



TUGAS AKHIR–VM 180629

PENGARUH LAJU ALIRAN (*FLOWRATE*) GAS ARGON PADA PENGELASAN GTAW DENGAN FILLER ER 5356, MATERIAL ALUMINIUM HOLLOW 6061 T6 PADA SASIS NOGOGENI DENGAN TANPA INJEKSI GAS ARGON PADA BAGIAN DALAM HOLLOW

**ANOGA TOMAS AMILINO
NRP. 102116 000 000 75**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Hari Subiyanto, M,Sc
NIP. 19600623 198803 1 002**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



TUGAS AKHIR-VM 180629

PENGARUH LAJU ALIRAN (*FLOWRATE*) GAS ARGON PADA PENGELASAN GTAW DENGAN FILLER ER 5356, MATERIAL ALUMINIUM HOLLOW 6061 T6 PADA SASIS NOGOGENI DENGAN TANPA INJEKSI GAS ARGON PADA BAGIAN DALAM HOLLOW

**ANOGA TOMAS AMILINO
NRP. 102116 000 000 75**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Hari Subiyanto, M,Sc
NIP. 19600623 198803 1 002**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



FINAL PROJECT-VM 180629

**COMPARATIVE FLOWRATE GAS ARGON
WELDING GTAW WITH FILLER ER 5356,
ALUMINIUM 6061 T6 CHASSIS OF NOGOGENI
WITHOUT INJECTION ARGON ON INSIDE
HOLLOW**

**ANOGA TOMAS AMILINO
NRP. 102116 000 000 75**

**Conselor Lecturer :
Ir. Hari Subiyanto, M,Sc
NIP. 19600623 198803 1 002**

**INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT
FACULTY OF VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

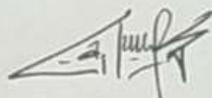
PERYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Anoga Tomas Amilino
NRP : 10211600000075
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin Industri
Fakultas : Vokasi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (TA) yang saya tulis ini benar – benar tulisan saya dan bukan merupakan hasil plagiasi. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan TA ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi – ITS

Surabaya, Januari 2020
Yang membuat pernyataan,



Anoga Tomas Amilino
10211600000075

LEMBAR PENGESAHAN

“PENGARUH LAJU ALIRAN (*FLOWRATE*) GAS ARGON PADA PENGELASAN GTAW DENGAN FILLER ER 5356, MATERIAL ALUMINIUM HOLLOW 6061 T6 PADA SASIS NOGOGENI DENGAN TANPA INJEKSI GAS ARGON PADA BAGIAN DALAM HOLLOW”

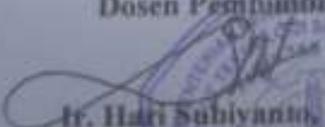
TUGAS AKHIR

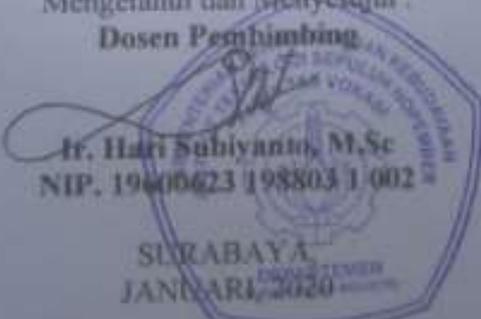
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Bidang Studi Teknik Pengelasan
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ANOGA TOMAS AMILINO
NRP. 10211600000075

Mengetahui dan Menyetujui :
Dosen Pembimbing


Ir. Hari Subiyanto, M.Sc
NIP. 19600623 198803 1 002


SURABAYA
JANUARI 2020

ABSTRAK

Pada perlombaan Shell Eco-Marathon Asia (SEM-A) tahun 2018 pada kategori Urban Concept Battery Electric yang diselenggarakan di Sepang Malaysia. Mobil NOGOGENI ini didesain, disimulasi dan dibuat sendiri oleh mahasiswa – mahasiswi tim NOGOGENI ITS. Pada saat perlombaan mobil NOGOGENI mengalami Cracking pada sambungan las bagian sasis.

Sasis merupakan hal terpenting dalam pembuatan mobil, karena sasis harus memiliki stabilitas dan mampu menopang semua beban yang ada pada kendaraan, sehingga diperlukan pengelasan yang benar pada sambungan sasis agar tidak terjadi cracking pada sambungan las ketika mobil diberi beban. Material sasis yang digunakan adalah aluminium alloys hollow 6061 T6 dan filler ER 5053 dengan diameter 1,6 mm yang digunakan dengan jenis las GTAW. Pada penelitian ini gas yang digunakan yaitu gas argon. *Flowrate* yang digunakan yaitu 15cfh, 25cfh, 35cfh. Elektroda yang digunakan yaitu tungsten murni dengan diameter 1,6 mm dan arus yang digunakan 28 Ampere

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan nilai rata – rata uji tarik yang diperoleh pada variasi 15cfh sebesar 117,61 Mpa, pada variasi 25cfh sebesar 118,73 Mpa, sedangkan pada variasi 35cfh sebesar 118,94 Mpa. Pada hasil uji NDT ketika menggunakan *flowrate* yang rendah terdapat cacat pada lasan.

Kata Kunci : Pengelasan GTAW, NDT (Non Destructive Testing), Uji Tarik, Mobil NOGOGENI.

ABSTRACT

At the 2018 Shell Eco-Marathon Asia (SEM-A) competition in the Urban Concept Battery Electric category which was held in Sepang Malaysia. This NOGOGENI car was designed, simulated and made by students - the ITS NOGOGENI team arrangement. At the time of the race car NOGOGENI replaced Cracking on the chassis connection welding connection.

The chassis is the most important thing in making a car, because the chassis must have the ability and be able to sustain all the burden on the vehicle, so that the correct welding of the chassis connection is needed to avoid cracking at the welding compilation connection of the car being loaded. The basic materials used are hollow aluminum alloy 6061 T6 and ER 5053 fillers with a diameter of 1.6 mm which are used with GTAW welding types. In this study the gas used is argon gas. Flowrate used is 15cfh, 25cfh, 35cfh. The electrodes used were pure tungsten with a diameter of 1.6 mm and the current used was 28 Amperes

Based on the results that have been done the average value of the tensile test obtained at a variation of 15cfh of 117.61 MPa, at a variation of 25cfh of 118.73 MPa, while at a variation of 35cfh of 118.94 MPa. In the NDT test results the compilation uses a low flowrate for weld defects.

Keywords: GTAW Welding, NDT (Non Destructive Testing), Tensile Test, NOGOGENI Car.

Kata Pengantar

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala karunia dan kelancaran yang diberikan pada pengerjaan Tugas Akhir ini yang berjudul : **“PENGARUH LAJU ALIRAN (*FLOWRATE*) GAS ARGON PADA PENGELASAN GTAW DENGAN FILLER ER 5356, MATERIAL ALUMINIUM HOLLOW 6061 T6 PADA SASIS NOGOGENI DENGAN TANPA INJEKSI PADA BAGIAN DALAM HOLLOW”**.

Penyelesaian Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan akademis dan memperoleh gelar Ahli Madya dalam menempuh pendidikan Bidang Studi Manufaktur di program Studi D3 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Dalam terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara moral maupun materi, yakni:

1. Bapak Ir. Syamsul Hadi, MT.. . Selaku dosen wali yang telah membimbing dan mengarahkan selama menempuh perkuliahan di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
2. Bapak Hari Subiyanto, M.Sc. Selaku dosen pembimbing tugas akhir di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS
3. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. Selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
4. Bapak Ir. Suhariyanto, MT. Selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
5. Para Dosen Penguji selaku dosen yang memberikan kritik, saran, serta masukan yang

sangat bermanfaat untuk penyempurnaan tugas akhir ini.

6. Seluruh Dosen dan Karyawan yang telah banyak membimbing penulis dalam menggali ilmu di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
7. Bapak Komarul Huda dan Ibu Rita Indriana selaku orang tua yang selalu memberikan restu, doa serta dukungan moral maupun materil untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Seluruh teman-teman angkatan 2015, 2016 dan 2017, baik teknis maupun nonteknis.
9. Patner tugas akhir: Guntara Setiawan
10. Seluruh teman-teman Warga Angkatan 2016 yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis. Terima kasih atas segala kritik, saran serta motivasi yang telah kalian berikan.
11. Semua pihak yang belum disebutkan di atas yang telah memberikan do'a, bantuan, dan dukungannya bagi penulis hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Surabaya, 2 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii

BAB I

PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metode Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan	4

BAB II

DASAR TEORI	7
2.1 Pengelasan.....	7
2.2 Variable Proses Las GTAW	7
2.3 Gas Tungsten Arc Welding (GTAW).....	10
2.4 Bagian - Bagian Las GTAW	16
2.5 Gas Argon Pada Las GTAW	20
2.6 Logam Pengisi	21
2.7 Tungsten Elektroda GTAW.....	22
2.8 Sambungan Pengelasan	23
2.9 Posisi Pengelasan	24
2.10 Heat Input	25
2.11 Sifat Mekanik Material.....	26

2.12 Logam Induk	27
2.12.1 Alamunium Alloy T6	29
2.13 NDT (<i>Non Destructive Test</i>).....	33
2.13.1 Radiografi	33
2.14 Uji Tarik (Tensile Test)	36

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1. Flow Chart Penelitian	37
3.2. Waktu Pelaksanaan	39
3.3. Langkah Kerja.....	39
3.3.1 Persiapan Material	39
3.3.2. Persiapan Alat Pengelasan	42
3.4. Pengelasan.....	43
3.4.1 Proses Pengelasan	43
3.5. Pengambilan Data	45
3.5.1. Pengujian NDT	45
3.5.2 Pengujian Tarik	45

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Parameter Pengelasan	47
4.2 Analisis Data Hasil Pengujian.....	48
4.2.1 Pengujian NDT Radiografi	48
4.2.2 Pengujian Kekuatan Tarik	49
4.3 Pembahasan Hasil Pengujian	52
4.3.1 Hasil Uji NDT Radiografi.....	52
4.3.2 Hasil Uji Tarik	53

BAB V

PENUTUP	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengaruh Travel Speed	8
Gambar 2.2 Pengelasan GTAW	11
Gambar 2.3 Tiga Jenis Arus Listrik	12
Gambar 2.4 Bentuk Ujung Tip Elektroda Untuk Berbagai Sumber tenaga.....	14
Gambar 2.5 Pengasahan Sudut Tip	15
Gambar 2.6 Bagian – Bagian Las GTAW.....	16
Gambar 2.7 Welding Tournch.....	17
Gambar 2.8 Flowmeter dan Regulator	18
Gambar 2.9 Macam – Macam Sambungan Pada Las.....	23
Gambar 2.10 Posisi Pengelasan 1G.....	24
Gambar 2.11 Posisi Pengelasan 2G.....	24
Gambar 2.12 Posisi Pengelasan 3G.....	24
Gambar 2.13 Posisi Pengelasan 4G.....	25
Gambar 2.14 Diagram Al-MgSi.....	33
Gambar 2.15 Uji Radiografi.....	33
Gambar 2.16 Macam – Macam Panjang Gelombang.....	34
Gambar 3.1 Flowchart Diagram.....	38
Gambar 3.2 Mesin Gerinda Tangan	39
Gambar 3.3 Alat Las GTAW	39
Gambar 3.4 Helm Welding	40
Gambar 3.5 Kikir Tangan	40
Gambar 3.6 Sarung Tangan	40
Gambar 3.7 Masker Las	41
Gambar 3.8 Apron Las	41
Gambar 3.9 Penggaris Siku.....	41
Gambar 3.10 Safety Shoes	42
Gambar 3.11 Alumunium Alloy Hollow 6061 T6	42
Gambar 3.12 Tungsten Murni (Hijau) diameter 1,6 mm.....	42
Gambar 3.13 Filler ER 5356 Diameter 1,6 mm	43
Gambar 3.14 Gas Argon Tipe B	43
Gambar 3.15 Proses Pengelasan.....	44
Gambar 3.16 Hasil Pengelasan	44
Gambar 3.17 Stadarisasi Benda Uji Tarik.....	45
Gambar 3.18 Alat Uji Tarik	46

Gambar 4.1 Hasil Spessimen 15cfh Setelah Diuji Tarik	50
Gambar 4.2 Hasil Spesimen 25cfh Setelah Diuji Tarik.....	50
Gambar 4.3 Hasil Spesimen 35cfh Setelah Diuji Tarik.....	50
Gambar 4,4 Grafik Rata – Rata Uji Tarik	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Struktur Kimia ER 5356	22
Tabel 2.2 Spesifikasi Tungsten Elektroda GTAW	23
Tabel 2.3 Komposisi Kimia Alumunium Alloy 6061	31
Tabel 2.4 Sifat Mekanik Alumunium	32
Tabel 4.1 Parameter Pengelasan.....	47
Tabel 4.2 Heat Input.....	48
Tabel 4.3 Hasil Data Uji NDT.....	48
Tabel 4.4 Data Hasil Uji Tarik	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada perlombaan Shell Eco-Marathon Asia (SEM-A) tahun 2018 pada kategori Urban Concept Battery Electric yang di selenggarakan di Sepang Malaysia. Mobil NOGOGENI ini didesain, disimulasi dan dibuat sendiri oleh mahasiswa – mahasiswi tim NOGOGENI ITS. Pada saat perlombaan mobil NOGOGENI mengalami Cracking pada sambungan las bagian sasis.

