TUGAS AKHIR – VM 180629

PENGARUH VARIASI SUHU PREHEAT TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN LEBAR HAZ PADA MATERIAL A36 DENGAN MENGGUNAKAN METODE LAS GTAW

OBIE DHARMAWAN
NRP.10211500000090

Dosen Pembimbing
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT
19580915 198701 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

FINAL PROJECT – VM 180629

INFLUENCE VARIATION OF PREHEAT TEMPERATURE AGAINST TENSILE STRENGTH AND THE WIDTH OF HAZ ON A36 MATERIAL USING GTAW WELDING METHODS

OBIE DHARMAWAN
NRP.10211500000090

Counsellor Lecturer
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT
19580915 198701 1 001

DIPLOME III MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTEMENT OF MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRY
Faculty of Vocation
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI SUHU PREHEAT TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN LEBAR HAZ PADA MATERIAL A36 DENGAN MENGGUNAKAN METODE LAS GTAW

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

OBIE DHARMAWAN
NRP. 10211500000090

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

Ir. Gatot Dwi Winarto, MT
NIP. 19580915 198701 1 001

SURABAYA,
Januari 2019

Scanned with CamScanner

PENGARUH VARIASI SUHU PREHEAT TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN LEBAR HAZ PADA MATERIAL A36 DENGAN MENGGUNAKAN METODE LAS GTAW

Nama Mahasiswa : Obie Dharmawan
NRP : 10211500000090
Jurusan : Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi
Dosen Pembimbing : Ir. Gathot Dwi Winarto, MT

Abstrak

Preheating atau pemanasan awal adalah memanaskan seluruh/sebagian benda sebelum pengelasan untuk mengurangi perbedaan panas yang terjadi antara daerah las dengan daerah sekitarnya. Preheating yang dilakukan sebelum proses pengelasan bertujuan untuk menstabilkan spesimen agar tidak terjadi cacat las karena panas yang timbul pada saat pengelasan.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen, yang bertujuan mengetahui sebab dan akibat berdasarkan perlakuan yang diberikan oleh peneliti. Pada penelitian ini, perlakuan yang diberikan oleh peneliti adalah pengelasan dengan variasi suhu preheating. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu preheating pada hasil pengelasan GTAW terhadap macro etsa dan kekuatan tarik baja A36.

Pengelasan dilakukan dengan metode GTAW pada bahan baja A36 dengan bahan pengisi/filler ER70S-6 menggunakan arus 180 A dengan Model groove menggunakan bentuk bevel dengan sudut bevel 30°.Variasi suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu kamar (tanpa preheating) 50°C, 125°C, 200°C.

Dari hasil pengujian makro etsa, terlihat HAZ pada material non preheat memiliki lebar HAZ paling kecil sedangkan material preheat 200°C memiliki lebar HAZ paling

besar. Pada pengujian Tensile Test didapat hasil kekuatan tarik terbesar terjadi pada spesimen preheat suhu 200°C sebesar 63,523 Kgf/mm2. Sedangkan nilai kekuatan tarik paling rendah terjadi pada spesimen dengan perlakuan non-preheat yaitu sebesar 49,554 Kgf/mm2.

Kata kunci :Pengelasan, Preheating, GTAW, baja karbon rendah

THE INFLUENCE OF PREHEAT TEMPERATURE VARIATIONS AGAINST TENSILE STRENGTH AND THE WIDTH OF HAZ ON A36 MATERIAL USING GTAW WELDING METHODS

Name : **Obie Dharmawan**
NRP : **10211500000090**
Major : **Department of Mechanical Engineering Industry Facuty of Vocation**
Counsellor Lecturer : **Ir. Gathot Dwi Winarto, MT**

Abstract

Preheating or early warming is heating the whole/partial objects before welding to reduce the heat difference between the weld area with the surrounding area. Preheating before welding process aims to stabilize the specimen so that it does not happen because of the heat welding defects that arise at a time when welding.

The research method used was experimental research, which aims to find out the cause and effect based on the treatment provided by the researchers. In this study, the treatment given by the researchers was welding with preheating temperature variations. The purpose of this research is to know the influence of preheating temperature on welding GTAW results against macros etching and A36 steel tensile strength.

Welding is done by the method of steel materials on GTAW A36 with a filler/filler ER70S-6 using A 180 with flow Model using the bevel shape groove with the bevel angle is 30°. Temperature variations that are used in this research is room temperature (without preheating) 50°C, 125°C, and 200°C.

From the results of testing the macro visible HAZ, etching on non preheat material has small of wide HAZ while preheat 200°C material have a width of HAZ. On testing Tensile Test results obtained the greatest tensile strength occurred in

specimens of preheat temperature 200°C of 63.523 Kgf/mm2. Whereas the lowest tensile strength values occur in specimens with a non-preheat treatment namely of 49.554 Kgf/mm2.

Keywords: Welding, Preheating, GTAW, Low Carbon Steel

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta atas segala Rahmat dan Karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Penelitian yang berjudul :

"PENGARUH VARIASI SUHU PREHEAT TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN LEBAR HAZ PADA MATERIAL A36 DENGAN MENGGUNAKAN METODE LAS GTAW"

dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa Program Studi Depatemen Teknik Mesin Industri untuk bisa dinyatakan lulus dengan mendapatkan gelar Ahli Madya.

Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Penelitian ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Bapak Ir. Gathot Dwi Winarto,MT**. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan ide, arahan, bimbingan dan motivasi selama pengerjaan Penelitian ini.
2. **Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.** selaku kepala Departemen Teknik Mesin Industri.
3. **Bapak Ir. Suhariyanto, MSc** selaku koordinator Penelitian Departemen Teknik Mesin Industri.
4. **Bapak Ir. Hari Subiyanto, MSc** selaku dosen wali yang telah memberikan arahan dan bimbingan.
5. Tim Dosen Penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan guna kesempurnaan Penelitian ini.
6. Orang tua tercinta Bapak dan Ibu yang selalu memberikan semangat, doa ,serta dukungan dalam bentuk apapun.

7. **PT ALGAS MITRA SEJATI** yang telah memberikan kesempatan penulis menggunakan tempat kerja untuk melakukan praktikum pengelasan.
8. Teman-teman **D3MITS 2015** yang telah membantu dan menyemangati, dan teman - teman satu dosen pembimbing yang selalu membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Penelitian ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak, yang dapat membantu dan mengembangkan Penelitian ini menjadi lebih baik lagi. Akhir kata, semoga Penelitian ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program studi Sarjana Teknik Mesin FTI-ITS dan Departemen Teknik Mesin Industri.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL (Bahasa Indonesia)
JUDUL (Bahasa Inggris)
LEMBAR PENGESAHAN iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT vi
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan 2
1.5 Manfaat 3
1.6 Metodologi Penelitian 3
1.7 Sistematika Penulisan 4

BAB II DASAR TEORI
2.1 Definisi Pengelasam 5
2.2 GTAW 5
2.2.1 Prinsip Kerja Las GTAW 6
2.2.2 Variabel Proses Las GTAW 12
2.3 Posisi Pengelasan 14
2.4 Heat Input 16
2.5 Preheating 17
2.5.1 Alasan dilakukan preheat 18
2.5.2 Faktor yang Mempengaruhi Preheat 19
2.6 Kodefikasi Elektroda 20
2.7 Material A36 21
2.8 Sifat Mekanik Material 23

2.9 Tensile Test 24
2.9.1 Detail Profil Uji Tarik 27
2.10 Uji Metalografi 29
2.10.1 Uji Makro *(Macroscopic Examination)* 30
2.10.2 Uji Mikro *(Microscopic Examination)* 31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN
3.1 Flow Chart Penelitian 33
3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian 34
3.3 Tempat 34
3.4 Langkah Kerja 35
3.4.1 Studi Literatur 35
3.4.2 Persiapan Material 35
3.4.3 Preheat 38
3.4.4 Pengelasan 39
3.4.5 Pembuatan Spesimen 40
3.4.6 Pengujian 43

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN
4.1 Parameter Pengelasan 47
4.2 Data Hasil Penelitian 47
4.2.1 Makro Etsa 47
4.2.2 Pengujian Tarik 53
4.3 Pembahasan Hasil Pengujian 55
4.3.1 Pembahasan Hasil Pengujian Makro Etsa 55
4.3.2 Pembahasan Hasil Pengujian Tarik 56

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan 59
5.2 Saran 59

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pengelasan GTAW 6
Gambar 2.2 Stang las/obor (*torch welding*).....8
Gambar 2.3 Elektroda Tungsten 10
Gambar 2.4 Posisi Pengelasan 1G 14
Gambar 2.5 Posisi Pengelasan 2G 15
Gambar 2.6 Posisi Pengelasan 3G 16
Gambar 2.7 Posisi Pengelasan 4G 16
Gambar 2.8 Uji Tarik dan Kurvanya 25
Gambar 2.9 Bentuk Patahan 26
Gambar 2.10 Diagram Tegangan Regangan.....27
Gambar 2.11 Keterangan Garis *HAZ*.....30
Gambar 3.1 Flow Chart Diagram 33
Gambar 3.1 Flow Chart Diagram(lanjutan).....33
Gambar 3.2 Dimensi Material 35
Gambar 3.3 Sudut Bevel 30° 35
Gambar 3.4 Plat Baja A36.....36
Gambar 3.5 Kawat Las ER70S-6.....36
Gambar 3.6 Mesin Las GTAW.....37
Gambar 3.7 Tang Ampere 37
Gambar 3.8 Pemotongan Benda Kerja 38
Gambar 3.9 Spesimen A36 Sebelum di Las 38
Gambar 3.10 Pemanasan Benda Kerja 39
Gambar 3.11 Pengukuran Suhu Menggunakan Termogun 39
Gambar 3.12 Proses Pengelasan.....40
Gambar 3.13 *ASME Standart for Tensile* 41
Gambar 3.14 Spesimen Uji Tarik Non-Preheat.....41
Gambar 3.15 Spesimen Uji Tarik Preheat 50°C.....42
Gambar 3.16 Spesimen Uji Tarik Preheat 125°C.....42
Gambar 3.17 Spesimen Uji Tarik Preheat 200°C.....42
Gambar 3.18 Spesimen Uji Makro Etsa 43
Gambar 3.19 Alat dan Bahan Uji Makro Etsa.....45
Gambar 3.20 Larutan Etsa 45

Gambar 4.1 Foto Makro Spesimen Non-Preheat.....48
Gambar 4.2 Lebar *HAZ* Spesimen Non-Preheat.....48
Gambar 4.3 Foto Makro Spesimen Preheat 50°C.....49
Gambar 4.4 Lebar *HAZ* Spesimen Preheat 50°C.....49
Gambar 4.5 Foto Makro Spesimen Preheat 125°C.....50
Gambar 4.6 Lebar *HAZ* Spesimen Preheat 125°C.....50
Gambar 4.7 Foto Makro Spesimen Preheat 200°C.....51
Gambar 4.8 Lebar *HAZ* Spesimen Preheat 200°C.....51
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Lebar *HAZ* Sebelah Kiri 52
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Lebar *HAZ* Sebelah Kanan 52
Gambar 4.11 Pengujian Tarik Pada Spesimen Non-Preheat 53
Gambar 4.12 Pengujian Tarik Pada Spesimen Preheat 50°C 53
Gambar 4.13 Pengujian Tarik Pada Spesimen Preheat 125°C 53
Gambar 4.14 Pengujian Tarik Pada Spesimen Preheat 200°C 54
Gambar 4.15 Grafik Nilai Tegangan Tarik.....55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Elektroda Tungsten.....9
Tabel 2.2 Penggunaan Elektroda Tungsten Untuk Mengelas Baja Karbon.....9
Tabel 2.3 Tabel Komposisi kimia ER70S-6 20
Tabel 2.4 Nilai Chemical Composition 21
Tabel 2.5 Karakteristik dari Lima Elemen pada Baja.....21
Tabel 2.6 Sifat Mekanik SA 36 22
Tabel 4.1 Material dan Elektroda 47
Tabel 4.2 Data Primer Pengelasan.....47
Tabel 4.3 Lebar HAZ Hasil Pengujian Makro pada Spesimen Non-Preheat 48
Tabel 4.4 Lebar HAZ Hasil Pengujian Makro pada Spesimen Preheat 50°C..... 49
Tabel 4.5 Lebar HAZ Hasil Pengujian Makro pada Spesimen Preheat 125°C 50
Tabel 4.6 Lebar HAZ Hasil Pengujian Makro pada Spesimen Preheat 200°C..... 51
Tabel 4.7 Data Pengujian Tarik 54
Tabel 4.8 Rata-rata Lebar *HAZ*.....55

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi serta keutuhan untuk mengahasilkan kontruksi yang kuat menjadikan teknik pengelasan menjadi pilihan utama dalam pembangunan kontruksi. Oleh sebab itu dibutuhkan hasil las yang memiliki kualitas yang baik untuk menunjang kontruksi yang kuat, aman dan tahan lama. Kualitas hasil pengelasan tidak hanya dapat dilihat secara visual, namun harus diketahui secara struktur. Hasil pengelasan yang baik secara visual, belum tentu memiliki struktur yang baik. Oleh karena itu, untuk mengetahui hasil pengelasan tersebut telah memenuhi kriteria, harus ada pengukuran atau pengujian hasil las.

Gas pelindung yang biasanya digunakan pada pengelasan GTAW atau TIG adalah gas argon, helium atau campuran keduanya. Fungsi dasar dari gas pelindung adalah melindungi busur dan logam las cair dari kontaminasi oksigen dan nitrogen yang ada pada atmosfer. Jika gas pelindung tidak tepat melindungi las logam cair maka akan dihasilkan cacat las.

