cetakan Ke-1, Andi Offset, Yogyakarta.
- Howard, Cary, B. (1989), "Modern Welding Technology", second edition, Prentice Hall International, Inc. Engewood. New Jersey.
- Muku, I Dewa Made Krishna (2009), Kekuatan Sambungan Las Aluminium Seri 1100 dengan Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG)", *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM* Vol. 3 No. 1, April 2009 (11 – 17).
- Mutombo Kalenda (2011), "Corrosion Fatigue Behaviour of Aluminium 5083-H111 Welded Using Gas Metal Arc Welding Method".
- Paik, J.K. (2007), "Characteristics of welding induced initial deflections in welded aluminum plates", *Thin-Walled Structures* 45 (493–501).

- Rianto, (2011), “Laporan survie kapal FPB 36 BC 300001 PT PAL INDONESIA”.
- Rowe, M.D., Nelson,T.W., dan Lippold,J.C., (1999), “Hydrogen-Induced Cracking along the Fusion Boundary of Dissimilar Metal Welds”, ”, Supplement to the Welding Journal.
- Salim dan Triyono, (2012), “Kekuatan Tarik dan Geser dengan Pengelasan Resistance Spot Welding (RSW) antara Baja Karbon Rendah dengan Aluminium, Teknik Mesin UNS.
- Sun, X., E.V Stephens, M. A, Khaleel, H. Shao, and M, Kimchi, (2004), “ Resistance Spot Welding of Aluminium Alluy to Steel with Transition Material-From Process to Performance-Part I” : Experimental Welding Journal, 188s-189s.
- Trethewey. K. R., dan Chamberlain. J., (1991), “Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan”, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wiryoemarto Harsono dan Okumura Toshie, (2000), “Teknologi Pengelasan Logam”, Pradnya Paramita, Bandung.
- Yudo, H., (2008), “Pengaruh Penggunaan Gas Pelindung Terhadap Kekuatan Sambungan, Butt pada Material Kapal Aluminium 5083”.

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS



Imam Khoirofik, nama lengkap penulis. Penulis dilahirkan di Sidoarjo pada 01 Januari 1973. Penulis merupakan anak kedua dari 5 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat SDN 1 Kramat Jegu pada pagi hari, MI (Madrasah Ibtidaiyah) Islamiyah Kramat Jegu pada siang harinya, kemudian melanjutkan ke SMPN 1 Taman dan STMN Perkapalan Sidoarjo, lulus pada tahun 1994 (ikatan dinas) langsung bekerja di PT PAL INDONESIA.

Pada tahun 1997 penulis mendapatkan beasiswa perusahaan, Kuliah di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya PPNS (D3) ITS Surabaya pada jurusan Teknik Permesinan Kapal. Kembali bekerja pada tahun 2000, pada tahun 2008 penulis melanjutkan S1 di Universitas Muhammadiyah Surabaya di Fakultas Teknik Program studi/Jurusan Teknik Perkapalan. Penulis diikutkan training-training perusahaan, Pelatihan Dokumentasi dan Aplikasi ISO 9000 (2000), Leadership for Future Organization (2000), Welding Inspector (2002), Assessor Pengelasan (2004), Hull Inspection Seminar (2005), ESQ Leadership Profesional (2005), Assessor Logam dan Mesin Indonesia (CCWA-039/12/05) (2005), Training Perkembangan Teknologi Las (2008), Welding Engineer (IWS) (2009), Seminar Welding Matallurgy For Non-Metallurgyst (2009) dan Pembekalan Kesadaran Bela Negara (DITJEN POTHAN KEMHAN, 2014). Pada program magister Penulis mengambil bidang Studi Rekayasa Perkapalan Konstruksi Kapal dengan spesialis Material Kapal. Selama masa studi di ITS penulis mendapat Tugas Negara ke Korea Selatan Training Kapal Selam, selama satu tahun (2014-2015). Penulis juga menjadi Seketaris II Pengurus Asosiasi Pengelasan Indonesia Propvinsi Jawa Timur (001/API-IWS/PRES/SK CAB/2014-2019), Pengurus Persatuan Insinyur Indonesia (PII) Wilayah Provinsi Jawa Timur dan Ketua Yayasan Sosial Madrasah Ibtidaiyah Kramat Jegu Sidoarjo. Penulis juga tercatat sebagai dosen D1 Pengelasan di PPNS ITS Surabaya.

Email: rofik197313@gmail.com