Sasis merupakan hal terpenting dalam pembuatan mobil, karena sasis harus memiliki stabilitas dan mampu menopang semua beban yang ada pada kendaraan, sehingga diperlukan pengelasan yang benar pada sambungan sasis agar tidak terjadi cracking pada sambungan las ketika mobil diberi beban.

Sambungan las yang digunakan pada pembuatan sasis mobil NOGOGENI merupakan jenis las GTAW dengan bahan alumunium alloys hollow 6061 T6 tebal 1 mm dengan filler ER 5053.

Penelitian dilakukan dengan bahan dan filler yang sama yaitu alumunium alloys hollow 6061 T6 dan filler ER 5053 dengan variasi laju aliran (*flowrate*) gas argon (15cfh, 25cfh, 35cfh) dengan pengelasan GTAW (*gas tungsten arc welding*), tanpa injeksi gas argon pada bagian dalam hollow pada proses pengelasan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang dibahas pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh hasil pengelasan dengan proses non injek gas argon pada bagian dalam hollow aluminium 6061 T6 dengan metode uji NDT (*non destructive testing*) Radiografi?
2. Bagaimana pengaruh laju aliran (*flowrate*) gas argon hasil pengelasan GTAW pada aluminium 6061 T6 pada nilai kekuatan tarik ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang dikaji dalam penulisan tugas akhir ini, maka harus diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Material yang digunakan homogen dan berbentuk hollow
2. Material yang digunakan adalah aluminium 6061 T6 dengan tebal 1mm
3. Arus listrik yang digunakan 28 A
4. Menggunakan proses pengelasan GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) dengan posisi 3G tanpa injeksi gas argon pada bagian dalam hollow
5. Elektrode tungsten yang digunakan wolfram murni (Hijau) diameter 1,6 mm
6. Filler yang digunakan adalah ER 5356 dengan diameter 1,6 mm
7. Pengujian yang dilakukan adalah Uji Tarik, Uji NDT (*non destructive testing*) Radiografi

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui cacat las dari proses pengelasan GTAW yang tidak diberikan injek gas argon pada bagian dalam hollow dengan variasi laju aliran (*flowrate*) gas argon yang berbeda (15cfh, 25cfh,

35cfh) dengan metode pengujian NDT (*non destructive testing*) Radiografi

2. Untuk mengetahui hasil kekuatan tarik dari pengelasan GTAW tanpa injeksi gas argon pada bagian dalam hollow dengan variasi laju aliran (*flowrate*) gas argon yang berbeda (15cfh, 25cfh, 35cfh).

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini, penulis mengharapkan manfaat dengan memberikan kontribusi pada dunia akademis dan praktisi tentang perbedaan laju aliran (*flowrate*) gas argon pada pengelasan GTAW, juga memberikan manfaat pada tim Nogogeni untuk perbandingan kedepannya.

1.6 Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah :

1. Studi Literatur
Untuk menambah wawasan perlu studi literatur dengan mempelajari buku – buku tentang pengelasan dan pengujian berupa uji tarik dan uji NDT.
2. Konsultasi dengan Dosen Pembimbing
Dalam melakukan penelitian ini penulis perlu mengadakan konsultasi atau diskusi dengan dosen pembimbing.
3. Observasi Data
Melakukan observasi data – data terkait pengelasan dan benda kerja melalui internet dan dari hasil pengamatan langsung dengan masalah yang dihadapi dilapangan.
4. Analisa Data
Menganalisa hasil pengujian NDT (*non destructive testing*) Radiografi dan uji tarik pada bagian Aluminium setelah dilakukan proses pengelasan yang

tanpa di injeksikan gas argon pada bagian dalam hollow dengan perbedaan laju aliran (*flowrate*).

5. Membuat Kesimpulan

Setelah menyelesaikan laporan penelitian dapat diambil kesimpulan tentang hasil dari proses dan analisa tersebut.

1.7 Sistem Penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran jelas tugas akhir, diantaranya :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk mencapai tujuan tugas akhir ini.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Bab ini berisi metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi alat dan bahan, serta langkah proses pengujian – pengujian yang dilakukan.

BAB IV HASIL PENELITIAN

Bab ini akan dijelaskan dengan data yang diperoleh dari percobaan atau pengujian yang dilakukan, serta analisa tentang hasil – hasil yang telah diperoleh selama percobaan dilakukan, pembahasan mengenai hubungan antara hasil percobaan dengan teori yang telah ada, dan berbagai macam analisa penunjang lain yang diberikan.

BAB V PENUTUP

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran – saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.

DAFTAR PUSAKA

Berisi tentang referensi – referensi yang terkait dengan materi pembahasan berupa buku, jurnal tugas akhir terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

LAMPIRAN

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengelasan

Pengelasan (*Welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan. Proses penyambungan ini banyak digunakan pada industri manufaktur seperti konstruksi, konstruksi perpipaan, pembuatan mesin, peralatan pabrik, dll.

Proses pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan dan memperlihatkan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta kegunaan disekitarnya. Pada waktu ini pengerjaan pengelasan sangat dibutuhkan dalam bidang produksi.

2.2 Variable Proses Las GTAW

Variable utama pada pengelasan GTAW adalah tegangan busur (*arc length*), arus pengelasan, kecepatan pengelasan (*travel speed*), dan gas lindung. Jumlah energi yang dihasilkan oleh busur sebanding dengan arus dan tegangan, sedangkan jumlah bahan las yang diposisikan persatuan panjang berbanding terbalik dengan kecepatan gerak pengelasan.

1. Tegangan Busur

Tegangan yang diukur antara elektroda tungsten dengan bahan induk biasanya disebut tegangan busur.

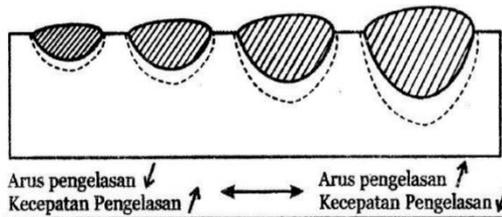
Tegangan busur ini sangat tergantung pada hal – hal sebagai berikut (Sriwidharto, 2006) :

- a. Jarak antara elektroda tungsten dengan bahan induk
- b. Bentuk ujung elektroda tungsten
- c. Arus busur
- d. Jenis gas lindung

Tegangan arus dipengaruhi oleh variable lainnya, dan digunakan untuk menjelaskan prosedur las karena mudah diukur. Karena variable lainnya seperti gas lindung, elektroda dan jenis arus telah ditentukan sebelumnya, maka tinggal tegangan busur saja yang digunakan untuk mengedalikan panjang busur merupakan variable yang sulit dipantau.

2. Kecepatan Pengelasan

Kecepatan pengelasan mempengaruhi lebar jalur las dan kedalaman penetrasi GTAW dan juga berpengaruh pada biaya. Pada beberapa aplikasi, kecepatan pengelasan dipandang sebagai obyekif bersama dengan variable lainnya dipilih untuk mendapatkan konfigurasi las yang yang dikehendaki pada kecepatan tertentu.



Gambar 2.1 Pengaruh *Travel speed* Terhadap Penetrasi dan Lebar Lajur Las

3. Pengumpulan Kawat Las

Cara pengumpulan kawat las ke dalam kolam las menentukan jumlah lajur yang terproduksi dan tampak luarnya. Pada mesin las GTAW yang otomatis, kecepatan pengumpulan kawat las menentukan bahan tambahan las yang terdoposisi persatuan panjang sambungan las. Mengurangi kecepatan pengumpulan akan memperdalam penetrasi dan meratakan bentuk permukaan (*contour*) lajur las. Pengumpulan kawat las yang terlalu lambat cenderung akan menghasilkan *undercut* (luruhnya sisi kampuh), retak sumbu lajur dan kekurangan pengisian (*lack of joint fill*). Pengumpulan yang cepat akan mendangkalkan penetrasi dan menyebabkan bentuk lajur cembung (*convex*).

4. Arus Busur

Secara umum dapat dikatakan bahwa arus pengelasan menentukan penetrasi las karena berbanding langsung atau paling tidak secara eksponensial. Arus busur juga mempengaruhi tegangan. Jika voltasenya tetap maka arus bertambah. Karenanya untuk mempertahankan panjang busur pada kepanjangan tertentu, perlu untuk mengubah penyetyelan tegangan manakala arus disetel.

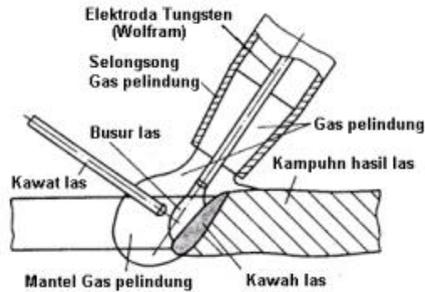
GTAW dapat menggunakan arus searah maupun arus bolak balik. Pemelihan arus tergantung pada jenis bahan yang akan dilas. Arus searah dengan elektroda pada bagian negatif dapat menghasilkan penetrasi yang cukup dalam dan kecepatan yang cukup tinggi. Pada pengelasan GTAW gas pelindung yang banyak digunakan adalah gas argon. Gas argon merupakan merupakan pemilihan pengelasan GTAW secara manual baik dengan menggunakan arus searah maupun arus bolak balik, ada kemungkinan

pemilihan arus searah dengan elektroda pada bagian positifnya. Proses ini hanya digunakan dalam kondisi khusus saja, karena polaritas seperti ini akan menyebabkan *over heating* pada elektroda.

2.3 Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

Las GTAW disebut juga las argon karena penggunaannya menggunakan gas argon sebagai pelindungnya atau las TIG yang mempunyai kepanjangan Tungsten Inert Gas. Las GTAW adalah sebuah proses pengelasan busur listrik yang menggunakan elektroda tak terumpan atau tidak ikut mencair. Pada pengelasan GTAW ini elektroda atau tungsten ini hanya berfungsi sebagai penghasil busur listrik saat bersentuhan dengan benda kerja, sedangkan untuk logam pengisi adalah filler rod.