Preheating/pemanasan awal bertujuan untuk menstabilkan suhu spesimen sebelum dilakukan pengelasan agar tidak terjadi kerusakan pada saat dan setelah pengelasan. Pemilihan suhu *preheating* sangat penting dilakukan untuk mendapatkan nilai fisis dan mekanis yang baik.

Pada penelitian kali ini akan dilakukan pada material A36, yang pada umumnya digunakan dalam pembuatan sebuah kontruksi bangunan. Metode pengelasan yang digunakan adalah GTAW *(Gas Tungsten Arc Welding)* akan tetapi sebelum dilas, material dilakukan *preheat* dengan suhu bermacam-macam (Non-*preheat*, 50°C, 125°C, dan 200°C). Tujuan dari dilakukannya variasi suhu *preheat* tersebut untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dan mengetahui perbedaan struktur makro yang terjadi pada daerah *Base Metal*, *Weld Metal*, dan *HAZ.*

1.2 Perumusan Masalah

Dengan adanya latar belakang yang mendorong tugas akhir ini, maka ada beberapa rumusan masalah yang muncul sebagai pertanyaan pedoman agar sesuai dengan apa yang penulis inginkan, diantaranya :

1. Berapa kekuatan tarik dari temperatur *non-preheat* dan *preheat* suhu 50°C, 125°C, dan 200°C pada material A36 hasil pengelasan GTAW
2. Berapa lebar *HAZ* dari temperatur *non-preheat* dan *preheat* suhu 50°C, 125°C, dan 200°C pada material A36 hasil pengelasan GTAW

1.3 Batasan Masalah

Untuk lebih memudahkan pembahasan dan memfokuskan masalah maka penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Material yang digunakan adalah baja karbon rendah A36 dengan dimensi 300 mm x 150 mm tebal 20 mm
2. Menggunakan proses GTAW *(Gas Tungsten Arc Welding)* dengan posisi 1G
3. Filler/Logam pengisi yang digunakan adalah ER70S-6 dengan diameter 3,2 mm
4. Menggunakan arus 180 Ampere
5. Jenis sambungan las yang digunakan butt weld joint dengan alur berbentuk V tunggal dengan sudut 60°.
6. Pengujian yang dilakukan adalah *Tensile Test* dan *Macro Etsa*
7. Dilakukan perlakuan *preheat* pada suhu 50°C,125°C, 200°C dan suhu ruangan.
8. Alat yang digunakan untuk *preheat* adalah mesin blander.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dari temperatur *non-preheat* dan *preheat* suhu 50°C, 125°C, dan 200°C pada material A36 hasil pengelasan GTAW

2. Untuk mengetahui lebar *HAZ* hasil macro etsa dari temperatur *non-preheat* dan *preheat* suhu 50°C, 125°C, dan 200°C pada material A36 hasil pengelasan GTAW.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat bagi pembacanya. Manfaat dari penelitian ini diantaranya adalah manfaat teoritis dan manfaat praktis. Manfaat teoritis dan manfaat praktis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Manfaat Teoritis
   1) Memberikan tambahan ilmu tentang pengetahuan di bidang ilmu dan teknologi khususnya ilmu pengelasan.
   2) Sebagai bahan kajian atau informasi yang bermanfaat bagi industri khususnya bidang kontruksi pengelasan.

b. Manfaat Praktis

   Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman dalam bidang konstruksi pembangunan khususnya dalam pengelasan sehingga dapat meningkatkan kualitas hasil pengelasan di lapangan.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah :

1. Studi Literatur
   Untuk menambah wawasan perlu mempelajari buku tentang pengelasan dan pengujian berupa *Tensile* dan *Macro Etsa*.
2. Konsultasi dengan dosen pembimbing
   Dalam penulisan laporan perlu konsultasi dan diskusi dengan dosen pembimbing.
3. Observasi Data
   Melakukan observasi data terkait dengan pengelasan dan benda kerja melalui internet dan buku serta hasil pengamatan langsung dengan masalah yang dihadapi di lapangan.
4. Analisa Data

Menganalisa hasil pengujian *Tensile* dan *Macro Etsa* yang terjadi pada bagian logam hasil las, *HAZ* dan *base metal*.

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

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjelas mengenai bagian – bagian tugas akhir, diantaranya:

BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan secara singkat tinjauan secara umum mengenai latar belakang, rumusan permasalahan, batasan masalah, tujuan, sistematika penulisan dan manfaat.

BAB II Tinjauan Pustaka

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

BAB III Metodologi

Pada Bab III menjelaskan metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi dan langkah proses pengujian-pengujian yang dilakukan.

BAB IV Hasil dan Analisa

Membahas tentang hasil pengujian diantaranya adalah pengujian tarik dan pengujian macro etsa.

BAB V Penutup

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

DAFTAR PUSTAKA

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

LAMPIRAN

BAB II
DASAR TEORI

2.1 Definisi Pengelasan

Pengelasan *(welding)* adalah salah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu.

Berdasarkan definisi dari Deutsche Industrie Normen (DIN) dalam Harsono dkk(1991:1), mendefinisikan bahwa "Las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair ". Sedangkan menurut Maman Suratman (2001:1) mengatakan tentang pengertian mengelas yaitu "Salah satu cara menyambung dua bagian logam secara permanen dengan menggunakan tenaga panas".

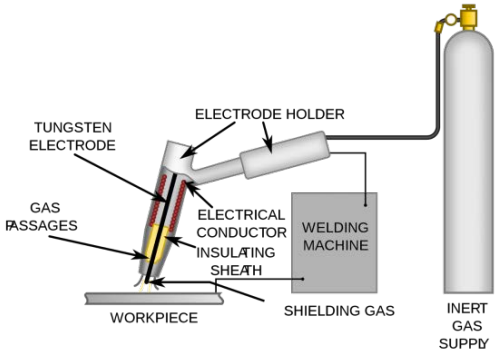
Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam kontruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran dan sebagainya.

Dalam setiap proses pengerjaan pengelasan harus memenuhi standar tertentu yaitu: ASME (American Society of Mechanical Engineers), API (American Pratroleum Institute) dan lain sebagainya. Dalam hal ini proses las, pemilihan logam pengisi (filler metal), perencaan prosedur las, kualifikasi prosedur pengelsan, perencaan dan prosedur pabrikasi, serta sistem pengendalian mutu harus dilakukan mengikuti peraturan yang berlaku dalam standar.

2.2 GTAW

GTAW *(Gas Tungsten Arc Welding)* 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. Pengelasan GTAW ini juga sering disebut dengan Las Argon, hal tersebut dikarenakan gas pelindung yang digunakan adalah gas Argon (Ar). Selain gas Argon, gas pelindung yang sering digunakan adalah gas Helium (He) atau campuran dari gas-gas tersebut. Gambar 2.1 memperlihatkan prinsip dasar dari proses GTAW.



Gambar 2.1 Proses Pengelasan GTAW

2.2.1 Prinsip Kerja Las GTAW

Pada gambar 2.2 menunjukkan skema atau cara pelaksanaan pengelasan GTAW. Prosesnya menggunakan gas pelindung untuk mencegah terjadinya oksidasi pada bahan las yang panas. Untuk menghasilkan busur nyala, digunakan elektroda yang tidak terkonsumsi terbuat dari logam tungsten atau paduannya yang mempunyai titik lebur sangat tinggi.

Busur nyala dihasilkan dari arus listrik melalui konduktor dan mengionisasi gas pelindung. Busur terjadi antara ujung elektroda tungsten dengan logam induk. Panas yang dihasilkan busur langsung mencairkan logam induk dan juga logam las berupa kawat las (*rod*). Penggunaan kawat las tidak selalu dilaksanakan (hanya jika dirasa perlu sebagai logam penambah). Pencairan kawat las dilaksanakan di ujung kolam las yang sambil proses pengelasan berjalan. Terdapat 4 (empat) komponen dasar atau komponen utama dari las GTAW, yaitu (Sriwidharto, 2006):

1. Obor (*torch*)
2. Elektroda tidak terkonsumsi (*tungsten*)
3. Sumber arus las
4. Gas pelindung

1. Stang Las/Obor (*torch welding*)

Stang las atau obor GTAW berfungsi sebagai pemegang elektroda tidak terkonsumsi (*tungsten*) yang menyalakan arus pengelasan ke busur listrik, serta menjadi sarana penyalur gas pelindung ke zona busur (*arc zone*). Obor dipilih sesuai dengan kemampuan menampung arus las maksimum ke busur nyala tanpa mengalami *over heating.* Sebagian besar obor didesain untuk mengakomodasi segala ukuran elektoda serta berbagai tipe ukuran *nozzle* (Sriwidharto, 2006).

Pada umumnya obor untuk pengelasan manual memiliki sudut kepala (*heat angle*), yakni antara sudut elektroda dan pegangan (*handle*) 120° dan jenis-jenis obor lainnya seperti obor dengan sudut kepala yang dapat diatur, sudut kepala siku (90°), dan kepala bentuk pensil. Obor GTAW manual memiliki *switch* dan katub tambahan yang dipasang pada peganganya yang digunakan untuk mengendalikan arus dan aliran gas pelindung, sedangkan obor untuk mesin GTAW otomatis hanya dapat diatur pada permukaan sambungan, sepanjang sambungan, dan jarak antara obor dan bahan yang akan dilas (Sriwidharto, 2006).

Gambar 2.2 Stang las/obor (*torch welding*)

2. Elektroda Tidak Terumpan (Tungsten)

Elektroda tungsten adalah elektroda tidak terumpan (*non-consumable electode*) yang berfungsi sebagai pencipta busur nyala saja yang digunakan untuk mencairkan kawat las yang ditambahkan dari luar dan benda yang akan disambung menjadi satu kesatuan sambungan. Elektroda ini tidak berfungsi sebagai logam pengisi sambungan sebagaimana yang biasa dipakai pada elektroda batang las busur metal maupun elektroda gulungan pada las MIG . Titik lebur metal tungsten adalah 6.170ºF (3.410º C). Pada saat tungsten mendekati suhu tersebut, sifatnya menjadi *thermonic* (sumber pemasok elektron). Suhu tersebut dihasilkan melalui tahanan listrik, jika saja bukan karena pengaruh pendinginan dari penguapan elektron yang keluar dari ujung elektroda, elektroda tersebut akan mencair oleh panas yang dihasilkan dari tahanan listrik tersebut. Pada kenyataannya suhu pada ujung elektroda jauh lebih dingin daripada bagian dari elektroda diantara ujungnya dan bagian *collet* yang paling dingin. Ada beberapa tipe elektroda tungsten yang biasa dipakai di dalam pengelasan sebagaimana dijelaskan pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Elektroda Tungsten

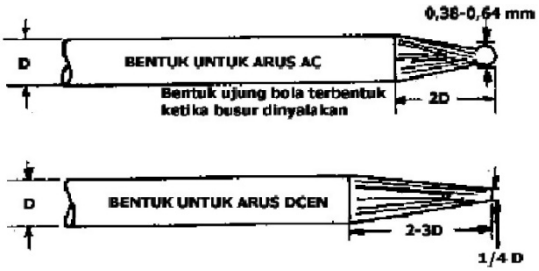
Klasifikasi AWS	Perkiraan Komposisi	Kode warna
EWP	Tungsten murni	Hijau
EWCe-2	97,3% tungsten, 2% cerium oksida	Oranye
EWLa-1	98,3% tunsten, 1% lanthanum oksida	Hitam
EWTh-1	98,3% tungsten, 1% thorium oksida	Kuning
EWTh-2	97,3% tungsten, 2% thorium oksida	Merah
EWZr-1	99,1% tungsten, 0,25% zirconium oksida	Coklat
EWG	94,5% tungsten, sisa tidak disebut	Abu-abu

Tabel di atas disusun berdasarkan klasifikasi AWS dimana kodekodenya dapat dijelaskan sebagai berikut:
E : elektroda
W: wolfram atau tungsten
P : tungsten murni (pure tungsten)
G : umum (general) dimana komposisi tambahan biasa tidak disebut.
Sedangkan untuk kode Ce-2, La-1, Th-1, Th-2, dan Zr-1 masing-masing adalah komposisi tambahan sebagaimana yang dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penggunaan Elektroda Tungsten Untuk Mengelas Baja Karbon

Diameter elektrode mm	Arus las			
	AC		Elektrode negatif	Elektrode positif
	YWP	YWth	Ywp, YWth	Ywp, YWth
0.5	5 ~ 15	5 ~ 20	5 ~ 20	--
1.0	10 ~ 60	15 ~ 80	15 ~ 80	--
1.6	50 ~ 100	70 ~ 150	70 ~ 150	10 ~ 20
2.4	100 ~ 160	140 ~ 235	150 ~ 250	15 ~ 30
3.2	150 ~ 210	225 ~ 325	250 ~ 400	25 ~ 40
4.0	200 ~ 275	300 ~ 425	400 ~ 500	40 ~ 55
4.8	250 ~ 350	400 ~ 525	500 ~ 800	55 ~ 80
6.4	325 ~ 475	500 ~ 700	800 ~ 1100	80 ~ 125

Elektroda tungsten murni biasa digunakan untuk pengelasan AC pada pengelasan aluminium maupun magnesium. Elektroda *tungsten thorium* digunakan untuk pengelasan DC. Elektroda *tungsten Zirconium* digunakan untuk AC- HF Argon dan AC *Balanced Wave* Argon. Elektroda tungsten disediakan dalam berbagai ukuran diameter dan panjang. Untuk diameter dari mulai ukuran 0,254 mm sampai dengan 6,35 mm. Untuk panjang disediakan mulai dari 76,2 mm sampai dengan 609,6 mm. Pengasahan elektroda tungsten dilakukan membujur dengan arah putaran gerinda. Pengasahan dengan arah ini akan mempermudah aliran arus yang akan digunakan di dalam pengelasan, sebaliknya jika penggerindaan dilakukan melintang dengan arah putaran batu gerinda akan mengakibatkan terhambatnya jalannya arus yang digunakan untuk mengelas. Adapun ukuran penggerindaan elektroda tungsten dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).