Proses pengelasan menggunakan gas lindung untuk mencegah terjadinya oksidasi pada bahan las yang panas. Untuk menghasilkan busur nyala yang tidak terkonsumsi terbuat dari logam tungsten atau paduannya yang bertitik lebur sangat tinggi. Busur nyala dihasilkan dari arus listrik melalui konduktor dan mengionisasi gas pelindung. Busur terjadi antara ujung 'elektroda tungsten' dengan bahan induk. Panas yang dihasilkan busur langsung mencairkan logam induk dan juga logam las yang berupa rod (kawat las). Pencairan kawat las dilaksanakan di ujung kawat las sambil proses pengelasan berjalan. Penggunaan kawat las tidak selalu dilaksanakan, jika hanya dipandang perlu sebagai logam penambah.



Gambar 2.2 Pengelasan GTAW

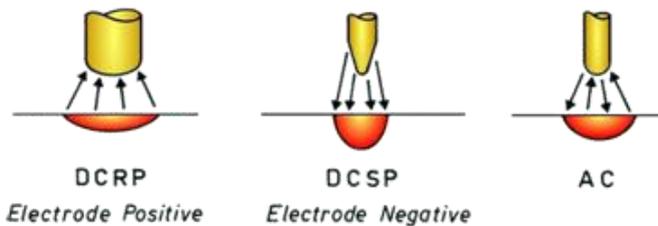
Las listrik TIG (Tungsten Inert Gas = Tungsten Gas Mulia) menggunakan elektroda wolfram yang bukan merupakan bahan tambah. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda wolfram dan bahan dasar merupakan sumber panas, untuk pengelasan. Titik cair elektroda wolfram sedemikian tingginya sampai 3410°C , sehingga tidak ikut mencair pada saat terjadi busur listrik.

Tangkai listrik dilengkapi dengan nosel keramik untuk menyembur gas pelindung yang melindungi daerah las dari luar pada saat pengelasan. Sebagian bahan tambah dipakai elektroda tanpa selaput yang digerakkan dan didekatkan ke busur yang terjadi antara elektroda wolfram dengan bahan dasar. Sebagai gas pelindung dipakai gas inert seperti argon, helium atau campuran dari kedua gas tersebut yang pemakaiannya tergantung dari jenis logam yang akan dilas.

Sumber listrik GTAW dapat menggunakan generator AC maupun DC. Ciri khas generator jenis AC yaitu merupakan kombinasi antara *cleaning* dengan penetrasi medium dan mencegah elektrode tungsten *overheating*. Penggunaan arus DC dibedakan menjadi dua yaitu polaritas lurus (*Direct Current Straight Polarity*) dan polaritas balik (*Direct Current Reserve*)

Polarity). Gambar berikut menunjukkan perbedaan penggunaan jenis arah aliran listrik yang digunakan dalam pengelasan.

DCSP, dua pertiga konsentrasi panas pada benda kerja, sedangkan untuk DCRP, dua pertiga konsentrasi panas pada elektrode tungsten. Untuk AC, konsentrasi panas masing-masing setengah pada elektrode dan benda kerja. Konsentrasi panas ditimbulkan adanya benturan elektron pada benda kerja dan elektrode tungsten. DCSP menghasilkan penetrasi yang lebih dalam dibandingkan dengan AC tetapi tidak mengalami oxide cleaning. DCRP mengalami oxide cleaning, tetapi penetrasi yang dihasilkan lebih dangkal daripada AC.



Gambar 2.3 Tiga Jenis Arus Listrik Pada Las GTAW

GTAW menggunakan elektrode tungsten. Elektrode tungsten dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Tipe tungsten murni
2. Tipe zirconium (paduan tungsten dengan zirconium)
3. Tipe thorium (paduan tungsten dengan thorium)

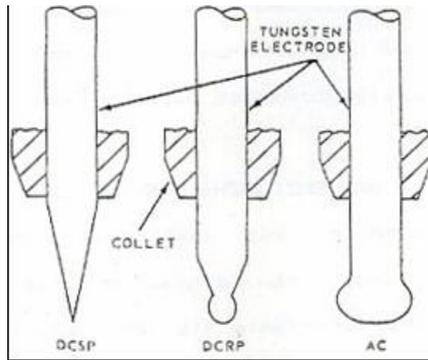
Cara pemilihan tipe elektrode dan jenis arus listrik yang dipakai (AC atau DC) disesuaikan dengan kebutuhan karena

untuk tiap jenis elektrode memiliki titik lebur dan konduktivitas listrik yang berbeda. Elektrode tipe tungsten murni sering digunakan untuk pengelasan dengan sumber tenaga DCSP (Direct Current Straight Polarity). Titik leburnya cukup tinggi, $\pm 4000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($6170\text{ }^{\circ}\text{C}$), sehingga sulit meleleh. Tetapi jika dibandingkan dengan dua tipe elektrode yang lain, titik leburnya lebih rendah. Jenis ini kurang baik karena masih memungkinkan terjadinya kontaminasi baik pada base metal maupun pada elektrode itu sendiri (low resistance to contamination). Elektrode tipe zirconium merupakan paduan tungsten dengan zirconium, dengan kandungan zirconium berkisar antara 0,3% – 0,5%. Titik leburnya $\pm 3800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($6872\text{ }^{\circ}\text{C}$). Elektrode tipe thorium merupakan paduan antara tungsten dengan thorium, dengan kandungan thorium 1% – 2%. Titik leburnya bisa mencapai $4000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sulit sekali kemungkinan terjadi kontaminasi.

Penambahan unsur thorium atau zirconium akan menaikkan titik leburnya, dan menaikkan konduktivitas listriknya, sehingga elektron yang dipancarkan lebih banyak, sehingga busur listrik yang ditimbulkan lebih stabil dan memudahkan permulaan (starting arc) penyalaan busur listrik. Selain itu kemungkinan terjadi kontaminasi pada logam las akibat tungsten cair sangat kecil. Hal tersebut dapat memperpanjang umur pakai elektrode pada pengoperasian arus listrik tinggi.

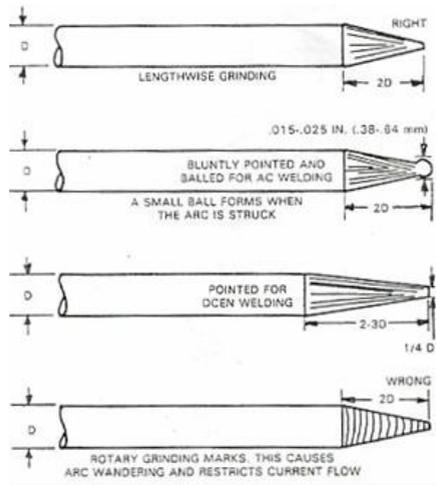
Selain faktor konduktivitas listrik, kestabilan busur listrik masih dipengaruhi oleh besar sudut tip elektrode, dan cara pengasahan. Kesalahan mengasah tipe elektroda akan menyebabkan busur listrik stabil dan melebar sedangkan kesalahan pemilihan besar sudut tip elektrode menyebabkan busur listrik tidak stabil atau ujung tip elektrode meleleh karena overheating. Pengasahan sudut tip elektrode yang terbaik

adalah arah pengasahan sejajar dengan panjang elektrode, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.4 Bentuk Ujung Tip Elektrode Untuk Berbagai Sumber Tenaga

Untuk pemakaian jenis arus listrik AC, bentuk ujung elektrode tungsten mendekati bulat. Hal ini berhubungan erat dengan konsentrasi panas yang timbul pada elektrode tungsten. Untuk pemakaian sumber tenaga DCSP bentuk ujung elektrode lancip. Gambar 2.6 memperlihatkan bentuk ujung elektrode untuk berbagai sumber tenaga pengelasan yang dipakai.



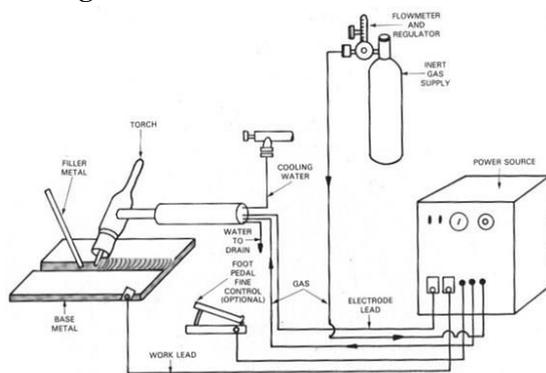
Gambar 2.5 Pengasahan Sudut Tip Elektrode Yang Benar Dan Salah

Fungsi utama dari gas pelindung adalah melindungi logam las dari kontaminasi udara luar, disamping itu juga sebagai fluida pendingin elektrode tungsten. Gas pelindung yang digunakan biasanya gas mulia yang sulit sekali bereaksi dengan udara luar. Tetapi kadang-kadang dipakai juga gas yang lain seperti Nitrogen (N_2), Oksigen (O_2), dan karbondioksida (CO_2). Gas pelindung yang biasanya digunakan pada GTAW adalah gas mulia Argon (Ar), Helium (He), atau campuran keduanya.

Argon adalah gas mulia yang stabil, sulit bereaksi dengan unsur lainnya. Argon sebagai gas pelindung membuat busur lebih stabil dan percikan berkurang. Argon lebih mudah mengion atau terionisasi dibandingkan dengan Helium, sehingga Argon dapat dianggap sebagai konduktor listrik. Konduktivitas panas Argon rendah, menyebabkan pengaliran panas melalui busur lambat. Oleh sebab itu sangat baik untuk pengelasan logam yang tipis.

Helium merupakan gas mulia yang tidak mudah bereaksi dengan unsur lainnya. Konduktivitas panas Helium lebih tinggi dari Argon, sehingga pemindahan panas melalui busur lebih besar, akibatnya Helium lebih cocok untuk proses pengelasan logam yang lebih tebal, dan logam yang mempunyai konduktivitas panas yang tinggi seperti : aluminium, tembaga, magnesium, dll. Tegangan busur lebih tinggi jika menggunakan Helium dan banyak terjadi percikan serta penetrasi yang dihasilkan dangkal.

2.4 Bagian – bagian las GTAW



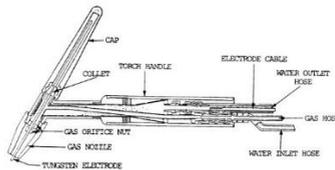
Gambar 2.6 Bagian – Bagian Las GTAW

1. Power Source.

Power Source merupakan sumber energi yang digunakan untuk menyalakan busur listrik pengelasan GTAW. Listrik yang berasal dari stop kontak dirubah oleh rangkaian transformer step up pada power source sehingga memiliki tegangan dan arus listrik yang cukup tinggi untuk digunakan mengelas. Output dari mesin las bisa bermacam – macam tergantung dari tipenya. Mesin las bisa menghasilkan listrik arus searah (Direct

Current), arus bolak – balik (Alternating Current), ataupun keduanya dengan hanya menekan tombol pada mesin las untuk mengganti jenis arus keluarannya. Khusus pada mesin las GTAW, ada beberapa fungsi tambahan seperti untuk regulator gas shielding dan kendali pada control pedal.

2. Welding Torch.



Gambar 2.7 Welding Torch

Welding Torch adalah bagian yang dikendalikan oleh welder pada saat pekerjaan pengelasan berlangsung. Torch khususnya untuk GTAW memiliki bagian yang cukup rumit jika dibandingkan proses lainnya yang cenderung lebih sederhana. Di bagian belakang, ada beberapa mekanisme inlet dan outlet. Seperti electrode cable yang membawa arus listrik dari mesin las, gas hose yang merupakan selang gas pelindung, water inlet and outlet hose yang berfungsi mensirkulasikan air untuk pendingin torch pada water-insulated torch. Selanjutnya ada torch handle yang berfungsi sebagai tempat pegangan welder dalam operasi pengelasan. Cap berfungsi untuk menutupi ujung elektroda yang biasanya terlalu panjang agar tidak ter ekspos ketika beraliran listrik karena bisa berbahaya apabila terjadi kontak arus pendek yang tidak diinginkan. Collet

berfungsi untuk menjepit elektroda agar tidak bergeser pada saat digunakan. Gas orifice nut adalah sebuah baut untuk menempatkan gas orifice yang berfungsi untuk menyemprotkan gas pelindung ke daerah kawah las. Gas nozzle berfungsi untuk mengarahkan semprotan gas agar terkumpul pada titik kawah las yang membutuhkan perlindungan gas. Tungsten electrode adalah elektroda tungsten yang digunakan untuk menyalakan busur, elektroda ini merupakan jenis elektroda tidak terumpan karena memiliki titik lebur yang lebih tinggi dari material yang di las dan hanya dipakai pada GTAW.

3. Flowmeter dan Regulator.



Gambat 2.8 Flowmeter dan Regulator

Flowmeter dan Regulator adalah bagian yang berfungsi untuk mengatur laju aliran gas dari silinder suplai. Selain katup buka tutup yang ada pada tabung suplai, regulator juga memiliki katup untuk mengatur tekanan kerja gas pelindung. Regulator juga dilengkapi dengan dua indikator yang masing – masing berfungsi untuk mengetahui tekanan kerja gas serta volume gas yang tersisa. Masih menjadi satu rangkaian terdapat flowmeter yang berfungsi untuk mengatur laju debit aliran gas. Untuk menentukan laju debit aliran gas

sendiri tergantung pada jenis gas, posisi pengelasan, dan kondisi sekitar pekerjaan pengelasan berangin atau tidak. Beberapa jenis regulator, khususnya pada regulator gas CO₂, dilengkapi dengan pemanas yang berfungsi untuk mencegah terbentuknya uap air akibat reaksi dengan udara di sekitarnya.

4. Inert Gas Supply.

Inert Gas Supply adalah tabung silinder yang berisi gas mulia (inert) yang digunakan untuk mensuplai kebutuhan gas pelindung kawat las. Tabung gas yang digunakan memiliki kapasitas beragam, mulai dari 1 m³ hingga 10 m³. Pada umumnya proses las GTAW memang menggunakan gas mulia argon. Akan tetapi gas mulia helium juga banyak digunakan apabila argon terlalu langka untuk digunakan. Pada beberapa kasus pengelasan GTAW juga menggunakan jenis gas aktif seperti karbon dioksida (CO₂) pada pengelasannya. Gas mulia yang biasa digunakan memiliki beberapa tingkatan kemurnian, yang paling umum adalah welding grade atau industrial grade, dengan standar kemurnian yang cukup. High purity grade memiliki kemurnian lebih tinggi dari industrial grade dan ultra-high purity memiliki tingkat kemurnian 99.99% menjadikannya memiliki tingkatan tertinggi dalam hal kemurnian.

5. Cooling Water.

Cooling Water berfungsi untuk mendinginkan torch agar tidak terlampau panas akibat pekerjaan las yang terus menerus. Karena pengelasan GTAW biasanya dilakukan secara terus menerus dengan panas yang dihasilkan oleh busur listrik bisa mencapai 3.000 °C

sehingga untuk mengurangi kerusakan pada torch beberapa model torch dilengkapi dengan mekanisme pendinginan. Untuk torch yang bermodel self-insulated atau air-insulated pendinginan berasal dari aliran udara dan gas pelindung. Tetapi untuk model water-insulated ada selang insulasi khusus yang masuk pada torch handle. Selang tersebut berfungsi untuk mensirkulasikan air agar panas pada torch bisa terdistribusikan melalui air yang mengalir tersebut.

6. Foot Pedal Fine Control.

Foot Pedal Fine Control adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengatur besar kecilnya arus yang digunakan pada saat pengelasan sedang berlangsung. Khusus pada pengelasan GTAW yang memang cenderung rumit, alat ini memiliki banyak kegunaan, seperti untuk membantu menyalakan busur listrik tanpa perlu melakukan kontak antara elektroda dengan logam induk dan untuk mencegah crater crack dengan mematikan busur listrik secara bertahap. Selain itu, untuk mencegah terjadinya cacat burn through dan lack of fusion biasanya welder akan memanfaatkan fungsi dari pedal ini.

2.5 Gas Argon pada Las GTAW

Peran gas argon pada GTAW sebagai *shielding gas* dari udara luar sekitarnya untuk mencegah proses oksidasi antara logam las dengan udara luar, selain melindungi logam las dari kontaminasi udara luar, gas lindung juga dapat mempengaruhi sifat busur, penetrasi dan profil jalur las, kecepatan las dan sifat mekanis bahan las

Pada suhu tinggi oksigen bereaksi dengan logam las menjadi oksida metal, oksigen juga bereaksi dengan karbon di dalam cairan logam las menjadi CO (karbon monoksida) dan

CO₂ (karbon dioksida). Proses bereaksinya cairan logam las dengan udara luar sekitarnya juga dapat menghasilkan berbagai macam cacat las, oleh karena itu unsur – unsur oksigen maupun nitrogen harus dijauhkan dari cairan logam las.

Argon (Ar) adalah gas inert yang monoatomik dengan berat molekul 40 yang dapat diperoleh dengan mencairkan udara. Digunakan untuk pengalasan yang merupakan gas argon murni (min 99,95 %) untuk metal yang tidak reaktif, namun untuk metal yang reaktif dan metal tahan panas, tingkat kemurniannya lebih tinggi (99,997 %).

2.6 Logam Pengisi (*Filler Rod*)

Filler Rod merupakan logam pengisi kampuh las (filler metal) atau kawat las pada proses las GTAW / TIG. Pemilihan bahan tambah TIG tergantung dari logam dasar (base metal) yang akan dilas. Biasanya filler rod dibuat dari logam yang komposisinya lebih unggul dibanding logam dasar. Mengingat dalam proses pengelasan ada beberapa unsur logam yang berkurang atau bertransformasi strukturnya sehingga berdampak pada pengurangan sifat-sifat mekanik logam. Sehingga filler metal harus dibuat komposisinya lebih unggul agar mampu mengatasi dampak-dampak tersebut diatas.

Ada banyak sekali bahan tambah las GTAW atau Las TIG, yang mana macamnya tergantung dari macam logam induk yang akan dilas. Untuk memudahkan pemilihan dan me-standarkan kebutuhan bahan tambah las GTAW maka dibuat kodefikasi. Kodefikasi bahan tambah las GTAW banyak sekali ragamnya, karena beberapa negara maju membuat standar di negaranya masing-masing. Contoh; Negara Amerika dengan AWS (American Welding Society)-nya, Negara Jerman dengan DIN (Deutsche Industri Norm)-nya, Negara Jepang dengan JIS (Japan Industrie Standard)-nya.

Batang pengisi untuk las TIG diberi umpan secara manual oleh tangan yang kedua sedangkan yang pertama memegang pembakar las (torch). Batang ini biasanya panjangnya 1 meter dan dikemas dalam kotak (atau tabung) 5 Kg dan 10 Kg. Diameter filler rod untuk las TIG tersedia dalam ukuran standar yaitu: 1.0, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4, 3.2, 4.0 dan 5.0 mm.

Untuk Mengelas Logam Aluminium Filler rod dengan kode ER4043 Digunakan untuk mengelas paduan aluminium seri 6000, bersama dengan sebagian besar paduan cor lainnya. Cocok digunakan untuk mengelas komponen otomotif seperti rangka , poros penggerak, dan rangka sepeda.

ER5356 Merupakan filler rod paduan aluminium magnesium yang baik digunakan untuk mengelas paduan aluminium cor dan tempa. Umumnya direkomendasikan untuk pengelasan paduan aluminium seri 5000 atau 6000 .

Tabel 2.1 Struktur Kimia ER 5356

Weld Metal Anlysis (%)	ER 5356
Silicon (Si)	0.25
Iron (Fe)	0.40
Copper (Cu)	0.10
Manganesse (Mn)	0.05 – 0.20
Magnesium (Mg)	4.5 – 5.5
Chromium (Cr)	0.05 – 0.20
Zinc (Zn)	0.10
Titanium (Ti)	0.06 – 0.20
Berylium (Be)	<0.0003
Others Each	0.05
Others Total	0.15
Alumunium	Remaider

2.7 Tungsten Elektroda Las GTAW

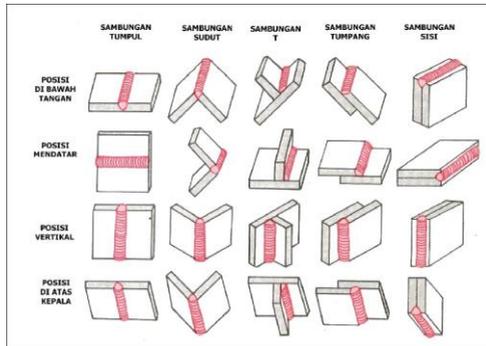
Dalam pemilihan tungsten elektroda las GTAW juga bermacam macam, pemilihan tersebut disesuaikan dengan jeni material yang digunakan. Oleh karena itu tidak boleh sembarangan dalam memilih tungsten agar hasil lasan yang dihasilkan dapat maksimal dan sesuai dengan standar pengelasan. Berikut ini spesifikasi dalam pemilihan Tungsten Elektroda Las GTAW.

Tabel 2.2 Spesifikasi Tugsten Electroda GTAW

Type	Color	Sizes (mm)	Features
<u>Pure Tungsten</u>	Green	0.8-15	Non-radioactive; suitable for AC welding of aluminum, magnesium, and their alloy
<u>Thoriated Tungsten</u>	Yellow	0.8-15	Excellent electron emission and overall performances; high current-carrying capacity; radioactivity; suitable for DC welding of carbon steel, stainless steel, nickel alloy and titanium alloy.
	Red	0.8-15	
<u>Lanthanum Tungsten</u>	Black	0.8-15	Non-radioactive; excellent electric conductivity and welding capacity; high current-carrying capacity; minimum ratio of burnt area; substitute for thoriated tungsten electrode; mainly used in DC welding.
	Golden	0.8-15	
	Yellow	0.8-15	
<u>Cerium Tungsten</u>	Blue	0.8-15	Non-radioactive; easier arc initiation under low current circumstances, and low arc-maintaining current; suitable for the welding of pipelines, small components and discontinuous welding.
	Pink	0.8-15	
	Orange	0.8-15	
<u>Yttrium Tungsten</u>	Grey	0.8-15	Non-radioactive; long and slim arc beam with high compression; deeper burning groove under medium and high current circumstances.
	Sky Blue	0.8-15	
<u>Compound Rare Earth Tungsten</u>	Cyan	0.8-15	Compound rare-earth tungsten electrode; different additives contributing to better performance of tungsten electrode

2.8 Sambungan Pengelasan

Jenis sambungan pada pengelasan sangat banyak macamnya, mulai dari sambungan Butt Joint atau sambungan tumpul, Sambungan T Joint atau sambungan Fillet, Sambungan sudut atau Corner Joint atau juga sambungan tumpang atau Lap Joint.