Gambar 2.3 Elektroda Tungsten

3. Pemlilihan Polaritas Listrik (AC/DC)

Dalam penggunaannya, jenis polaritas yang digunakan akan mempengaruhi kedalaman penetrasi yang akan dibentuk. Pada arus AC distribusi panasnya terjadi 1/2 untuk benda kerja dan 1/2 untuk elektroda. Pada arus DCEP 2/3 panas terjadi pada elektroda dan 1/3

sisanya terjadi pada benda kerja, sedangkan pada arus DCEN terjadi sebaliknya yaitu 1/3 panas untuk elektroda dan 2/3 panas sisanya terjadi pada benda kerja. Konsekuensi distribusi panas yang berbeda ini akan berpengaruh pada kedalaman penetrasi yang berbeda. Pada AC kedalaman penetrasi sedang dengan lebar kawah sedang. Pada DCEP, lebar kawah lebih besar dengan kedalaman penetrasi lebih dangkal bila dibanding AC. Pada DCEN, Lebar kawah lebih sempit dan kedalaman penetrasi lebih dalam bila dibandingkan AC.

4. Gas Pelindung (Argon)

Gas lindung (inert gas) adalah gas yang tidak bereaksi dengan logam maupun gas yang lain. Gas ini dipakai sebagai pelindung busur dan logam panas ketika proses pengelasan karena diudara bebas terdapat gas Nitrogen dan Oksigen yang pada temperatur tinggi gas-gas tersebut akan bereaksi dengan kebanyakan logam dan menimbulkan logam oksida dan gas-gas oksida yang membahayakan kesehatan. Disamping itu pengaruh sangat negatif terhadap hasil lasan. Gas lindung yang biasa dipakai di dalam las gas tungsten dapat berupa gas argon, helium, dan campuran argon-hidrogen. Argon lebih sering dipakai di dalam las gas tungsten berdasar atas beberapa pertimbangan yang antara lain:

A. Busur lebih tenang dan halus.
B. Membutuhkan tegangan busur yang lebih rendah bila dibandingkan dengan gas lindung yang lain untuk panjang busur dan arus yang digunakan.
C. Busur mudah sekali dinyalakan.
D. Dengan arus AC,pengelasan aluminium dan magnesium mudah sekali dilakukan karena aksi pembersihan permukaan logam yang lebih besar

E. Karena berat atom yang besar, konsumsi gas lindung dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan dengan gas lindung yang lain.

Argon yang dipakai sebagai gas lindung di dalam pengelasan gas tungsten harus mempunyai kemurnian 99,99%. Gas ini biasa disimpan di dalam silinder baja berukuran 330 cu.ft. (9,34 m3) yang biasanya mirip dengan silinder baja untuk gas oksigen.

2.2.2 Variabel Proses Las GTAW

Variabel utama pada pengelasan TIG adalah tegangan busur tegangan busur (*arc length*), arus pengelasan, kecepatan gerak pengelasan (*travel speed*), dan gas lindung. Jumlah energi yang dihasilkan oleh busur sebanding dengan arus dan tegangan, sedangkan jumlah bahan las yang dideposisikan per satuan panjang berbanding terbalik dengan kecepatan gerak pengelasan. Busur yang dihasilkan dengan gas pelindung helium lebih dalam dari pada dengan gas argon .

A) Arus Busur

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

GTAW/TIG dapat menggunakan arus searah maupun arus bolak balik. Pemilihan arus tergantung pada jenis bahan yang akan dilas. Arus searah dengan elektroda pada bagian negatif dapat menghasilkan penetrasi yang cukup dalam dan kecepatan las yang lebih tinggi, terutama apabila gas lindungnya adalah helium. Namun dalam aplikasinya, pada pengelasan TIG gas pelindung yang banyak digunakan adalah gas argon. Gas argon

merupakan pilihan yang terbaik untuk pengelasan TIG secara manual baik dengan menggunakan arus searah maupun arus bolak-balik. Ada kemungkinan pemilihan arus yang lain, yakni 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.

B) 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):

1. Arus busur
2. Bentuk ujung elektroda tungsten
3. Jarak antara elektroda tungsten dengan bahan induk
4. Jenis gas lindung

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

C) Kecepatan pengelasan (*Travel speed*)

Kecepatan pengelasan mempengaruhi lebar lajur las dan kedalaman penetrasi TIG dan juga berpengaruh terhadap biaya. Pada beberapa aplikasi, kecepatan pengelasan dipandang sebagai obyektif bersama dengan variabel lainnya dipilih untuk mendapatkan konfigurasi las yang dikehendaki pada kecepatan tertentu.

D) Pengumpan kawat las (*wire feed*)

Cara pengumpanan kawat las ke dalam kolam las menentukan jumlah lajur yang terproduksi dan tampak

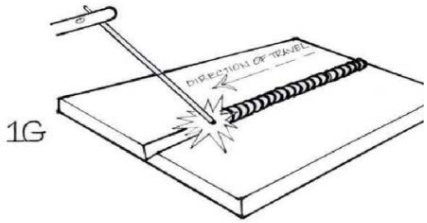
luarnya. Pada mesin las GTAW/TIG yang otomatis, kecepatan pengumpanan kawat las menentukan bahan tambahan las yang terdeposisi persatuan panjang sanbungan las. Mengurangi kecepatan pengumpanan akan memperdalam penetrasi dan meratakan bentuk permukaan (*contour*) lajur las. Pengumpanan kawat las yang terlalu lambat cenderung akan menghasilkan *undercut* (luruhnya sisi kampuh), retak sumbu lajur dan kekurangan pengisian (*lack of jouint fill*). Pengumpanan yang cepat akan mendangkalkan penetrasi dan menyebabkan bentuk lajur cembung (*convex*).

2.3 Posisi Pengelasan

Posisi Pengelasan adalah jenis atau posisi sambungan yang akan dilakukan pengelasan, posisi pengelasan ini dilakukan berdasarkan material atau produk yang akan dilas. Dalam teknologi pengelasan, semua itu ada pengkodeannya berdasarkan jenis sambungan. Untuk sambungan groove atau bevel disimbolkan dengan 1G, 2G, 3G dan 4G.

- Posisi 1G

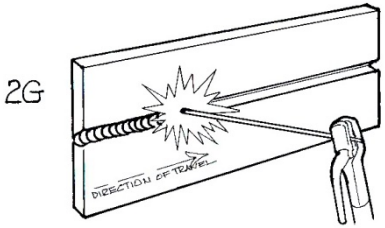
  Posisi pengelasan di bawah tangan *(down hand position)* Posisi pengelasan ini adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja .



Gambar 2.4 Posisi pengelasan 1G

- Posisi 2G

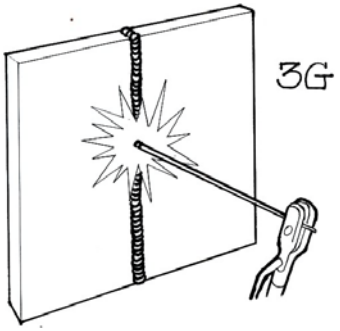
  Posisi pengelasan mendatar *(horizontal position)* Mengelas dengan posisi mendatar merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar/horizontal. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dari arah elektroda las. Pengelasan posisi mendatar sering digunakan unutk pengelasan benda-benda yang berdiri tegak .



Gambar 2.5 Posisi pengalasan 2G

- Posisi 3G

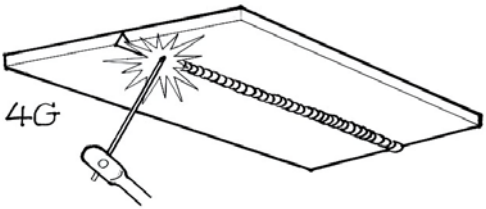
  Posisi pengelasan tegak *(vertical position)* Mengelas dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak/vertikal. Seperti pada horizontal position pada vertical position, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun.



Gambar 2.6 Posisi pengelasan 3G

- Posisi 4G

  Posisi pengelasan di atas kepala *(over head position)* Benda kerja terletak di atas kepala welder, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala operator atau welder. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan posisi-posisi pengelasan yang lain.



Gambar 2.7 Posisi pengelasan 4G

2.4 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). Pada pengelasan, sumber energy berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini merupakan hasil dari arus listrik

pengelasan, tegangan *(Voltase)* listrik pengelasan, dan kecepatan pengelasan yang menghasilkan energi panas dan kemudian dikenal dengan masukan panas *(heat input)*. Kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi panas pengelasan, karena proses pengelasan bergerak dengan kecepatan tertentu.

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan las. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energy pengelasan yang sering disebut *heat input*. Persamaan dari *heat input* hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut :

Masukan panas : $$\mathbf{HI} = \frac{E \times I}{V} \text{.....}$$

Dimana: *HI= masukan panas atau energi (J/mm)*
I= Arus (Ampere)
E=Voltase (Volt)
V=Jarak/Waktu (mm/s)

Dari persamaan diatas dapat dijelaskan beberapa pengertian antara lain, jika kita menginginkan masukan panas yang tinggi maka parameter yang dapat diukur yaitu arus las dapat diperbesar atau kecepatan las diperlambat. Besar kecilnya arus las dapat diukur langsung pada mesin las. Tegangan las umumnya tidak dapat diatur secara langsung pada mesin las, tetapi pengaruhnya terhadap masukan panas tetap ada.

2.5 *Preheating*

Preheating atau pemanasan awal adalah memanaskan seluruh/sebagian benda sebelum pengelasan untuk mengurangi perbedaan panas yang terjadi antara daerah las dengan daerah sekitarnya dan tinggi rendahnya pemanasan awal tergantung tinggi rendahnya kandungan unsur karbon (Alip, 1989: 232).

Definisi *preheat* menurut AWS (American Welding Society) adalah panas yang diberikan kepada logam yang akan dilas untuk mendapatkan dan memelihara *preheat temperature*.

Sedangkan *preheat temperature* sendiri definisinya adalah suhu dari logam induk *(base metal*) disekitar area yang akan dilas, sebelum pengelasan itu dimulai

Preheating/pemanasan awal bertujuan untuk menstabilkan suhu spesimen sebelum dilakukan pengelasan agar tidak terjadi kerusakan/cacat pada saat dan setelah pengelasan. Pada setiap jenis logam memiliki suhu yang berbeda-beda yang digunakan untuk suhu *preheating*.

Preheating bisa menggunakan gas burner, oxy-gas flame, electric blancket, pemanasan induksi, atau pemanasan di furnace. Pemanasan disekitar area pengelasan diusahakan merata untuk mendapatkan hasil yang bagus. Pemanasan yang berlebihan atau tidak merata dapat menyebabkan tegangan sisa yang tinggi, distorsi, atau perubahan metalurgi yang tidak diinginkan pada logam induk.

2.5.1 Alasan di lakukan *preheat*

Beberapa alasan di lakukan preheat pada benda kerja las:

- Untuk mengurangi kelembaban dari area pengelasan. Biasanya dilakukan dengan cara memanaskan permukaan matrial dengan suhu yang relatif tidak terlalu tinggi, hanya sedikit diatas titik didih air. Hal tersebut akan mengeringkan permukaan dan mengghilangkan kontaminan yang tidak diinginkan yang mungkin bisa menyebabkan porosity, hydrogen embrittlement, atau cracking karena hydrogen selama proses pengelasan.
- Untuk menurunkan gradient temperatur. Semua pengelasan busur menggunakan sumber panas temperatur tinggi. Pada material yang dilas akan terjadi perbedaan temperatur antara sumber panas lokal dan material induk yang lebih dingin ketika pengelasan berlangsung. Perbedaan temperatur tersebut menyebabkan perbedaan pemuaian panas dan kontraksi serta tegangan yang tinggi disekitar area yang dilas. Preheating akan mengurangi perbedaan temperatur dari material induk sehingga akan meminimalkan masalah yang terjadi seperti

distrosi dan tegangan sisa yang berlebih. Apabila tidak dilakaukan preheating maka maka bisa terjadi perbedaan temperatur yang besar antara area las-lasan dengan logam induk. Hal ini dapat mengakibatkan pendinginan yang terlalu cepat sehingga menyebabkan terbentuknya martensit dan pada beberapa material dengan hardenability yang tinggi mungkin terjadi cracking.

2.5.2 Faktor yang Mempengaruhi Temperature *Preheat*

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tinggi temperatur pemanasan awal, yaitu :

- **Sumber panas pada saat pengelasan**

  Pemanasan awal pada bahan-bahan baja yang sering dipakai oleh industri manufaktur sangat bervariasi. Untuk mengetahui temperatur pemanasan awal untuk berbagai jenis dan ketebalan pelat adalah dengan cara melihat katalog yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat baja tersebut. Pengelasan awal ini juga sering digunakan pada pengelasan bahan-bahan yang mudah retak dan susah dilas.

- **Ketebalan benda kerja**

  Disini pemanasan sebelum pengerjaan diperlukan untuk memperlambat pendinginan supaya tidak retak pada daerah yang dilas. Dengan semakin tebal bahan, maka semakin besar pula pengaruh pendinginan dan semakin tebal bahan maka semakin lama pemanasan awal yang diperlukan.

- **Komposisi kandungan unsur dan baja**

  Komposisi kandungan unsur dari baja akan menentukan kekerasan baja tersebut. Misalnya baja karbon yang baru dilas dan kemudian didinginkan dengan cepat maka berakibat keretakan pada benda kerja tersebut.