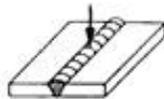


Gambar 2.9 Macam – Macam Sambungan Pada Las

2.9 Posisi Pengelasan

Pada proses pengelasan plat baja terdapat berbagai macam posisi. Adapun macam – macam posisi pengelasan pada plat antara lain :

1. Posisi Pengelasan 1G



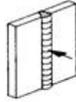
Gambar 2.10 Posisi Pengelasan 1G

2. Posisi Pengelasan 2G



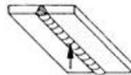
Gambar 2.11 Posisi Pengelasan 2G

3. Posisi Pengelasan 3G



Gambar 2.12 Posisi Pengelasan 3G

4. Posisi Pengelasan 4G



Gambar 2.13 Posisi Pengelasan 4G

2.10 Heat Input

Heat input adalah besarnya energi panas setiap satuan panjang las ketika sumber panas (yang berupa nyala api, busur listrik, plasma atau cahaya energi tinggi bergerak). Energi panas adalah hasil dari arus listrik (*Ampere*) tegangan (*Voltage*), koefisien las dan kecepatan pengelasan yang dikenal dengan *heat input*

$$\text{Heat input (HI)} = \frac{V \times I \times \eta}{s}$$

Dimana : HI = Masukan Panas (*Heat Input*)

I = Arus (*Ampere*)

V = Tegangan (*Volt*)

η = Efisiensi perpindahan panas

s = kecepatan pengelasan

2.11 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik adalah sifat yang menyatakan kemampuan suatu material atau komponen untuk menerima beban, gaya dan energi tanpa menimbulkan kerusakan pada material atau komponen tersebut. Beberapa sifat mekanik yang penting antara lain :

- a. Kekeyalan (*Elasticity*)
Merupakan kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan.
- b. Kekakuan (*Stiffness*)
Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk.
- c. Kekuatan (*Strenght*)
Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan meterial menjadi patah. Kekuatan dibagi dalam beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung.
- d. Kekerasan (*Hardness*)
Merupakan kemampuan ketahanan material untuk terhadap penekanan atau indentasi atau penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan ketahanan material terhadap penggoresan atau pengikisan.
- e. Kelelahan (*Fatigue*)
Merupakan kemampuan kecenderungan dari logam untuk menjadi patah bila menerima beban bolak – balik yang besarnya masih jauh dibatas kekakuan elastisnya.
- f. Keuletan (*Ductility*)

Merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.

g. Ketangguhan (*Toughness*)

Merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.

h. Melar (*Creep*)

Merupakan kemampuan kecenderungan suatu logam untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen bila pebebanan yang besarnya relatif tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi.

i. Plastisitas (*Plasticity*)

Merupakan kemampuan material untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen tanpa mengalami kerusakan

j. Kegetasan (*Brittleness*)

Merupakan kemampuan sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kegetasan ini merupakan suatu sifat pecah dari suatu material dengan sedikit pergeseran permanen.

2.12 Logam Induk

Logam induk atau *base metal* merupakan benda yang akan disambung pada proses pengelasan. Pada proses pengelasan *base metal* yang digunakan berupa aluminium paduan.

Aluminium paduan adalah paduan antara Si, Cu, Mg, Mn, Zn, Fe, Sc, Lt. Sifat kekuatan bahan paduan aluminium tidak hanya bergantung pada konsentrasi logam paduannya saja, tetapi juga bagaimana proses perlakuannya hingga

aluminium siap digunakan, apakah dengan penempaan, perlakuan panas, penyimpanan, dan sebagainya.

Aluminium dikenal sebagai logam yang ringan dan memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap korosi dan merupakan konduktor listrik yang baik. Kemajuan akhirakhir ini dalam teknik pengelasan busur listrik dengan gas mulia menyebabkan pengelasan aluminium dan paduannya menjadi berkembang di banyak bidang. Aluminium secara umum diklasifikasikan menjadi dua kategori yaitu :

Heat treatable alloy jenis paduan dapat ditingkatkan kekuatannya dengan cara perlakuan panas misalnya saja dengan cara pengerasan presipitasi (precipitation hardening). Jenis paduan Non-heat treatable alloy akan mengalami peningkatan kekuatan apabila paduan itu dikenai deformasi plastis atau pengerjaan dingin (cold working). Berat jenis aluminium hanya 2,7 ton/m³ , sehingga walaupun kekuatannya rendah tetapi strength to weight ratio masih lebih tinggi daripada baja, karena banyak digunakan pada konstruksi yang harus ringan, seperti alat transport, pesawat, kapal perang, dll. Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksid aluminium pada permukaan. Lapisan oksid ini melekat pada permukaan dengan kuat dan rapat serta sangat stabil (tidak bereaksi dengan lingkungannya) sehingga melindungi bagian sebelah dalam. Adanya lapisan oksid ini disatu pihak menyebabkan tahan korosi tetapi dipihak lain menyebabkan aluminium menjadi sukar dilas dan disolder (titik leburnya lebih dari 2000°C). Dalam sistem penomoran aluminium, sebagai contoh seri 1XXX berarti aluminium tersebut mempunyai kemurnian 99,0% atau lebih, sedangkan seri 2XXX sampai 8XXX adalah grup paduan aluminium dengan kandungan elemen paduan yang besar. Secara singkat cara pengidentifikasian aluminium ditunjukkan seperti di bawah :

1. 1XXX - aluminium dengan kemurnian 99%
2. 2XXX - aluminium-copper
3. 3XXX - aluminium-mangan
4. 4XXX - aluminium-silikon
5. 5XXX - aluminium-magnesium
6. 6XXX - aluminium-magnesium dan silikon
7. 7XXX - aluminium-zinc
8. 8XXX - aluminium-elemen lain

Pada grup 1XXX kemurnian aluminium paling sedikit 99,00% dan paling besar tergantung kepada dua angka terakhir yang terdapat pada grup paduan itu. Angka kedua menyatakan variasi elemen lain dalam batas-batas ketidak murnian. Apabila angka kedua nol (0) menyatakan bahwa tidak memerlukan kontrol khusus terhadap sifat-sifat khusus elemen lainnya. Angka satu (1) sampai sembilan (9) memerlukan kontrol khusus terhadap satu atau beberapa elemen lainnya. Paduan 1030 menyatakan kadar aluminium 99,30%, tanpa memerlukan kontrol khusus terhadap elemen lainnya. Begitu juga paduan 1075, 1175, dan 1275 kadar aluminium sama yaitu 99,75%. Pada grup paduan 2XXX sampai 8XXX, kedua angka terakhir tidak mempunyai arti, hanya menunjukkan perbedaan identitas dari paduan itu dalam perdagangan. Bila ada paduan baru dimodifikasi maka kedua angka terakhir mulai XX01 sampai XX09, angka kedua pada grup paduan menyatakan modifikasi paduan. Jika angka kedua dari paduan nol (0) berarti paduan itu paduan utama. Angka modifikasi itu dari angka 1 sampai 9.

2.12.1 Aluminium T6 6061

Aluminium alloy 6061 adalah paduan panas yang dapat dirawat dengan kekuatan sedang hingga tinggi dengan kekuatan lebih tinggi dari 6005A. Ini memiliki ketahanan korosi yang sangat baik dan kemampuan las yang sangat baik meskipun

kekuatannya berkurang di zona las. Ia memiliki kekuatan kelelahan sedang. Ini memiliki sifat formabilitas dingin yang baik di temper T4, tetapi sifat formabilitas terbatas di temper T6. Tidak cocok untuk penampang yang sangat kompleks.

Penunjukan temper mengikuti nomor penamaan cast atau tempa dengan tanda hubung, huruf, dan berpotensi nomor satu hingga tiga digit. 6061-T6.

1. T
Perlakuan panas untuk menghasilkan emosi yang stabil
2. T1 Didinginkan dari kerja panas dan penuaan alami (pada suhu kamar)
3. T2
Didinginkan dari kerja panas, kerja dingin, dan penuaan alami.
4. T3
Solusi dipanaskan dan dingin berhasil
5. T4
Solusi dipanaskan dan berumur alami
6. T5
Didinginkan dari kerja panas dan usia buatan (pada suhu tinggi)
7. T51
Stres lega dengan peregangan
8. T510
Tidak ada lagi pelurusan setelah peregangan
9. T511
Penegakan ringan setelah peregangan
10. T52
Stres dihilangkan dengan perawatan termal
11. T6

Larutan yang dirawat dengan panas dan dibuat secara buatan

12. T7

Solusi dipanaskan dan distabilkan

13. T8

Solusi dipanaskan, dikerjakan dengan dingin, dan dibuat secara buatan

14. T9

Larutan yang diberi perlakuan panas, umur buatan, dan dingin

15. T10

Didinginkan dari kerja panas, kerja dingin, dan usia buatan

Aplikasi paduan alloy 6061 biasanya digunakan untuk struktur

- Transportasi
- Ship building
- Truck frames
- Part sepeda
- Dan lain lain

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Alumunium Alloy 6061

Chemical Element	% Present
Manganese (Mn)	0.0 – 0.15
Iron (Fe)	0.0 – 0.70
Magnesium (Mg)	0.80 – 1.20
Silicon (Si)	0.40 – 0.80
Copper (Cu)	0.15 – 0.40

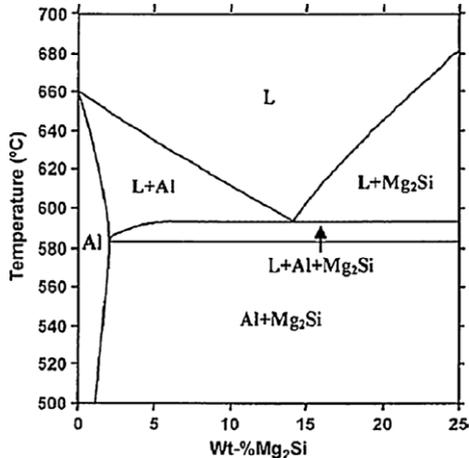
Zinc (Zn)	0.0 – 0.25
Titanium (Ti)	0.0 – 0.15
Chromium (Cr)	0.04 – 0.35
Other (Each)	0.0 – 0.05
Others (Total)	0.0 – 0.15
Alumuiium (Al)	Balance

Tabel 2.4 Sifat Mekanik Alumunium 6061

Sifat fisik dan mekanik	Keterangan
Massa Jenis (g/cm^3)	2700
Temperatur Melting ($^{\circ}\text{C}$)	660.2
Kekuatan Tarik (N/mm^2)	310
Perpanjangan (%)	25
Modulus Elastis ($\text{kgf/mm}^2 \times 10^2$)	70 – 80
Kekuatan Tekan (kgf/mm^2)	48
Kekuatan Geser (kgf/mm^2)	83

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 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.

Magnesium dan Silikon membentuk senyawa Mg_2Si (Magnesium Silisida) yang memberikan kekuatan tinggi pada paduan ini setelah proses heat treatment. Seri 6053, 6061, 6063 memiliki sifat tahan korosi sangat baik dari pada heat treatable aluminium lainnya.

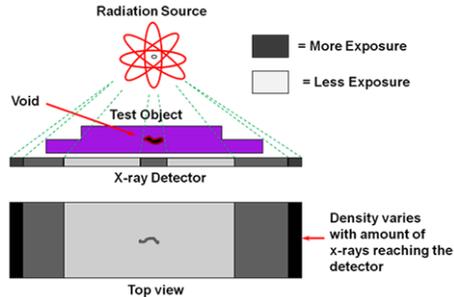


Gambar 2.14 Diagram Al-MgSi

2.13 NDT (*Non Destructive Testing*)

NDT (*Non Destructive Testing*) adalah sebuah pengujian dengan cara tidak merusak bahan. Pengujian ini dilakukan untuk menjaga material yang sedang digunakan masih aman untuk digunakan dan tidak mengalami kerusakan.

2.13.1 Radiografi



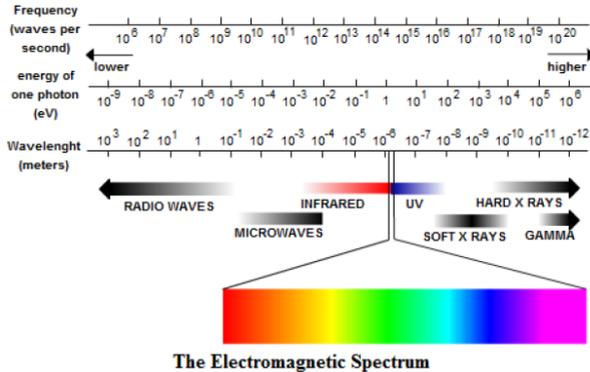
Gambar 2.15 Uji Radiografi

Yaitu metode pengujian dengan menggunakan sinar-x untuk mendapatkan gambaran pada bagian dalam komponen atau material uji. Prinsipnya hampir sama dengan sinar-x atau x-ray yang sering digunakan untuk tubuh manusia, hanya saja panjang gelombang yang dipakai berbeda (lebih pendek).

Pengujian radiografi umumnya dilakukan pada bidang teknik mesin, teknik elektro, teknik sipil dan lain – lain. Metode pengujian radiografi mengandalkan penggunaan radiasi. elektromagnetik, suara, dan sifat bahan untuk menguji.

Pada ilmu metalurgi, pengujian radiografi dilakukan untuk mengetahui cacat pada logam misalnya mendeteksi cacat dalam las, yaitu digunakan untuk mendeteksi diskoniuitas dalam struktur internal las, selain itu juga digunakan untuk mendeteksi porositas, inklusi, retak dan void pada lasan tersebut.

Uji radiografi dalam dunia teknik Intensitas dari radiasi yang masuk dan melewati material ditangkap oleh lapisan yang sensitive terhadap radiasi (*Film Radiography*) atau dengan susunan planer sensor radiasi sensitive (*Real-time Radiography*). Lapisan atau film radiografi merupakan metode tertua yang masih banyak digunakan pada *Non-Destructive Test*.



Gambar 2.16 Macam – Macam Panjang Gelombang

Pada *Radiographic Test*, benda atau bagian yang akan dilakukan inspeksi diletakkan diantara sumber radiasi dan *film* yang sensitif. Sumber radiasi berasal dari mesin *X-ray*. Bagian yang diinspeksi akan menahan radiasi yang ditembakkan berdasarkan perbedaan ketebalan benda tersebut.

Radiasi yang menembus benda inspeksi akan menghasilkan gambar seperti bayangan pada lembar *film*. Bayangan yang dihasilkan pada lembar *film* akan bervariasi tergantung dari jumlah radiasi yang menembus benda inspeksi dan mencapai lembar *film*. Bagian yang lebih gelap pada *film* menandakan intensitas radiasi yang tinggi, sedangkan pada bagian yang lebih terang menandakan intensitas radiasi yang rendah. Perbedaan gelap pada gambar dapat menunjukkan adanya cacat ataupun diskontinuitas pada bagian dalam benda inspeksi.

Adapun alat-alat dan material utama yang digunakan dalam pengujian radiografi yaitu:

1. *X-Ray Generators*

2. *Radio Isotop (Gamma-Ray) Sources*

3. *Radiographic Film*

2.14 Uji Tarik (Tensile Test)

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu material dengan cara memberikan gaya yang berlawanan arah dalam satu garis lurus. Hasil yang didapatkandari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis dengan bergerak secara lambat. Pemberian beban pada kedua arah sumbu diberi beban yang sama besarnya. Dimensi dan ukuran pada beban uji disesuaikan dengan standar baku pengujian.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat – sifat mekanis suatu material, sifat sifat mekanis yang dapat diketahui antara lain

- Kekuatan tarik
- Kuat luluh dari material
- Keuletan dari material
- Modulus elastic dari material
- Ketangguhan

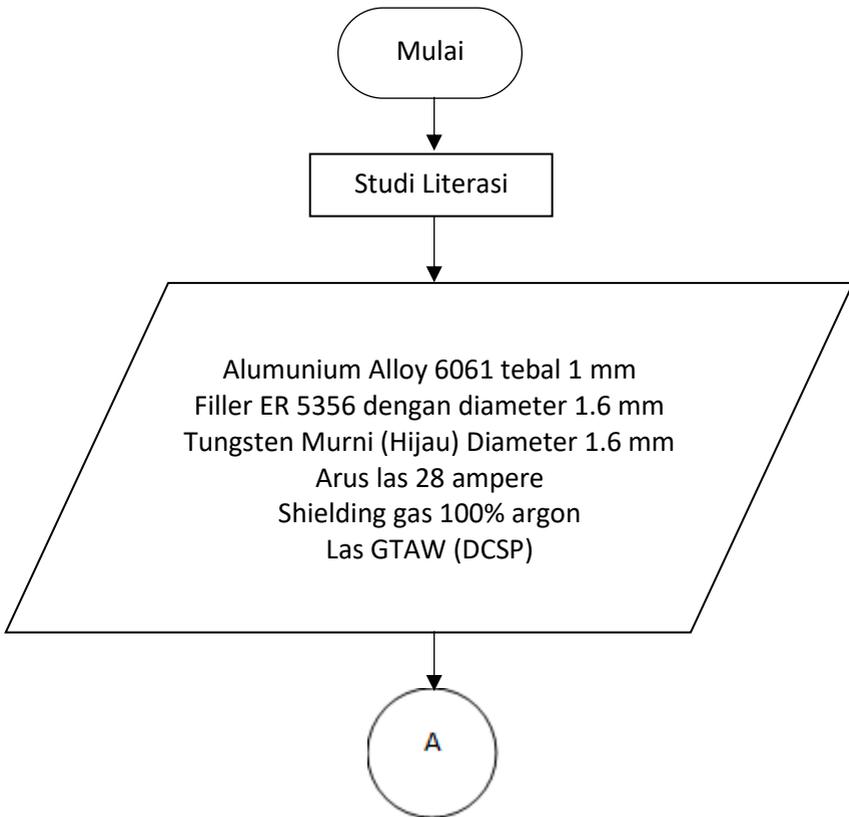
Bila kita terus menarik suatu bahan (dalam hal ini suatu logam) sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan berupa kurva.

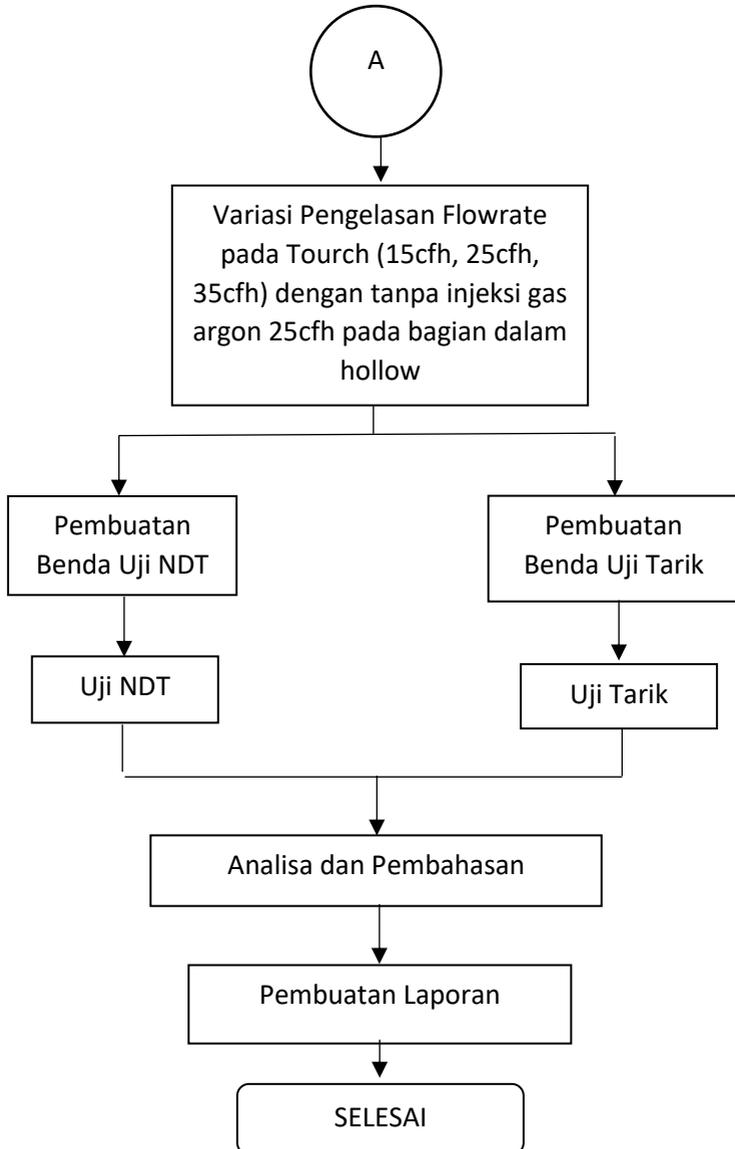
BAB III

METODELOGI

3.1 Flow Chart Penelitian

Dalam Pengerjaan tugas akhir ini sesuai dengan *flow chart* yang bisa dilihat pada gambar 3.1 ini





Gambar 3.1 Flow Chart Diagram

3.2 Waktu Pelaksanaan

Waktu Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester gasal tahun ajaran 2019/2020 yaitu pada bulan Oktober 2019 sampai dengan Januari 2020

3.3 Langkah Kerja

3.3.1 Persiapan Alat Pengelasan

Alat yang diperlukan dalam pengelasan adalah sebagai berikut :

1. Mesin Gerinda Tangan



Gambar 3.2 Mesin Gerinda Tangan

2. Las GTAW



Gambar 3.3 Alat Las GTAW

3. Helm Welder



Gambar 3.4 Helm Welding

4. Kikir Tangan



Gambar 3.5 Kikir Tangan

5. Sarung Tangan



Gambar 3.6 Sarung Tangan

6. Masker Las



Gambar 3.7 Masker Las

7. Apron las



Gambar 3.8 Apron Las

8. Penggaris Siku



Gambar 3.9 Penggaris Siku

9. Safety Shoes



Gambar 3.13 Filler ER 5356 Diameter 1.6 mm

4. Gas Argon Tipe B



Gambar 3.14 Gas Argon Tipe B

3.4 Pengelasan

Jenis posisi pengelasan 3G. Pengelasan pada benda kerja dilakukan dengan mesin las GTAW pada bagian dalam hollow tidak diberi injeksi gas argon dan menggunakan filler ER 5053 dengan amper 28.

3.4.1 Proses Pengelasan



Gambar 3.15 Proses Pengelasan

Yang perlu dipersiapkan adalah :

- 1 Material Alumunium alloy 6061 T6 2 x 1 dengan tebal 1mm dan panjang 20 cm sebanyak 2 benda
- 2 Tungsten alumunium 1.6 mm berwarna hijau
- 3 Filler ER 5356 dengan diameter 1.6 mm
- 4 Pengelasan disambung dengan sambungan flat
- 5 Pada proses pengelasan bagian dalam hollow tidak diberi injeksi gas argon



Gambar 3.16 Hasil Pengelasan

3.5 Pengambilan Data

Seluruh spesimen hasil dari pengelasan menggunakan filler ER5356 dengan diameter 1.6 mm dan tungsten murni diameter 1.6 mm dengan tidak menggunakan injeksi gas argon pada bagian dalam hollow.

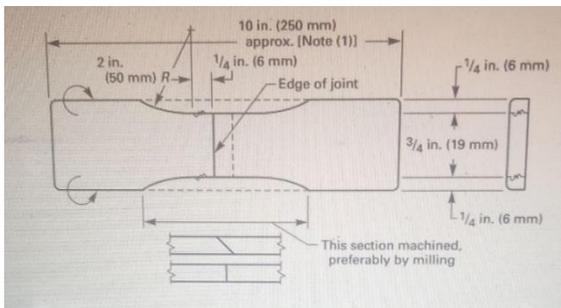
3.5.1 Pengujian NDT Radiografi

Dalam pengujian NDT radiografi dilakukan dengan 3 kali dengan masing – masing variasi 1 spesimen yaitu spesimen 15cfh, 25cfh, 35cfh dengan melakukan uji radiografi.

3.5.2 Pengujian Tarik

Pembuatan benda kerja pada penelitian ini menggunakan standard ASME IX. Untuk pengujian tarik dilakukan pengambilan spesimen total 9 spesimen yang akan diuji masing – masing variasi berjumlah 3 spesimen yaitu dengan spesimen 15cfh, 25cfh dan 35 cfh.