2.6 Kodefikasi Elektroda

Elektroda terumpan merupakan logam pengisi kampuh las pada proses las GTAW. Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam. Pemilihan elektroda harus benar-benar diperhatikan mengingat filler rod harus memiliki komposisi lebih unggul dibanding logam dasar atau diharuskan sama dengan kekuatan material logam dasar. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standart sistem *AWS* (*American Welding Society)* dan *ASTM (American Society Testing Material).*

Adapun kodefikasi dari elektroda sebagai berikut :

Contoh : ER XX S- A

ER : Electrode Rod

XX : Dua digit menunjukkan kekuatan tariknya dalam Ksi (Kilopound square inch). Jika dibaca dalam ukuran Psi (Pound square inch) maka x 1000, dimana 1 Ksi = 1000 Psi

S : Menyatakan kontruksi elektroda solid

A : Komposisi elektroda

Tabel 2.3 Komposisi kimia ER 70S-6

Komposisi	Kandungan (%)
Carbon	0,06-1,5%
Silikon	0,08-1,15%
Nickel	0,15% max
Molybdenum	0,15% max
Copper	0,50%
Sulfur	0,035%
Chromium	0,15%
Iron	Balance
Manganese	1,40-1,85 %
Phosphorus	0,025 % max
Vanadium	0,03 % max
Other Total	0,50 % max

2.7 Material A36

Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah jenis material A36 dimana material ini memiliki kandungan komposisi kimia yang ditunjukkan pada tabel 2.1. Untuk sifat mekanik material A36 ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.4 Nilai *Chemical Composition*

Product	Shapes[A]	Plates[B]				
Thickness, in. [mm]	All	To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 2 ½ [40 to 65], incl	Over 2½ to 4 [65 to 100], incl	Over 4 [100]
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
Manganese, %	...	...	0.80–1.20	0.80–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40
Copper, min, % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Tabel 2.5 Karakteristik dari 5 Elemen pada Baja

Nama Elemen	Simbol	Karakteristik	Sifat Mampu Las
Karbon	C	Paling besar pengaruhnya pada sifat baja. Menambah kekuatan tarik dan kemampuan baja untuk mengeras.	Umumnya kandungan karbon 0,2 % atau lebih menjamin sifat mampu las yang lebih baik
Mangan	Mn	Menaikkan kekuatan dan kekerasa baja. Normalnya baja mengandung 0,2%-0,8% mangan	Penambahan mangan menjamin sifat mampu las yang baik bila kandungannya tidak lebih dari 1,5%
Fosfor	P	Fosfor merupakn pengotor dan membuat baja rapuh yang	Karena Fosfor mempunyai sifat mengganggu maka untuk las

		menyebabkan retak dingin	kandungannya tidak lebih dari 0,04%
Silikon	Si	Baja dengan kandungan silikon tinggi sukar di di roll sehingga kandungan silikon tidak lebih dari 0,3%.	Penambahan 0,6% atau lebih rendah tidak mengganggu sifat mampu las
Belerang	S	Untuk baja, belerang adalah pengotor, membuat baja rapuh dan menyebabkan retak panas	Karena belerang mempunyai sifat mengganggu maka untuk las kandungannya tidak lebih dari 0,04%

Tabel 2.6 Sifat Mekanik A36

Standard	Grade	Mechanical Properties		
		Tensile Test		
		Yield Strength MPa	Tensile Strength MPa	Elongation %
GB/T 700	Q235B	≥ 235	370-500	≥ 26
JIS G3101	SS400	≥ 235	400-510	≥ 21
ASTM A36	A36	≥ 250	400-550	≥ 23
ASTM A283	Gr.C	≥ 205	380-515	≥ 22
EN10025	S235JR	≥ 235	350-510	≥ 26

2.8 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik adalah kemampuan suatu bahan untuk menerima beban, gaya, dan energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan tersebut. Beberapa sifat mekanik antara lain :

A. Kekuatan *(Strength)*

Merupakan kemampuan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Kekuatan terbagi kebeberapa macam tergantung jenis beban yang bekerja, yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan torsi dan kekuatan lengkung

B. Kekerasan *(Hardness)*

Merupakan kemampuan bahan untuk tahan terhadap goresan, pengikisan, indentasi dan penetrasi. Kekerasan juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.

C. Kekenyalan *(Elasticity)*

Merupakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Bila suatu benda mengalami tegangan maka akan terjadi perubahan bentuk.

D. Kekakuan *(Stiffness)*

Merupakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjdinya perubahan bentuk deformasi atau defleksi

E. Plastisitas *(Plasticity)*

Merupakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis yang permanen tanpa mengakibatkan terjadin kerusakan.

F. Ketangguhan *(Toughness)*

Merupakan kemampuan bahan untuk menyerap energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda pada kondisi tertentu.

G. Kelelahan *(Fatigue)*

Merupakan kecenderungan dari bahan untuk patah bila menerima tegangan berulang-ulang yang besarmya masih jauh di bawah batas kekuatan elastiknya.

H. Melar *(Creep)*

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

I. Kegetasan *(Brittleness)*

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

J. Keuletan *(Ductility)*

Merupakan kemampuan sifat material yang digambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material yang ulet ini harus kuat dan lentur. Keuletan biasanya diukur dengan periode tertentu persentase keregangan.

2.9 *Tensile Test*

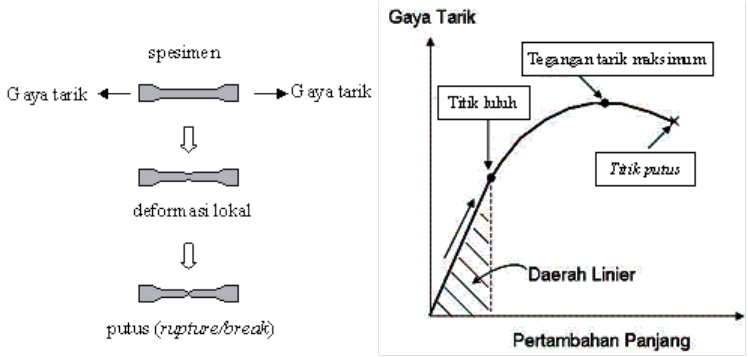
Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat kekuatan suatu material dan mengenali karakteristik pada material tersebut dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah dalam suatu garis lurus. Pemberian beban pada kedua arah sumbunya diberi beban yang sama besarnya. Beban yang diberikan pada bahan yang diuji ditransmisikan pada pegangan bahan yang diuji. Dimensi dan ukuran beban uji disesuikan dengan standard baku pengujian. Pengujian kali ini menggunakan standard ASME IX. Ada banyak hal yang bisa didapatkan dari uji tarik, dengan memberikan gaya tarik pada material sampai putus maka semua susunan struktur

material bisa diketahui dengan jelas sehingga dapat menentukan kualitas dari material tersebut.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis suatu material, khususnya logam diantara sifat mekanis yang dapat diketahui dari hasil pengujian tarik adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan tarik
2. Keuletan
3. Ketangguhan
4. Kuat luluh
5. Modulus elastis

Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Bila kita terus menarik suatu bahan (dalam hal ini suatu logam) sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti gambar 2.6. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut.



Gambar 2.8 Uji Tarik dan Kurvanya

Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut *Ultimate Tensile Strength (UTS)*, atau dalam bahasa indonesia disebut dengan tegangan tarik maksimum. Hubungan anatara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linier zone*. Di daerah ini kurva pertambahan panjang vs

beban mengikuti aturan Hooke sebagai berikut rasio tegangan *(stress)* dan regangan *(strain)* adalah konstan. *Stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan dan *strain* adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

Untuk hasil dari *elongation* dapat dilihat dari rumus dibawah

- Tegangan

  $$\sigma = \frac{F}{A}$$

  Dimana :

  σ = Tegangan (N/mm^2)
  F = Gaya
  A = Luas

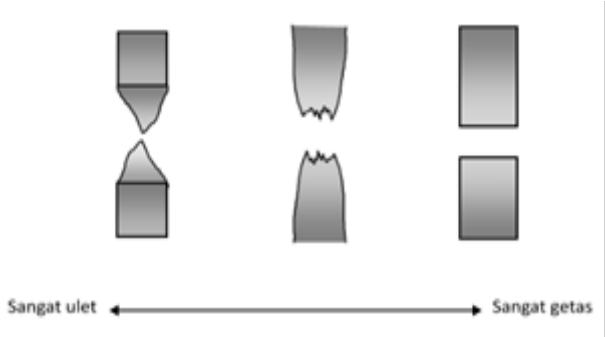
- Regangan

  $$\varepsilon = \frac{\Delta L}{Lo} \times 100\ \%$$

  Dimana

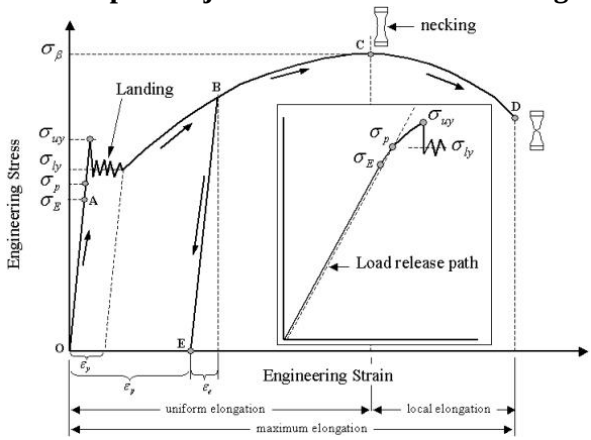
  ε = Regangan (%)
  ΔL = Perpanjangan (mm)
  Lo = Panjang awal (mm)

Dilihat dari spesimen yang putus saat pengujian tarik bentuk patahan dari spesimen dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 2.9 Bentuk Patahan

2.9.1 Detail profil uji tarik dan sifat mekanik logam



Gambar 2.10 Diagram Tegangan Regangan

a. Batas elastis σ_e (*elastic limit*)

Dinyatakan dengan titik A. Bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula yaitu regangan "nol" pada titik O. Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan.

b. Batas proporsional σ_p (*proportional limit*)

Titik sampai di mana penerapan hukum Hooke masih bisa ditolerir. Tidak ada standarisasi tentang nilai ini. Dalam praktek, biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis.

c. Deformasi plastis (*plastic deformation*)

Yaitu perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula bila bahan ditarik sampai melewati batas proporsional dan mencapai daerah *landing*.

d. Tegangan luluh atas σ_{uy} (*upper yield stress*)

Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis.

e. Tegangan luluh bawah σ_{ly} (*lower yield stress*)

Tegangan rata-rata daerah *landing* sebelum benar-benar memasuki fase deformasi plastis. Bila hanya disebutkan tegangan luluh (*yield stress*), maka yang dimaksud adalah tegangan ini.

f. Regangan luluh ε_y (*yield strain*)

Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.

g. Regangan elastis ε_e (*elastic strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.

h. Regangan plastis ε_p (*plastic strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.

i. Regangan total (*total strain*)

Merupakan gabungan regangan plastis dan regangan elastis, $\varepsilon_T = \varepsilon_e + \varepsilon_p$. Perhatikan beban dengan arah OABE. Pada titik B, regangan yang ada adalah regangan total. Ketika beban dilepaskan, posisi regangan ada pada titik E dan besar regangan yang tinggal (OE) adalah regangan plastis.

j. Tegangan tarik maksimum *(UTS, ultimate tensile strength)*

Ditunjukkan dengan titik C (σ_β), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

k. Kekuatan patah *(breaking strength)*

Ditunjukkan dengan titik D, merupakan besar tegangan di mana bahan yang diuji putus atau patah.

2.10 Uji Metalografi

Ilmu logam dibagi menjadi dua bagian khusus, yaitu metalurgi dan metalografi. Metalurgi adalah menguraikan tentang cara pemisahan logam dari ikatan unsur lain atau cara pengolahan logam secara teknis, sehingga diperoleh jenis logam atau logam paduan yang memenuhi kebutuhan tertentu. Sedangkan metalografi adalah mempelajari tentang pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur dan persentase campuran dari logam tersebut.

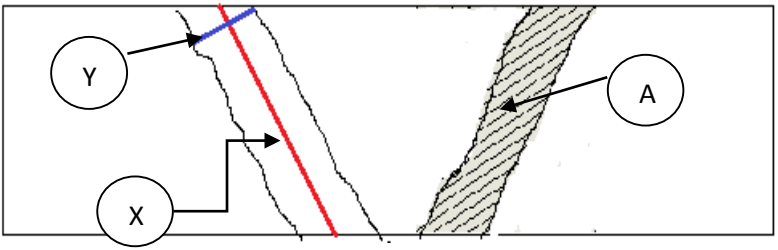
Metalografi meliputi tahap-tahap sebagai berikut :

1. Cutting, yaitu mengetahui prosedur proses pemotongan sampel dan menetukan teknik pemotongan yang tepat dalam pengambilan sampel metalografi sehingga didapat benda uji yang representatif.
2. Mounting, yaitu menempatkan sampel pada suatu media, untuk memudahkan penanganan sampel yang berukuran kecil dan tidak beraturan tanpa merusak sampel.
3. Grinding, yaitu meratakan dan menghaluskan permukaan sampel dengan cara menggosokkan sampel pada kain abrasif atau ampelas.
4. Pemolesan (Polishing), yaitu mendapatkan permukaan sampel yang halus dan mengkilat seperti kaca tanpa menggores, sehingga diperoleh permukaan sampel yang halus bebas goresan dan mengkilap seperti cermin, menghilangkan ketidakteraturan sampel hingga orde 0,01 µm.
5. Etsa, yaitu mengamati dan mengidentifikasi detil struktur logam dengan bantuan mikroskop optik setelah terlebih dahulu dilakukan proses etsa pada sampel, mengetahui perbedaan antara etsa kimia dengan elektro etsa serat aplikasinya.

2.10.1 Uji Makro *(Macroscopic Examination)*

Uji Makro merupakan pemeriksaan bahan dengan mata langsung atau memakai kaca pembesar yaitu dengan pembesaran rendah. Kegunaannya adalah untuk memeriksa permukaan yang terdapat celah-celah, lubang-lubang, pada struktur logam yang sifatnya rapuh, bentuk-bentuk patahan benda uji bekas pengujian mekanis yang selanjutnya dibandingkan dengan beberapa logam menurut bentuk adn strukturnya antara satu dengan yang lain menurut kebutuhannya. Angka pembesaran pemeriksaan makro antara 0,5 kali sampai 50 kali. Pemeriksaan secara makro biasanya untuk bahan-bahan yang memiliki struktur kristal yang tergolong besar dan kasar. Proses pengetsaan menggunakan cairan *Alcohol* dan HNO3, maka bagian *Weld Metal, HAZ, dan Base Metal* akan terlihat.

Untuk mengetahui lebar dari masing-masing HAZ dilakukan permisalan pada gambar dibawah



Gambar 2.11 Keterangan Garis *HAZ*

Keterangan :
A = Luas HAZ (daerah yang diarsir)
X = Panjang Acuan HAZ (garis warna merah)
Y = Lebar rata-rata HAZ (garis biru)

2.10.2 Uji Mikro *(Microscopic Examination)*

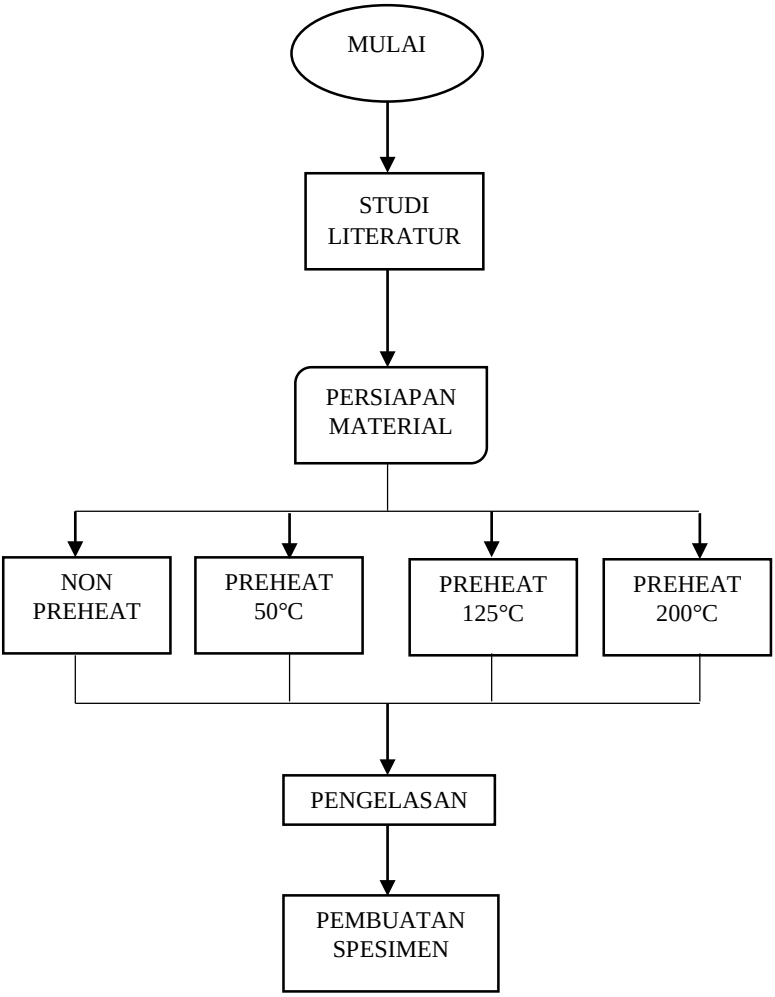
Yang dimaksud dengan pemeriksaan mikro ialah pemeriksaan bahan logam di mana bentuk kristal logam tergolong halus sehinga diperlukan angka pembesaran lensa mikroskop antara 50 kali sampai 3000 kali atau lebih dengan menggunakan mikroskop industri.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

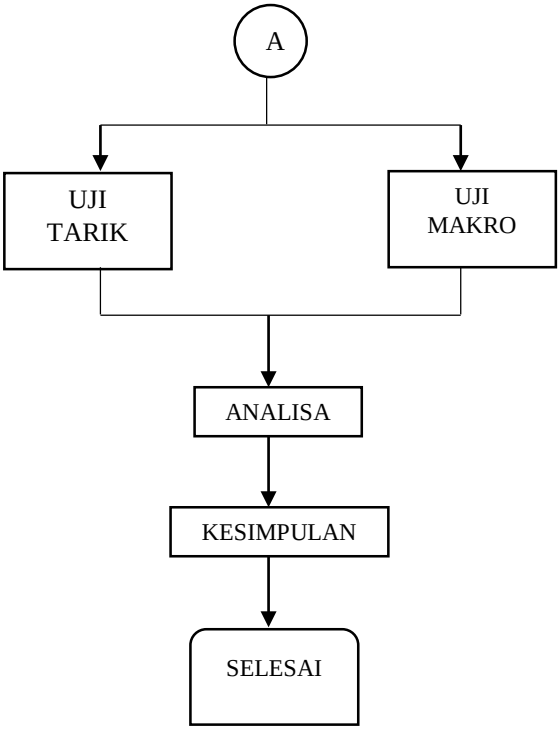
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 *Flow Chart Penelitian*

Dalam pengerjaan tugas akhir ini sesuai dengan *flow chart* yang bisa dilihat pada gambar 3.1 dan 3.2 ini.



Gambar 3.1 *Flow Chart* Diagram



Gambar 3.1 *Flow Chart* Diagram (Lanjutan)

3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2018/2019 yaitu pada bulan September 2018 sampai dengan Januari 2019.

3.3 Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Lab Metalurgi Departemen Teknik Mesin Fakultas Vokasi ITS dan PT Algas Mitra Sejati sebagai tempat pengelasan.

3.4 Langkah Kerja

Dalam menyelesaikan penelitian ini langkah pertama yag dilakukan adalah studi literatur tentang *preheat*, studi literatur tentang baja A36 dan dilanjutkan dengan studi literatur pengujian tarik dan *macro etsa.*

3.4.1 Studi Literatur

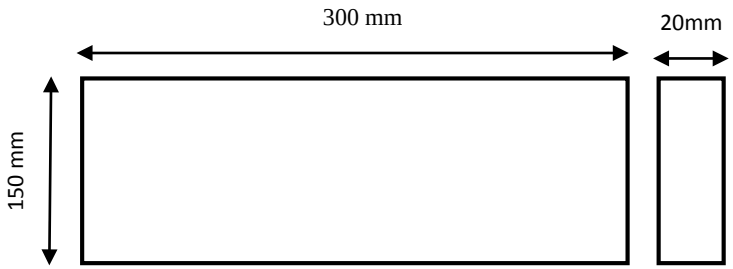
Tahapan studi literatur adalah mempelajari dan membahas teori-teori yang dibutuhkan untuk mengerjakan penelitian ini. Selain itu juga melakukan pengambilan data melalui buku dan internet.

3.4.2 Persiapan Material

A. Material yang disiapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Material plat baja A36 dengan tebal 20mm sebagai bahan spesimen
- Filler ER70S-6 digunakan sebagai logam pengisi lasan dengan diameter 3,2 mm

Dimensi ukuran benda kerja sebagai berikut :



Gambar 3.2 Dimensi Material

Gambar 3.3 Sudut Bevel 30°

Gambar 3.4 Plat Baja A36

Gambar 3.5 Kawat Las ER70S-6

B. Berbagai alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Mesin Las GTAW
- Mesin Gergaji
- Mesin Gerinda
- Mesin Blander
- Termogun
- Tang Ampere
- Stopwatch
- Alat Uji Tarik
- Alat Uji Makro Etsa

Gambar 3.6 Mesin Las GTAW

Gambar 3.7 Tang Ampere

C. Berbagai persiapan spesimen awal dengan rincian sebagai berikut :

- Plat baja karbon A36 dengan dimensi 300mm x 150 mm x 20 mm sebanyak 8 lembar.
- Bagian plat yang akan di las diratakan dan dibentuk sudut bevel dengan kemiringan 30° dengan mesin gerinda tangan
- Pembersihan terhadap kotoran yang ada dipermukaan material yang aan di las dengan gerinda tangan
- Spesimen siap di las

Gambar 3.8 Pemotongan Spesimen A36

Gambar 3.9 Spesimen A36 Sebelum di Las

3.4.3 *Preheat*

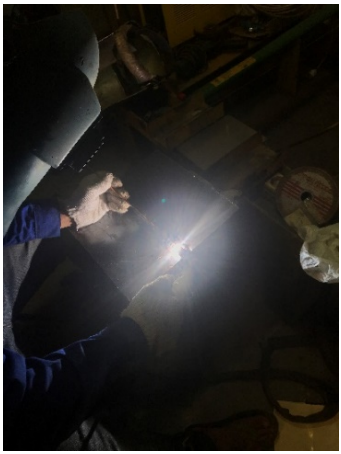
Sebelum dilakukan pengelasan, benda kerja dipanaskan dahulu dengan mesin blander sampai mencapai suhu 50°C, 125°C, dan 200°C. Suhu tersebut didapat dengan cara memasukkan nilai *carbon, manganese, chrome, cooper,* proses pengelasan, *thickness* ke *preheat calculation ke website* (*http://www.gowelding.com/weld/preheat/preheatcalc.htm*). Setelah itu didapatkan *preheat 125°C* dan di up & down 75°C.

Gambar 3.10 Pemanasan Benda Kerja

Gambar 3.11 Pengukuran Suhu Menggunakan Termogun

3.4.4 Pengelasan

Pengelasan dilakukan menggunakan GTAW posisi 1G. Pengelasan pada benda kerja ini menggunakan jenis kawat las ER70S-6 dengan diameter 3,2 mm. Arus yang digunakan adalah 180 A.



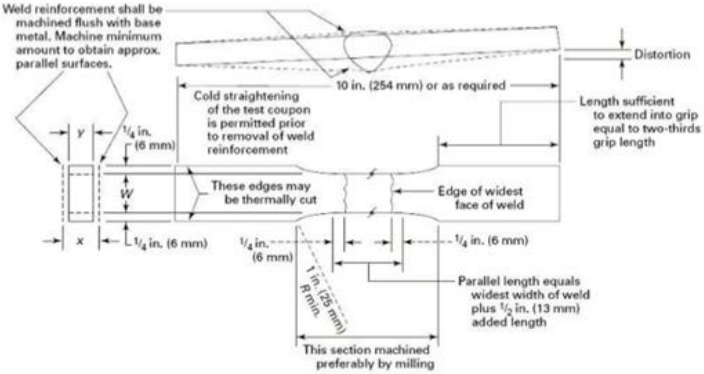
Gambar 3.12 Proses Pengelasan

3.4.5 Pembuatan Spesimen

Setelah dilakukan pengelasan, benda kerja dipotong menjadi beberapa bagian untuk pengujian tarik *(Tensile)* dan makro etsa *(Macro Etching)*.

A. Spesimen Uji Tarik

Untuk pengujian tarik dilakukan pengambilan spesimen total 8 spesimen yang akan diuji masing-masing variasi berjumlah 2 yaitu spesimen dengan suhu non-preheat, suhu preheat 50°C, 125°C, dan 200°C. Untuk dimensi spesimen disesuaikan dengan *ASME Section IX* untuk *Tensile Test.*



Gambar 3.13 *ASME Standart for Tensile*

Benda pengujian tarik dibentuk sesuai dengan standar ASME. Daerah lasannya digerinda sampai rata dengan logam induk. Benda kerja untuk uji tarik permukaan yang akan dicekam nantinya harus rata dan halus.

Gambar 3.14 Spesimen Uji Tarik Non-Preheat

Gambar 3.15 Spesimen Uji Tarik *Preheat* 50°C

Gambar 3.16 Spesimen Uji Tarik *Preheat* 125°C

Gambar 3.17 Spesimen Uji Tarik *Preheat* 200°C

B. Spesimen Uji Makro Etsa

Untuk pengujian makro etsa dilakukan pengambilan spesimen total 4 spesimen yang akan diuji masing-masing variasi berjumlah 1 yaitu spesimen dengan suhu non-preheat, suhu preheat 50°C, 125°C, dan 200°C.

Gambar 3.18 Spesimen Uji Makro Etsa

3.4.6 Pengujian

A. Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dari logam induk setelah mengalami proses pengelasan. Pengujian tarik dilakukan dengan jalan memberikan beban tarik pada batang uji secara perlahan-lahan sampai benda uji terputus atau patah. Berikut langkah-langkah pengujian tarik :

1) Menyiapkan spesimen
   - Ambil spesimen dan jepit pada ragum
   - Bersihkan bekas-bekas *machining* dengan kikir
   - Lakukan langkah diatas untuk seluruh spesimen

2) Pengukuran dimensi

- Ambil spesimen dan ukur dimensinya
- Catat dan beri kode untuk masing -masing spesimen.
- Lakukan langkah diatas untuk seluruh spesimen

3) Pengujian pada spesimen.

- Mencatat data benda kerja pada mesin.
- Ambil specimen dan letakkan pada tempatnya.
- Amati datanya dan catat.
- Ulangi langkah diatas untuk seluruh specimen.