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dilakukan dengan memberikan beban tarik pada benda uji tarik. Benda kerja ditarik secara perlahan sampai benda kerja terputus



Gambar 3.17 Stadarisasi Benda Uji Tarik

Alat yang digunakan dalam pengujian tarik adalah alat uji tarik dan jangka sorong. Berikut langkah – langkah pengujian tarik :

1. Mengukur dimensi bahan kerja las GTAW yang akan diinput ke mesin.
2. Menentukan beban yang akan digunakan yaitu 2000 N. Kemudian menentukan panjang dan lebar benda.
3. Nyalakan saklar power utama sehingga lampu indikator menyala.
4. Pastikan handle load dalam posisi stop.
5. Letakkan alat uji dan plat penahan.
6. Pastikan pencekam *lower crosshead* dan naikan *lower crosshead* dengan menekan tombol up sehingga dapat mencengkam uji tarik.
7. Atur kecepatan pembebanan.
8. Jarum indikator beban akan bergerak terus hingga mencapai max load dari benda uji tarik kemudian mengalami penurunan dan putusya benda kerja
9. Lepaskan benda uji dari tempat pengcengkaman



Gambar 3.18 Alat Uji Tarik

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan perbedaan laju aliran (*flowrate*) gas argon yaitu 15cfh, 25cfh, 35cfh pada proses pengelasan GTAW dengan tanpa injeksi gas argon pada bagian dalam hollow menggunakan filler ER 5356 pada material aluminium alloy hollow 6061 dengan pengujian NDT (*non destructive test*) radiografi dan pengujian tarik.

4.1 Parameter Pengelasan

Pada penelitian ini, hasil pengelasan dipengaruhi oleh beberapa parameter pengelasan, penentuan parameter ini disesuaikan dengan standard yang ada, berikut parameter pengelasan pada penelitian ini :

Tabel 4.1 Parameter Pengelasan

Nama	Keterangan
Material Spesifikasi	Aluminium Hollow 6061 T6
Tebal	1 mm
AWS Clasification	ER 5356
Filler Diameter	1.6 mm
Proses Pengelasan	GTAW
Arus	28
Posisi Pengelasan	3G
Polaritas	DCSP
Jumlah Layer	1 layer

Tabel 4.2 Heat Input

Variasi Flowrate (cfh)	Arus (Ampere)	Voltase (V)	Travel Speed (mm/s)	Koefisien Las GTAW	H net (J/mm)
15	28	24	0,76	0,7	618,95
25	28	24	0,81	0,7	580
35	28	24	0,91	0,7	516

4.2 Analisis Data Hasil Pengujian

4.2.1 Pengujian NDT Radiografi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan hasil dari 3 spesimen hasil las yaitu spesimen 15 cfh, 25 cfh, dan 35 cfh. Hasil dari pengujian NDT radiografi ini dapat dilihat pada hasil dibawah ini. Tabel 4.3 merujuk pada lampiran 6

Tabel 4.3 Hasil NDT Radiografi

Non Injeksi Gas Argon pada bagian dalam Hollow	Benda Uji	Posisi	Hasil	IQI	MIN	MAX	Tipe Cacat
	15 cfh	0°	Rej	2.5	2.3	2.5	IP
90°		Rej	2.5	2.4	2.5	IP, P	
25 cfh	0°	Rej	2.3	2.2	2.3	IP	
	90°	Acc	2.4	2.2	2.4	-	
35 cfh	0°	Acc	2.2	2.1	2.3	-	
	90°	Acc	2.6	2.4	2.6	-	

Note :

IP : Incomplete Penetration

P : Porosity

4.2.2 Pengujian Kekuatan Tarik

Pada pengujian ini berdasarkan dengan standard ASME (*American Society Mechanical Engineers*). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik pada spesimen yang telah dilakukan pengelasan.

Setelah melakukan pengujian dan mengetahui hasil dari pengujian tarik, maka dapat ditentukan kekuatan tarik (σ) dihasilkan dengan rumus :

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{\text{Max Load}}{\text{Lebar gauge x tebal plat}}$$

Dimana :

σ = Kekuatan Tarik (kgf/mm²)

F = Pembebanan (kgf)

A = Luas Penampang (mm²)



Gambar 4.1 Spesimen 15cfh Setelah Diuji Tarik Patah Di HAZ



Gambar 4.2 Spesimen 25cfh Setelah Diuji Tarik Patah Di HAZ

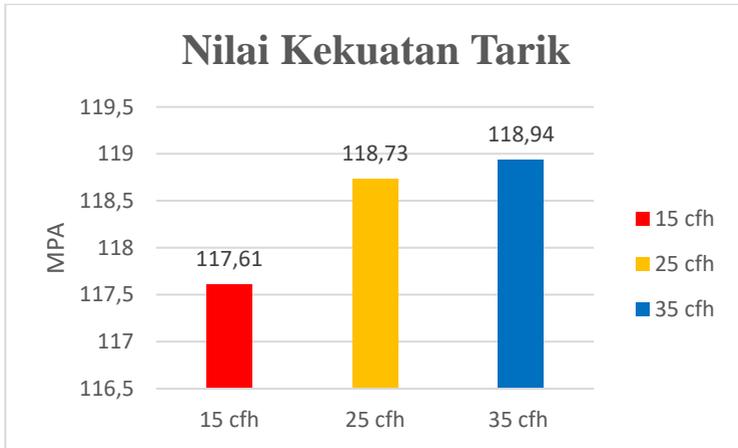


Gambar 4.3 Spesimen 35cfh Setelah Diuji Tarik Patah Di HAZ

Tabel 4.4 Data Hasil Uji Tarik

Benda Uji	A ₀ (mm ²)	Yield Point (kN)	Yield Stress (MPa)	Max Load (kN)	Ultimate Stress (MPa)	Lokasi Patahan
15 cfh	17,325	1,9	109,7	2,3	132,8	HAZ
	18,517	1,6	86,39	2,1	113,4	HAZ
	20,165	1,6	79,37	2,15	106,65	HAZ
Rata – rata	18,66	1,7	91,82	2,1	117,61	
25 cfh	19,083	1,8	94,34	2,3	120,55	HAZ
	17,608	1,5	85,18	2	113,57	HAZ
	18,841	1,8	95,54	2,3	122,08	HAZ
Rata – rata	18,51	1,7	91,68	2,2	118,73	
35 cfh	19,662	1,9	96,64	2,3	116,99	HAZ
	18,556	1,9	102,42	2,3	123,99	HAZ
	18,565	1,9	102,37	2,15	115,84	HAZ
Rata – rata	18,92	1,9	100,47	2,25	118,94	

Dari hasil data uji kekuatan tarik diambil nilai rata – rata menggunakan garfik berikut



Gambar 4.4 Grafik Rata – Rata Uji Tarik

4.3 Pembahasan Hasil Pengujian

4.3.1 Hasil Uji NDT Radiografi

Hasil dari uji NDT pada tabel dapat dilihat terjadi cacat las pada bagian spesimen 15 cfh pada posisi 0° yaitu cacat las incomplete penetration dan pada posisi 90° spesimen 15cfh terjadi 2 cacat las incomplete penetration dan cacat las porosity, pada spesimen 25 cfh posisi 0° terjadi cacat las incomplete penetration dan pada posisi 90° spesimen 25 cfh dan spesimen 35 cfh tidak terjadi cacat las.

Penyebab terjadinya incomplete penetration ini dikarenakan pengelasan pada daerah root tidak tembus atau *reinforcemen* pada akar las berbentuk cekung hal ini dapat disebabkan jarak elektroda yang terlalu tinggi, sedangkan penyebab terjadinya porosity ini dikarenakan adanya zat pengotor pada benda kerja.

4.3.2 Hasil Uji Tarik

Dari data hasil uji tarik yang dilakukan dan pada hasil grafik nilai rata kekuatan tarik pada gambar 4.4 maka dapat disimpulkan bahwa spesimen 15 cfh memiliki nilai kekuatan tarik yang rendah, sedangkan pada spesimen 25 cfh, dan 35 cfh memiliki nilai kekuatan tarik yang hampir sama.

Dapat disimpulkan *flowrate* gas argon yang besar memiliki nilai kekuatan tarik yang tinggi, faktor ini disebabkan *flowrate* gas argon sebagai gas pelindung pada lasan GTAW melindungi logam las untuk mencegah oksigen bereaksi dengan karbon di dalam cairan logam las menjadi CO (karbon monoksida) dan CO₂ (karbon dioksida) yang dapat mengakibatkan oksida metal.

Jadi pada saat proses pengelasan ini *flowrate* gas argon yang lebih besar melindungi logam las dari unsur – unsur nitrogen dan oksigen yang terdapat diudara sekitar, sehingga dapat menyebabkan porositas pada pengelasan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENTUP

5.1 Kesimpulan

Pengaruh laju aliran (Flowrate) gas argon pada pengelasan GTAW dengan filler ER 5356 pada material aluminium hollow 6061 T6 tanpa injeksi gas argon pada bagian dalam hollow terhadap uji NDT radiografi dan uji tarik. Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari pengujian NDT terjadi cacat las dengan flowrate gas argon yang rendah sedangkan semakin tinggi flowrate gas argon yang diberikan maka cacat las menjadi hilang.
2. Pada pengujian tarik menunjukkan semakin tinggi *flowrate* gas argon pada saat proses pengelasan yang diberikan semakin tinggi nilai kekuatan tarik.

5.2 Saran

Untuk pengelasan tanpa injeksi gas argon pada bagian dalam hollow sasis NOGOGENI disarankan menggunakan *flowrate* gas argon 35 cfh.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

1. AWS A5.10 : *Welding Consumables – Wire Electrodes, Wires And Rods for Welding of Aluminium Alloys – Classification*
2. ASME IX : *Welding And Brazing Qualifications. The American Society Of Mechanical Engineers, New York. 2010.*
3. BS EN 573-3:2009 – *Aluminium And Aluminium Alloys – Chemical Composition And Form of Wrought Products*

Lampiran 1

Perhitungan Heat Input

Pada Spesimen 15cfh Tanpa Injeksi Gas Argon

Diketahui

Arus Listrik = 28 Ampere

Tegangan = 24 Volt

η = 0.7

Travel Speed = 0.76 mm/s

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{HI} &= \frac{V \times I \times \eta}{s} \\ &= \frac{24 \times 28 \times 0,7}{0,76} \\ &= 618,95 \text{ J/mm} \end{aligned}$$

Pada Spesimen 25cfh Tanpa Injeksi Gas Argon

Diketahui

Arus Listrik = 28 Ampere

Tegangan = 24 Volt

η = 0.7

Travel Speed = 0.81 mm/s

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{HI} &= \frac{V \times I \times \eta}{s} \\ &= \frac{24 \times 28 \times 0,7}{0,81} \\ &= 580.74 \text{ J/mm} \end{aligned}$$

Lampiran 2

Pada Spesimen 35cfh Tanpa Injeksi Gas Argon

Diketahui

Arus Listrik = 28 Ampere

Tegangan = 24 Volt

η = 0.7

Travel Speed = 0.91 mm/s

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{HI} &= \frac{V \times I \times \eta}{s} \\ &= \frac{24 \times 28 \times 0,7}{0,91} \\ &= 516,92 \text{ J/mm} \end{aligned}$$

Lampiran 3

Data Uji Tarik



LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 Gedung W - Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
 Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : IT2.4.1.1/PM.05.02/20

DATE : 9 Januari 2020
 ORDER FROM : ANOGA TOMAS AMILIMO
 TEST STANDARD : ASME IX
 MATERIAL SPECS. : Butt Weld Plate AL 6061 T6
 of 3 mm

PROJECT :