B. Pengujian Makro Etsa

Pengujian makro bertujuan untuk melihat secara visual atau kasat mata hasil dari pengelasan apakah terdapat cacat atau tidak, dengan dilakukan proses etsa terlebih dahulu. Adanya proses pengetsaaan daerah las lebih jelas terlihat. Berikut langkah-langkah makro etsa :

1. Menggosok benda uji dengan menggunakan amplas 200,400,800,1000 dan 2000 hingga benda uji benar-benar halus dan rata
2. Mempersiapkan peralatan untuk makro etsa
3. Pengetsaan benda kerja dengan melarutkan larutan alcohol dengan HNO_3 yang mana perbandingannya adalah 98 ml untuk alkohol dan 2 ml untuk HNO_3
4. Aduk hingga tercampur dengan rata
5. Kemudian bersihkan benda kerja dengan cara merendam benda kerja dengan alkohol 96% selama 2 menit
6. Setelah itu, benda kerja dimasukkan kedalam larutan etsa selama 3-5 menit

7. Ketika sudah terlihat daerah hasil lasan, angkat dan celupkan kedalam alkohol sebentar lalu keringkan dengan *hair dryer*
8. Setelah itu amati hasil pengujian.

Gambar 3.19 Alat dan Bahan Uji Makro Etsa

Gambar 3.20 Larutan Etsa

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Paramaeter Pengelasan

Pada penelitian ini, hasil pengelasan dipengaruhi oleh beberapa parameter. Penentuan parameter ini sesuai dengan standart yang ada pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Material dan Elektroda

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	A36
Tebal	20 mm
AWS Classification	ER70S-6
Filler Diameter	3,2 mm
Posisi Pengelasan	1G
Polaritas	DCEN

Tabel 4.2 Data Primer Pengelasan

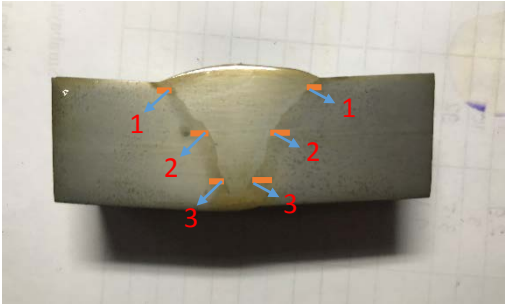
PROSES	*Non-preheat*	*Preheat 50°c*	*Preheat 125°c*	*Preheat 200°c*
Ampere (A)	180	180	180	180
Voltage (V)	20	20	20	20
Travel Speed (mm/s)	70,2	58,6	62,2	51,7
Heat Input (KJ/mm)	3,07	3,68	3,47	4,17

4.2 Data Hasil Pengujian

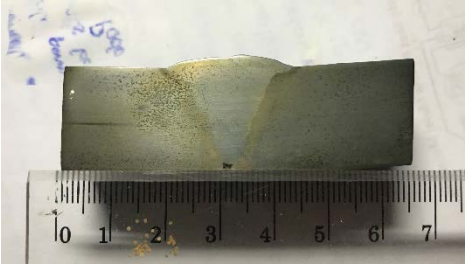
4.2.1 Makro Etsa

Pengujian makro dilakukan dengan cara mengetsa benda terlebih dahulu. Setelah itu daerah las akan terlihat dan diukur dengan penggaris.Pada pengujian makro etsa ini yang akan terlihat daerah *HAZ.*

- Hasil Uji Makro Spesimen Non-Preheat



Gambar 4.1 Foto Makro Spesimen Non-Preheat

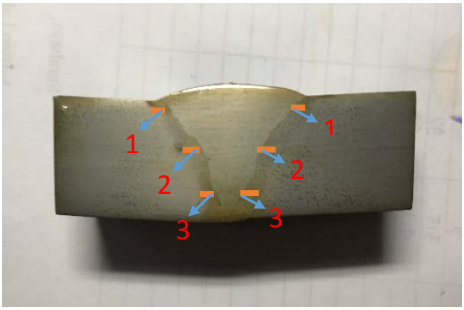


Gambar 4.2 Lebar *HAZ* Spesimen Non-Preheat

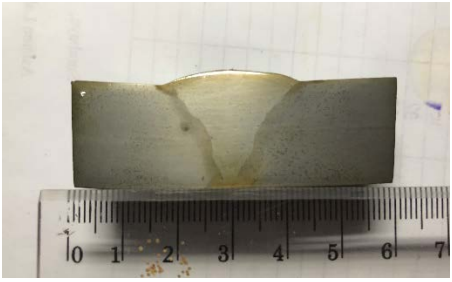
Tabel 4.3 Lebar HAZ Hasil Pengujian Makro pada Spesimen Non-Preheat

NO	Posisi	Lebar HAZ (mm)
1	Kiri	1
2		1
3		1
1	Kanan	1
2		1
3		1

- Hasil Uji Makro Spesimen Preheat 50°C



Gambar 4.3 Foto Makro Spesimen Preheat 50°C

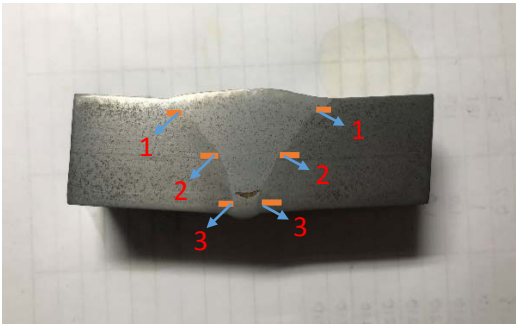


Gambar 4.4 Lebar *HAZ* Spesimen Preheat 50°C

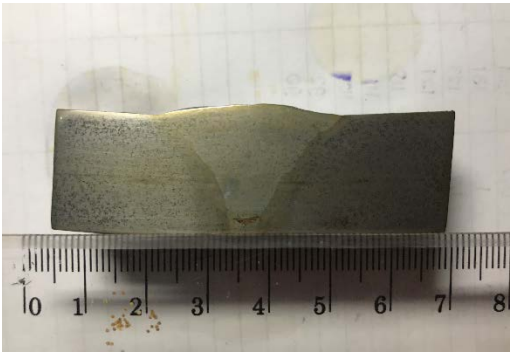
Tabel 4.4 Lebar HAZ Hasil Pengujian Makro pada Spesimen Preheat 50°C

NO	Posisi	Lebar HAZ (mm)
1	Kiri	1
2		2
3		1
1	Kanan	1
2		2
3		2

- Hasil Uji Makro Spesimen Preheat 125°C



Gambar 4.5 Foto Makro Spesimen Preheat 125°C

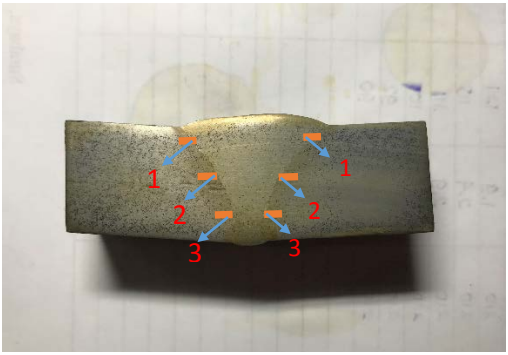


Gambar 4.6 Lebar *HAZ* Spesimen Preheat 125°C

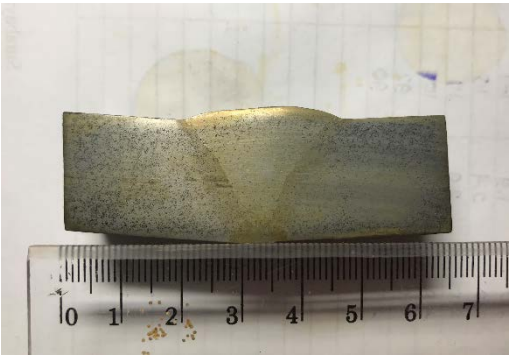
Tabel 4.5 Lebar HAZ Hasil Pengujian Makro pada Spesimen Preheat 125°C

NO	Posisi	Lebar HAZ (mm)
1	Kiri	1
2		2
3		2
1	Kanan	1
2		2
3		2

- Hasil Uji Makro Spesimen Preheat 200°C



Gambar 4.7 Foto Makro Spesimen Preheat 200°C

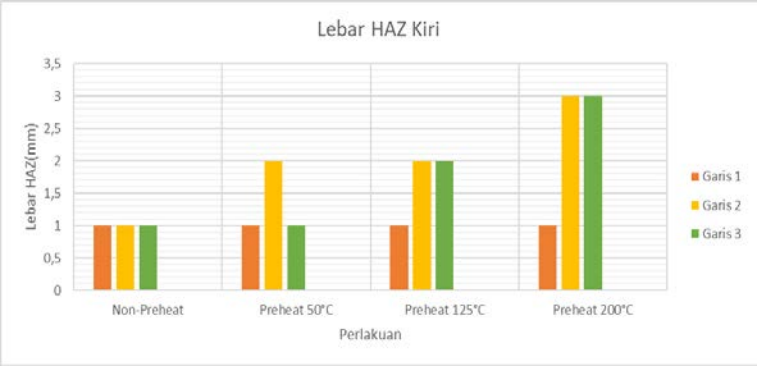


Gambar 4.8 Lebar *HAZ* Spesimen Preheat 200°C

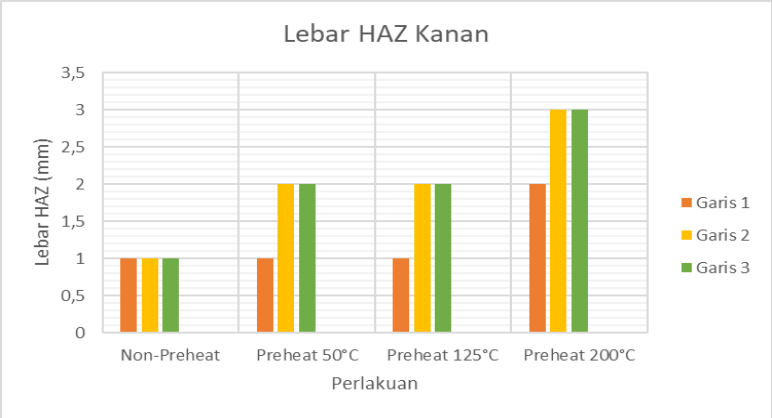
Tabel 4.6 Lebar HAZ Hasil Pengujian Makro pada Spesimen Preheat 200°C

NO	Posisi	Lebar HAZ (mm)
1	Kiri	1
2		3
3		3
1	Kanan	2
2		3
3		3

Dari tabel 4.3 sampai tabel 4.6 dapat disimpulkan dengan grafik berikut menggunakan perbandingan antara lebar *HAZ* dimana diambil bagian kanan dan kiri yang masing-masing diambil 3 nilai lebar *HAZ*



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Lebar *HAZ* Sebelah Kiri



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Lebar *HAZ* Sebelah Kanan

4.2.2 Pengujian Tarik

Pengujian tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Pengujian ini dilakukan dengan standart ASME IX.

Gambar 4.11 Pengujian Tarik Pada Spesimen Non-preheat

Gambar 4.12 Pengujian Tarik Pada Spesimen Preheat 50°C

Gambar 4.13 Pengujian Tarik Pada Spesimen Preheat 125°C

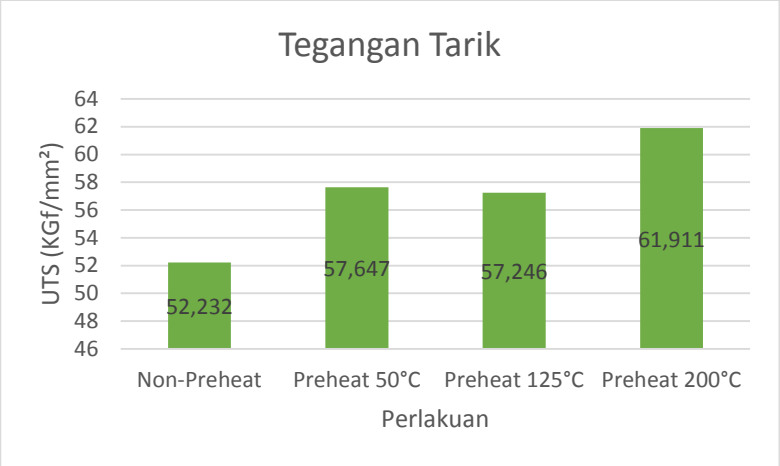
Gambar 4.14 Pengujian Tarik Pada Spesimen Preheat 200°C

Berikut merupakan data hasil dari pengujian uji tarik :

Tabel 4.7 Data Pengujian Uji Tarik

Perlakuan	NO	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Luas Penampang (mm^2)	Max Load (kgf)	Ultimate Tensile Strength ($\frac{kgf}{mm^2}$)	Lokasi Patah
Non Preheat	1	20	18,9	378	20878,047	55,232	BM
	2	15	19	285	14123,069	49,554	HAZ
Rata-rata						52,232	
Preheat 50°C	1	15,7	19,6	307	17335,175	56,466	HAZ
	2	16,1	19,4	312	18354,891	58,829	HAZ
Rata-rata						57,647	
Preheat 125°C	1	15	19,4	291	16315,459	56,066	HAZ
	2	16,3	19,8	322	18813,764	58,427	HAZ
Rata-rata						57,246	
Preheat 200°C	1	15,6	19,6	305	19374,608	63,523	HAZ
	2	16	19,5	312	18813,764	60,300	HAZ
Rata-rata						61,911	

Dari data diatas dapat dilihat dalam bentuk grafik berikut :



Gambar 4.15 Grafik Nilai Tegangan Tarik

4.3 Pembahasan Hasil Pengujian

4.3.1 Pembahasan Hasil Pengujian Makro Etsa

Pengambilan pengujian makro dilakukan untuk melihat secara visual bagian *weld metal*, *HAZ*, dan *base metal* pada penampang spesimen las. Pengujian makro ini bertujuan untuk melihat besarnya lebar *HAZ*. Sebelum dilakukan pengukuran lebar *HAZ*, dilakukan pengetsaan terlebih dahulu untuk memudahkan visualisasi dalam pengukuran.