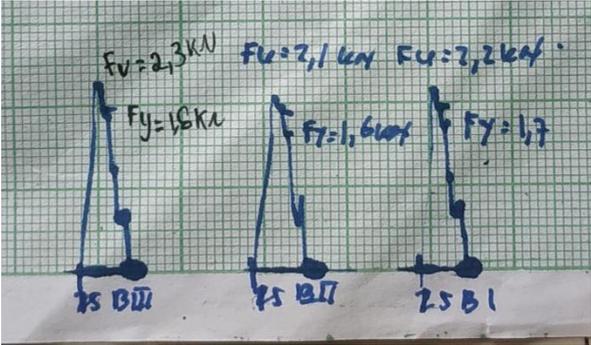
1. TENSION TEST										
NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH (mm)	THICK (mm)	DIA (mm)	CSA (mm ²)	YIELD STRESS (MPa)	ULTIMATE STRESS (MPa)	ELONGATION (%)	REDUCT. of AREA (%)	
1	15 A _I	19,25	0,90		17,325	109,7	132,8			
2	15 A _{II}	19,09	0,97		18,517	86,39	113,4			
3	15 A _{III}	19,39	1,04		20,165	79,37	106,65			
4	25 A _I	20,52	0,93		19,023	99,34	120,55			
5	25 A _{II}	19,14	0,92		17,608	85,18	113,57			
6	25 A _{III}	20,26	0,93		18,841	95,54	122,08			
7	35 A _I	19,09	1,03		19,667	96,64	116,99			
8	35 A _{II}	20,17	0,92		18,556	102,42	123,99			
9	35 A _{III}	19,14	0,97		18,568	102,37	118,84			
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1/Wd.1	Th.1	A1	
	KN	N	KN	N						
1	1,9	1900	2,3	2300						
2	1,6	1600	2,1	2100						
3	1,6	1600	2,15	2150						
4	1,8	1800	2,3	2300						
5	1,6	1600	2	2000						
6	1,8	1800	2,3	2300						
7	1,9	1900	2,3	2300						
8	1,9	1900	2,3	2300						
9	1,9	1900	2,15	2100						

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
 FT. Kelautan ITS

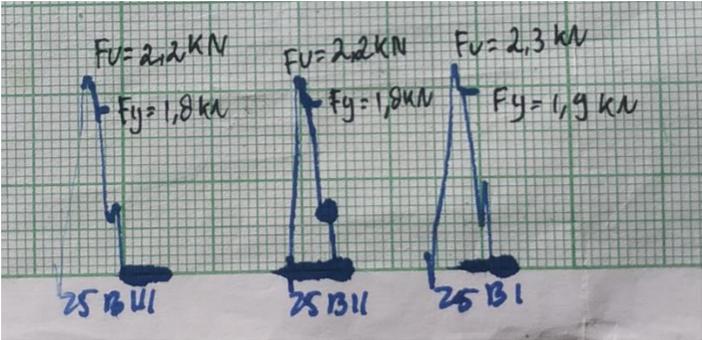
Witnessed by :
 1. _____
 2. _____
 3. _____
 4. _____
 5. _____



Lampiran 4



Grafik Uji Tarik Spesimen 15cfh



Grafik Uji Tarik Spesimen 25cfh

Lampiran 5



Grafik Uji Tarik Spesimen 35cfh

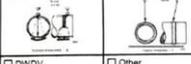
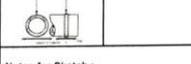
Lampiran 6

Data Uji NDT

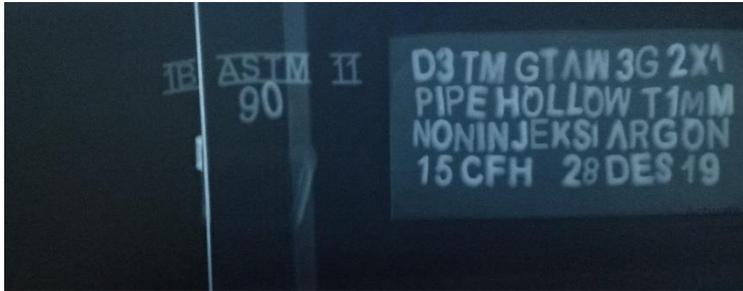


RADIOGRAPHIC TEST REPORT

Page 1 of 1

Project No : PAOS		Drawing No. : SUB-GO. RT. 002 Rev :		Report No : 0001-RT-SALSA-ADVIS														
Customer :		Procedure No. : AWI D1.1 Rev :		NCR Ref No :														
Unit no. :		Applicable CODE : AWI D1.1		NCR Ref No :														
PART Name : NON INEAKI ARBON ID/OD : 2x1 RAC MELLOW W. Process : GTAW Mat'l Type : A1 Mat'l.Thk. : 1 In <input type="checkbox"/> mm <input checked="" type="checkbox"/> Reinforc. Thk. : 1 In <input type="checkbox"/> mm <input checked="" type="checkbox"/> Weld Thk. : 2 In <input type="checkbox"/> mm <input checked="" type="checkbox"/> Backing Ring : Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		RADIATION SOURCE Isotope : Ir-192 <input checked="" type="checkbox"/> X-Ray <input type="checkbox"/> Activity : 18 Ci Volt : Amp. : Source / spot Size : 3x2 mm		EXPOSURE TECHNIQUE SKETCH <input type="checkbox"/> Panoramic / SWSV <input type="checkbox"/> SWSV 														
FILM Manufacture's : LUCY Type of Film : L7 Dimension : 4 x 10 In Num of Film : 6 Sheet		TECHNIQUE Exposure : Single Wall <input type="checkbox"/> Double Wall <input checked="" type="checkbox"/> Viewing : Single Wall <input type="checkbox"/> Double Wall <input checked="" type="checkbox"/> Exposure Time : 1 Mnt SOD* : 22 Mm DSSOF** : 0.8 mm No. of Film in Holder : Single <input checked="" type="checkbox"/> Multiple <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> SWSV <input type="checkbox"/> DWSV  <input type="checkbox"/> DWSV <input type="checkbox"/> DWDV 														
SCREEN Lead : Front <input checked="" type="checkbox"/> Back <input type="checkbox"/> Thickness : 0.125 In <input type="checkbox"/> mm <input checked="" type="checkbox"/>		IMAGE QUALITY INDICATOR (IQI) Wire <input checked="" type="checkbox"/> No. A9/1A/B <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Hole <input type="checkbox"/> No. : 1T <input type="checkbox"/> 2T <input type="checkbox"/> 4T <input type="checkbox"/> Placement : Source Side <input type="checkbox"/> Film Side <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> DWDV <input type="checkbox"/> Other 														
		MARKER PLACEMENT Source Side <input checked="" type="checkbox"/> Film Side <input type="checkbox"/> Use back scatter Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Notes for Sketch : 1) SWSV = Single Wall Single Viewing 2) DWSV = Double Wall Single Viewing 3) DWDV = Double Wall Double Viewing 4) Other = Other than listed (Please Sketch)														
Date of RT	Welder Stamp	Identification	Result	Density	Sensitivity	Discontinuities Type										Remark & Comment		
		Joint No	Location	ACC	REJ	IQI	Min	Max	WI	IF	IP	RC	RUC	P	Incl	Crk	ND	
20/10/19		15 CFH	0°	✓	✓	2.5	2.3	2.5	ND	✓								NO DISCONTINUITIES
		15 CFH	90°	✓	✓	2.5	2.4	2.5	ND	✓				✓				NO DISCONTINUITIES
		15 CFH	0°	✓	✓	2.3	2.2	2.3	ND	✓								NO DISCONTINUITIES
		35 CFH	0°	✓	✓	2.4	2.2	2.4	ND									NO DISCONTINUITIES
		35 CFH	90°	✓	✓	2.2	2.1	2.3	ND									NO DISCONTINUITIES
		35 CFH	90°	✓	✓	2.6	2.4	2.6	ND									NO DISCONTINUITIES
Examined by : M. Idris		Reviewed by : [Signature]		Reviewed by :		Reviewed by :												
Date : 20/10/19		Date : 20/10/19		Date :		Date :												
Note : *) SOD = Source to Object Distance, **) DSSOF = Distance from Source Side of Object to the Film IF = Incomplete Fusion, IP = Incomplete Penetration, RC = Root Concavity, RUC = Root Undercut, P = Porosity, Incl = Inclusion, Crk = Crack, ND = no indication																		

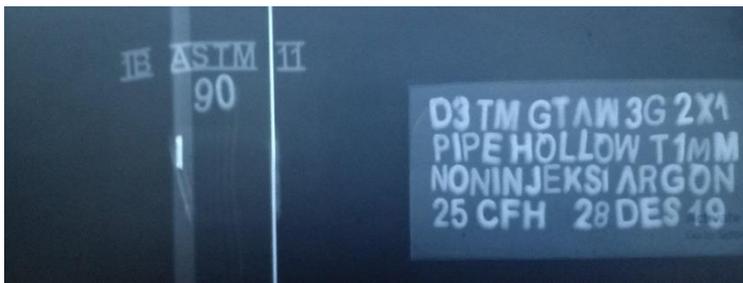
Lampiran 7



Hasil Uji Radiografi 15cfh posisi 90°



Hasil Uji Radiografi 15cfh posisi 0°

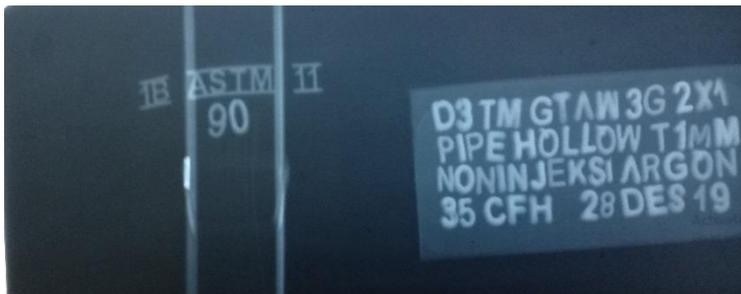


Hasil Uji Radiografi 25cfh posisi 90°

Lampiran 8

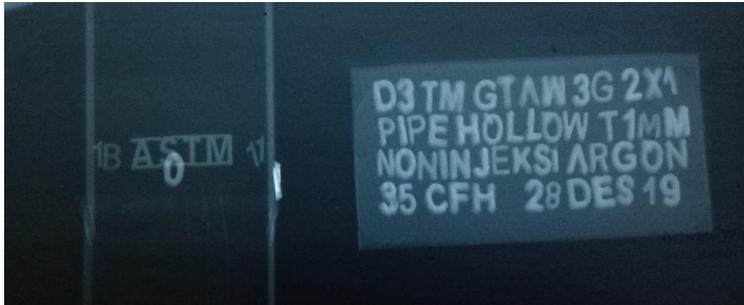


Hasil Uji Radiografi 25cfh posisi 0°



Hasil Uji Radiografi 35cfh posisi 90°

Lampiran 9



Hasil Uji Radiografi 35cfh posisi 0°

BIODATA PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Anoga Tomas Amilino dilahirkan di kota Tulungagung, 9 September 1997, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu, SDN 1 Bolorejo , SMP Negeri 1 Kauman, dan SMK Negeri 3 Boyolangu. Pada tahun 2016 penulis diterima di Jurusan D3 Teknik Mesin Industri FV-ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 10211600000075. Manufaktur merupakan bidang studi yang dipilih penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.

Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan dan bergabung dalam organisasi. Kegiatan yang pernah diikutinya antara lain : Menjadi Kadep Manajemen Bisnis BSO Kewirausahaan HMDM FV – ITS periode 2017 – 2018 dan pernah mengikuti UKM ITS Billiard. PT. Asahimas Flat Glass, Sidoarjo, Jawa Timur merupakan tempat kerja praktek penulis selama 1 bulan di bidang perawatan “Bucket Elevators”.

Pelatihan yang pernah diikuti penulis : Pelatihan LKMM Pra-Tingkat Dasar (Pra-TD) FTI-ITS (2016), Pelatihan Karya Tulis Ilmiah FTI-ITS (2016)

Email : Anogatomas22@gmail.com