Tabel 4.8 Rata-rata Lebar *HAZ*

Lebar *HAZ*(mm)	Spesimen			
	Non-*preheat*	*Preheat* 50°C	*Preheat* 125°C	*Preheat* 200°C
Garis 1	1	1	1	1,5
Garis 2	1	2	2	3
Garis 3	1	1,5	2	3
Rata-rata	1	1,5	1,7	2,5

Lebar *HAZ* dipengaruhi oleh temperatur *preheat*. Hasil pengukuran lebar *HAZ* pada setiap spesimen berbeda-beda seiring dengan besarnya temperatur *preheat*. Dari empat spesimen yang diuji, terlihat bahwa spesimen non-*preheat* memiliki lebar *HAZ* paling kecil, yaitu 1 mm. Sedangkan lebar *HAZ* paling besar di miliki oleh spesimen *preheat* 200°C yakni sebesar 2,5 mm. Dari pengujian makro etsa ini bisa disimpulkan bahwa dengan adanya preheat akan memperlebar daerah *HAZ* selama proses pengelasan. Semakin besar *preheat* maka semakin besar pula lebar *HAZ*. Semakin rendah *preheat* maka semakin kecil *HAZ*-nya. Hal tersebut terjadi karena laju pendinginan pada benda yang dilakukan *preheat* lebih lambat dibandingkan dengan benda yang tidak dilakukan *preheat.*

4.3.2 Pembahasan Hasil Pengujian Tarik

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat bahan yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik suatu bahan sewaktu mengalami pembebanan. Semakin besar kekuatan tariknya maka semakin besar kuat bahan tersebut. Nilai kekuatan tarik ditentukan oleh beberapa hal, salah satunya adalah perlakuan panas sebelum melakukan pengelasan *(preheat).*

Dari data yang didapat setelah melakukan pengujian uji tarik, pengujian dengan perlakuan suhu *preheat* tertinggi (200°C) memiliki kekuatan tarik paling besar yaitu 63,523 Kgf/mm^2. Sedangkan nilai kekuatan tarik paling rendah terjadi pada spesimen dengan perlakuan non-*preheat* yaitu sebesar 49,554 Kgf/mm^2. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa adanya panas akibat dari proses *preheat* akan membuat sifat mekanik pada material berubah. Selain itu digunakannya pengelasan multi layer seiring ketebalan plat yang mencapai 20 mm juga mempengaruhi sifat mekanik material. Pada pengelasan multi layer, layer kedua akan menyebabkan efek *postheat* pada layer sebelumnya dan *preheat* bagi layer

sesudahnya. Efek dari *preheat* dan *postheat* tersebut menyebabkan peningkatan nilai kekuatan tarik pada logam las maupun daerah pengaruh panas *(HAZ)* sehingga lokasi patahan terjadi pada lokasi terlemah yaitu *HAZ*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan percobaan perbedaan variasi suhu *preheat* pada baja A36 dengan pengelasan GTAW dengan dilakukan pengujian makro etsa dan tarik, maka dapat disimpulkan antara lain :

1. Pada pengujian makro etsa didapat hasil pengukuran lebar *HAZ* pada pengelasan non *preheat*, *preheat* suhu 50°C, *preheat* suhu 125°C, dan *preheat* suhu 200°C, didapat bahwa nilai lebar *HAZ* paling kecil terdapat pada pengelasan non *preheat*. Sedangkan nilai lebar *HAZ* paling besar terdapat pada pengelasan *preheat* suhu 200°C.
2. Pada pengujian *Tensile Test* didapat hasil kekuatan tarik pada pengelasan non *preheat*, *preheat* suhu 50°C, *preheat* suhu 125°C, dan *preheat* suhu 200°C, didapat bahwa nilai kekuatan tarik terbesar terjadi pada spesimen *preheat* suhu 200°C sebesar 63,523 Kgf/mm^2. Sedangkan nilai kekuatan tarik paling rendah terjadi pada spesimen dengan perlakuan non-*preheat* yaitu sebesar 49,554 Kgf/mm^2.

5.2 Saran

Data hasil pengujian mekanis menujukkan bahwa semakin tinggi temperatur *preheat* akan memperbaiki sifat mekanis yang ditujukkan dengan kekuatan tarik yang semakin tinggi, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi temperatur *preheat* yang lebih tinggi dari 200°C untuk mengetahui batas temperatur *preheat* yang dapat menghasilkan sifat mekanis yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

American Society of Mechanical Engineers Section IX, *Boiler And Pressure Vessel Code An International Code, Materials*, Edition July 2015.

Tim Penyusun, Fakultas Teknik UNY. 2004. Mengelas Dengan proses Las Gas Tungsten. Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.

http://bangkitwidayat.blogspot.com/2010/04/apa-yang-harus-diketahui-oleh-welding_5989.html

Kris Karuniawan, Amitaya. 2017. Pengaruh variasi temperatur preheat pada pengelasan SMAW material AISI 1045 terhadap kekerasan dan struktur mikro. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

http://www.gowelding.com/weld/preheat/preheatcalc.htm

Mega Sari, Dani.2015. Pengaruh suhu *preheating* pada hasil pengelasan GTAW terhadap sifat fisis dan mekanis *stainless steel 304*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Lampiran 1
Mill Certificate

PT. GUNAWAN DIANJAYA STEEL Tbk.

Surabaya - Indonesia

Head Office :
Jl. Margomulyo No. 29 A
Tambak Sarioso - Asemrowo - Surabaya 60184
Phone : (62-31) 7490598 (Hunting)
Fax : (62-31) 7490581
E-mail : quality@gunawansteel.com
http//www.gunawansteel.com

Certified Quality Management
ISO 9001 : 2008
Cert. No. JKI 094512

MILL TEST CERTIFICATE

ACC. TO EN10204 : 2004 3.1

Certificate No. : GDS-QC-2017-0524
Date : February 23, 2017
Despatch Advice No. : LDO-1702-00344

PT. BENTENG ANUGERAH SEJAHTERA
Jl. Tanjungsari No. 44-B RT.001 RW.016 Simomulyo, Sukomanunggal Surabaya Jawa Timur 60181
D - 043 - 2017 PO NO : PR1701-0148
HOT ROLLED STEEL PLATE
ASTM A36 - 14
ASTM A6 - 14

Plate Number	Quantity	Dimensions (mm) T	W	L	Weight (MT)	Ladle Analysis (%) C	Si	Mn	P	S	Nb	Cu	Cr	Ni	Mo	V	Al	Ti	N	Tensile Test Test No.	Y.S N/mm²	T.S N/mm²	El % 200mm	Bend Test	Impact Value in Joule (°C) I	II	III	Av	Refe
						x 10⁻²			x 10⁻³			x 10⁻²			x 10⁻³														
. 43-45	3	6	1500	6080	1.290	12	23	74	13	8	1	2	0	2	9	3	48	1	6	M3	345	453	26						
. 61-65	5	"	"	"	2.150																								
M 41	1	"	"	"	0.430																								
M 61-65	5	"	"	"	2.150																								
N 41-45	5	"	"	"	2.150																								
N 61-65	5	"	"	"	2.150																								
F 41-45	5	"	"	"	2.150	12	22	71	12	4	1	1	1	3	6	4	37	1	5	F6	333	433	33						
O 61-65	5	"	"	"	2.150	12	20	69	12	5	1	1	1	2	8	2	38	1	6	O6	333	446	30						
L 41-45	5	"	"	"	2.150	13	21	72	11	6	1	2	0	2	9	2	45	1	6	H6	319	431	26						
L 62-65	4	"	"	"	1.720																								
M 61-65	5	"	"	"	2.150	12	21	65	14	10	1	1	0	2	11	3	44	1	5	G6	338	446	27						
I 41-45	5	"	"	"	2.150	13	26	71	16	4	1	2	0	3	8	3	43	1	6	M4	356	454	23						
I 62-64	3	"	"	"	1.290	13	26	71	16	4	1	2	0	3	8	3	43	1	6	M4	356	454	23						
H 41-45	5	"	"	"	2.150	13	23	77	10	5	1	2	1	2	10	2	44	1	5	M4	353	453	28						
J 41-45	5	"	"	"	2.150																								
L 41-44	4	"	"	"	1.720	14	18	72	12	7	1	1	0	2	11	2	48	1	6	G5	345	463	30						
L 61-64	4	"	"	"	1.720																								
M 41-45	5	"	"	"	2.150	12	25	72	12	3	1	1	1	2	10	2	37	1	6	G6	337	439	26						
M 63-65	3	"	"	"	1.290																								
L 61-65	5	"	"	"	2.150	13	22	74	13	3	1	1	0	2	7	3	42	1	6	L5	337	439	27						
H 41-45	5	"	"	"	2.150	12	21	67	13	3	1	1	0	3	10	4	48	1	6	G2	308	427	32						
H 61-65	5	"	"	"	2.150																								
I 51-54	4	"	"	"	1.720																								

WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN HAS BEEN MADE AND TESTED IN ACCORDANCE WITH THE ABOVE SPECIFICATION AND ALSO WITH THE REQUIREMENT CALLED FOR BY THE ABOVE ORDER

GUNAWAN DIANJAYA STEEL
Edhi H. Panjaitan
PT. GUNAWAN DIANJAYA STEEL Quality Manager

a

Lampiran 2
GTAW Welding Parameters

Pinnacle Alloys

Pinnacle Alloys are products of SOWESCO

TYPICAL GTAW WELDING PARAMETERS:

Diameter	Amperage	Volts	Shielding Gas
.035"	50-70	10-12	100% Ar
.045"	70-100	10-12	
1/16"	100-125	12-15	
3/32"	125-175	15-20	
1/8"	175-250	15-20	
5/32"	175-250	15-20	

TYPICAL SPRAY ARC WELDING PARAMETERS (95-98% Ar/balance O_2):

Diameter	WFS (ipm)	Amperage	Volts	WFS (ipm)	Amperage Range	Volts Range
.035"	**550**	**200**	**29-30**	350-750	180-240	24-35
.045"	**410**	**255**	**29-30**	240-600	180-330	27-33
.052"	**350**	**300**	**29-30**	220-620	220-460	25-35
1/16"	**300**	**360**	**29-30**	175-500	240-520	26-37

TYPICAL SHORT ARC WELDING PARAMETERS (for out of position welding):

Diameter	WFS (ipm)	Amperage	Volts	WFS (ipm)	Amperage Range	Volts Range
.023"	**300**	**70**	**15**	150-380	45-90	14-16
.030"	**220**	**100**	**15**	150-350	60-140	14-16
.035"	**250**	**130**	**17**	180-300	90-160	15-19
.045"	**150**	**160**	**18**	125-200	130-200	17-19
.052"	**140**	**160**	**18**	135-190	150-200	17-20

NOTE: Optimum conditions are in boldface type. DCEP (Electrode Positive): Flow rates of 25-45 CFH are required.

Lampiran 3
Grafik Uji Tarik Benda Kerja 1 Non-*Preheat*

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

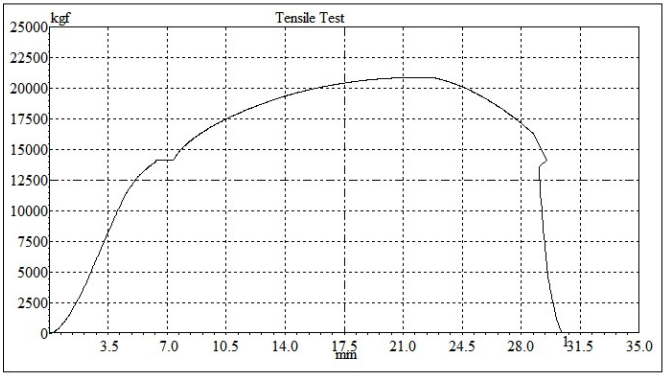
FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

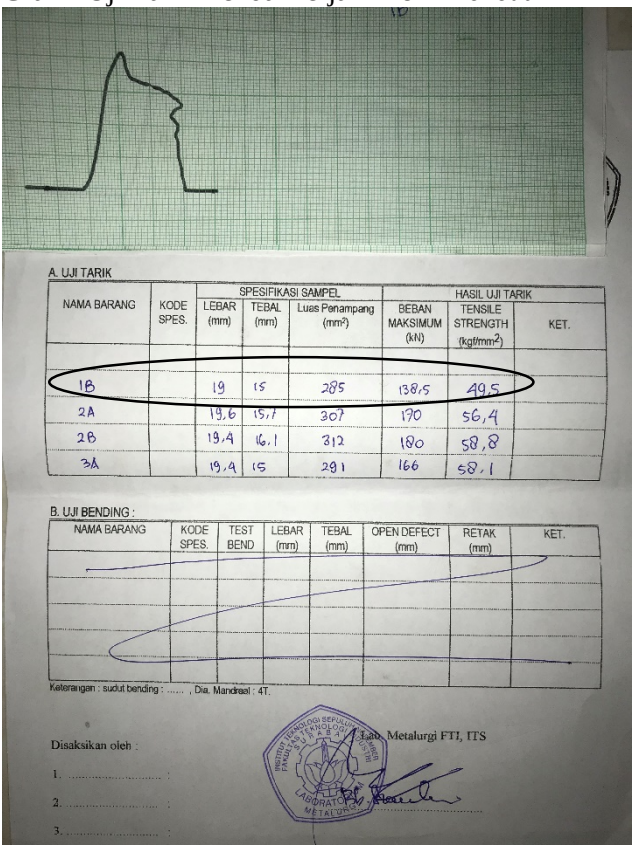
Tensile Test
Gotech Testing Machine

ReportNo	Max. Loa	Yield streng	Yield poin	Elastic modulus
	kgf	kgf/mm²	kgf	kgf/mm²
	20878.047	27.613	20877.990	721.154
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---



Lampiran 4

Grafik Uji Tarik Benda Kerja 2 Non-*Preheat*



A. UJI TARIK

NAMA BARANG	KODE SPES.	SPESIFIKASI SAMPEL			HASIL UJI TARIK		KET.
		LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	Luas Penampang (mm^2)	BEBAN MAKSIMUM (kN)	TENSILE STRENGTH (kgf/mm^2)	
1B		19	15	285	138,5	49,5	
2A		19,6	15,7	307	170	56,4	
2B		19,4	16,1	312	180	58,8	
3A		19,4	15	291	166	58,1	

B. UJI BENDING :

NAMA BARANG	KODE SPES.	TEST BEND	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	OPEN DEFECT (mm)	RETAK (mm)	KET.

Keterangan : sudut bending : ..... , Dia. Mandreal : 4T.

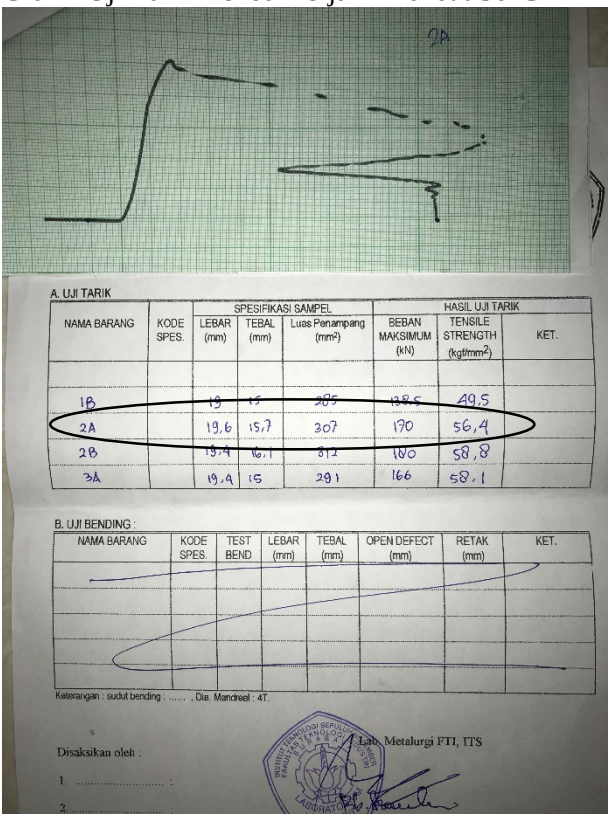
Disaksikan oleh :

1. ..... :
2. ..... :
3. ..... :

Lab. Metalurgi FTI, ITS

Lampiran 5

Grafik Uji Tarik Benda Kerja 1 *Preheat* 50°C



A. UJI TARIK

NAMA BARANG	KODE SPES.	SPESIFIKASI SAMPEL			HASIL UJI TARIK		KET.
		LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	Luas Penampang (mm^2)	BEBAN MAKSIMUM (kN)	TENSILE STRENGTH (kgf/mm^2)	
1B		19	15	285	138,5	49,5	
2A		19,6	15,7	307	170	56,4	
2B		19,4	16,1	312	180	58,8	
3A		19,9	15	291	166	58,1	

B. UJI BENDING :

NAMA BARANG	KODE SPES.	TEST BEND	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	OPEN DEFECT (mm)	RETAK (mm)	KET.

Keterangan : sudut bending : ..... , Dia. Mandreel : 4T.

Disaksikan oleh :

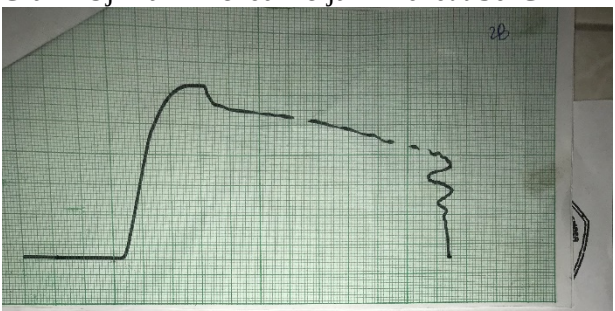
1. ..... :

2. ..... :

Lab. Metalurgi FTI, ITS

Lampiran 6

Grafik Uji Tarik Benda Kerja 2 *Preheat* 50°C



A. UJI TARIK

NAMA BARANG	KODE SPES.	SPESIFIKASI SAMPEL			HASIL UJI TARIK		KET.
		LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	Luas Penampang (mm²)	BEBAN MAKSIMUM (kN)	TENSILE STRENGTH (kgf/mm²)	
1B		19	15	285	138,5	49,5	
2A		19,6	15,7	307	170	56,4	
2B		19,4	16,1	312	180	58,8	
3A		19,4	15	291	166	58,1	

B. UJI BENDING :

NAMA BARANG	KODE SPES.	TEST BEND	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	OPEN DEFECT (mm)	RETAK (mm)	KET.

Keterangan : sudut bending : ..... , Dia. Mandrael : 4T.

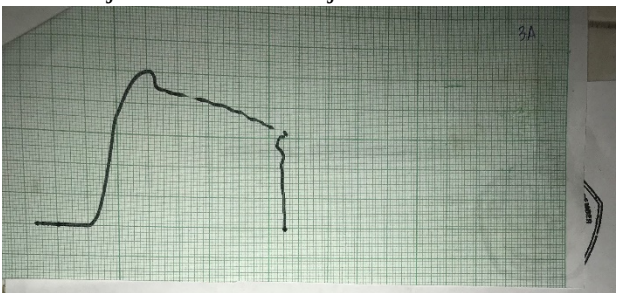
Disaksikan oleh :

1. ..... :

Lab. Metalurgi FTI, ITS

Lampiran 7

Grafik Uji Tarik Benda Kerja 1 *Preheat* 125°C



A. UJI TARIK

NAMA BARANG	KODE SPES.	SPESIFIKASI SAMPEL			HASIL UJI TARIK		KET.
		LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	Luas Penampang (mm²)	BEBAN MAKSIMUM (kN)	TENSILE STRENGTH (kgf/mm²)	
1B		19	15	285	138,5	49,5	
2A		19,6	15,7	307	170	56,4	
2B		19,4	15,1	292	180	58,8	
3A		19,4	15	291	166	58,1	

B. UJI BENDING :

NAMA BARANG	KODE SPES.	TEST BEND	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	OPEN DEFECT (mm)	RETAK (mm)	KET.

Keterangan : sudut bending : ..... , Dia. Mandreal : 4T.

Disaksikan oleh :

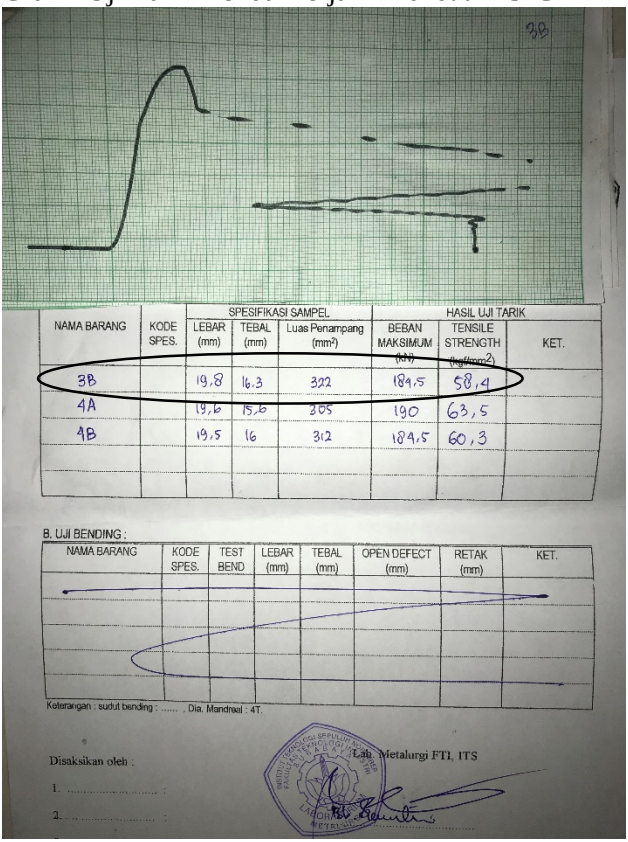
1. ..... :

2. ..... :

Lab. Metalurgi FTI, ITS

Lampiran 8

Grafik Uji Tarik Benda Kerja 2 *Preheat* 125°C



NAMA BARANG	KODE SPES.	SPESIFIKASI SAMPEL			HASIL UJI TARIK		KET.
		LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	Luas Penampang (mm²)	BEBAN MAKSIMUM (kN)	TENSILE STRENGTH (kgf/mm²)	
3B		19,8	16,3	322	189,5	58,9	
4A		19,6	15,6	305	190	63,5	
4B		19,5	16	312	189,5	60,3	

B. Uji BENDING :

NAMA BARANG	KODE SPES.	TEST BEND	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	OPEN DEFECT (mm)	RETAK (mm)	KET.

Keterangan : sudut bending : ..... , Dia. Mandreal : 4T.

Disaksikan oleh :

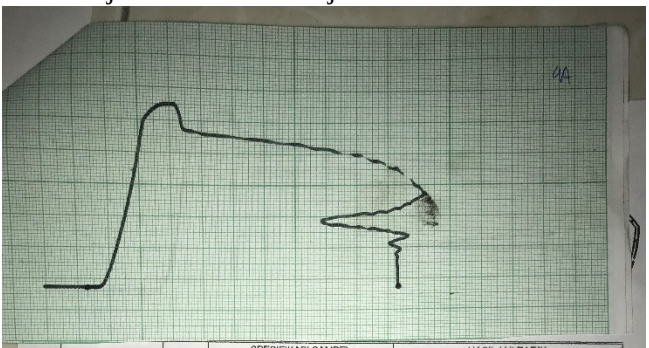
1. ..... :

2. ..... :

Lab. Metalurgi FTI, ITS

Lampiran 9

Grafik Uji Tarik Benda Kerja 1 *Preheat* 200°C



NAMA BARANG	KODE SPES.	SPESIFIKASI SAMPEL			HASIL UJI TARIK		
		LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	Luas Penampang (mm^2)	BEBAN MAKSIMUM (kN)	TENSILE STRENGTH (kgf/mm^2)	KET.
3B		19,8	16,3	322	184,5	58,4	
4A		19,6	15,6	305	190	63,5	
4B		19,5	16	312	184,5	60,3	

B. UJI BENDING :

NAMA BARANG	KODE SPES.	TEST BEND	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	OPEN DEFECT (mm)	RETAK (mm)	KET.

Keterangan : sudut bending : ..... , Dia. Mandreal : 4T.

Disaksikan oleh :

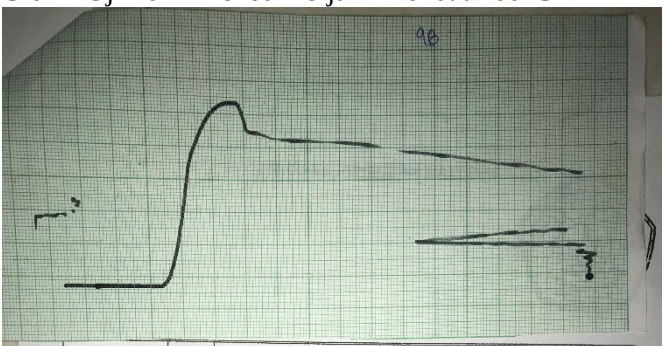
1. ..... :

2. .....

Lab. Metalurgi FTI, ITS

Lampiran 10

Grafik Uji Tarik Benda Kerja 2 *Preheat* 200°C



NAMA BARANG	KODE SPES.	SPESIFIKASI SAMPEL			HASIL UJI TARIK		
		LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	Luas Penampang (mm²)	BEBAN MAKSIMUM (kN)	TENSILE STRENGTH (kgf/mm²)	KET.
3B		19,8	16,3	322	184,5	58,4	
4A		~~19,6~~	~~15,6~~	~~305~~	~~198~~	63,5	
4B		19,5	16	312	184,5	60,3	

B. UJI BENDING :

NAMA BARANG	KODE SPES.	TEST BEND	LEBAR (mm)	TEBAL (mm)	OPEN DEFECT (mm)	RETAK (mm)	KET.

Keterangan : sudut bending : ..... , Dia. Mandreal : 4T.

Disaksikan oleh :

1. ..... .

2. ..... .

Lab. Metalurgi FTI, ITS

BIODATA PENULIS

Penulis merupakan anak terakhir dari dua bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 02 Oktober 1996 di Kota Kediri, Provinsi Jawa Timur. Pendidikan Formal yang pernah ditempuh yaitu pada tahun 2003 – 2009 bersekolah di SDN Banjaran 4, kemudian pada tahun 2009 – 2012 melanjutkan ke SMP Negeri 1 Kediri dan pada tahun 2012 – 2015 melanjutkan ke SMA Negeri 2 Kediri. Setelah itu pada tahun 2015 penulis meneruskan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Program Studi Diploma, Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS dan mengambil bidang studi manufaktur. Penulis pernah menjabat sebagai Staf divisi ADKESMA di himpunan mahasiswa D3 Teknik Mesin Industri periode 2016 – 2017, penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang selama satu bulan. Dalam melakukan kerja praktek penulis melakukan studi dengan judul "Analisa Kerusakan Pompa 1114-J Transfer Benfield Amonia Plant PUSRI IV. Bagi pembaca yang berdiskusi dan menanyakan informasi mengenai tugas akhir ini, pembaca dapat menghubungi penulis via E-mail : dharmawanobie@gmail.com