

TUGAS AKHIR

ANALISA PENGARUH PROSES ANNEALING TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA PROSES PENGELASAN SMAW

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

BAGUS HARTANTO
1507230234



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bagus Hartanto
NPM : 1507230234
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Proses Annealing Terhadap Kekuatan Tarik Pada Proses Pengelasan SMAW
Bidang ilmu : Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 24 Juli 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Rahma Tullah, S.T., M.Sc

Dosen Penguji II



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Affandi, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,

Affandi, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Bagus Hartanto
Tempat /Tanggal Lahir : Aek Torop, 29 Maret 1996
NPM : 1507230234
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisa Pengaruh Proses Annealing Terhadap Kekuatan Tarik Pada Proses Pengelasan SMAW”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 24 Juli 2020

Saya yang menyatakan,



Bagus Hartanto

ABSTRAK

Pengelasan *thermite* adalah reaksi eksotermik antara aluminium dan besi oksida yang menghasilkan baja lebur yang kemudian dituangkan kedalam satuan cetakan yang akan di las. Hasil pengelasan dari ke dua sisi bahan baja menghasilkan tiga daerah utama yaitu daerah logam dasar, daerah terpengaruh panas dan daerah logam las. (Prihanto Trihutomo, 2004) melakukan penelitian pengaruh proses *annealing* pada hasil pengelasan terhadap sifat mekanik baja karbon rendah. Proses perlakuan panas *anealing* dilakukan pada spesimen hasil pengelasan dalam dapur listrik dengan variasi temperatur 5000⁰C, 6000⁰C dan 7000⁰C kemudian ditahan selama 1 jam. Nilai kekerasan tidak banyak berubah ketika dilakukan pada temperatur 7000⁰C yaitu 125,13 HVN. Bagaimana mengetahui pengaruh proses *anealing* pada proses pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik. Bahan uji yang digunakan menggunakan baja lunak dengan dimensi ukuran mengikuti standar ASTM E8/E 8M - 13a, suhu panas yang diberikan berkisar antara 120⁰C, 140⁰C, 180⁰C. Pengujian yang dilakukan menggunakan mesin uji tarik UTM (*Universal Testing Machine*). Dari hasil pengujian kekerasan pada spesimen metalurgi serbuk maka di dapatkan kesimpulan yaitu : Pengujian tarik pada spesimen yang mendapatkan perlakuan panas sebesar 120⁰C memiliki ketahanan terhadap kekuatan tarik sebesar 42,45 N/mm². Pengujian tarik pada spesimen yang mendapatkan perlakuan panas sebesar 140⁰C memiliki ketahanan terhadap kekuatan tarik 39,82 N/mm². Pengujian tarik pada spesimen yang mendapatkan perlakuan panas sebesar 180⁰C memiliki ketahanan terhadap kekuatan tarik sebesar 21,86 N/mm². Temperatur tertinggi pada penelitian ini memiliki ketahanan terhadap kekuatan tarik yang sangat lemah.

Kata Kunci : Pengelasan SMAW, *Anealing*, Temperatur, Kekuatan Tarik, Baja Lunak.

ABSTRACT

Thermite welding is an exothermic reaction between aluminum and iron oxide which produces molten steel which is then poured into a mold unit to be welded. Welding results from the two sides of the steel material produce three main areas, namely the base metal area, the heat affected area and the weld metal area. (Prihanto Trihutomo, 2004) conducted research on the effect of annealing process on welding results on the mechanical properties of low carbon steel. The annealing heat treatment process is carried out on the welding specimens in an electric kitchen with temperature variations of 5000°C, 6000°C and 7000°C then held for 1 hour. Hardness value does not change much when done at a temperature of 7000°C which is 125.13 HVN. How to know the effect of the annealing process on the SMAW welding process on tensile strength. Test materials used using soft steel with dimensions of size follow ASTM E8 / E 8M - 13a standards, the given heat temperature ranges from 120°C, 140°C, 180°C. Tests carried out using the UTM (Universal Testing Machine) tensile testing machine. From the results of the hardness testing on the powder metallurgical specimens, the conclusion is that: Tensile testing on specimens that get heat treatment of 120°C has resistance to tensile strength of 42.45 N / mm². Tensile testing on specimens that get heat treatment of 140°C has resistance to tensile strength of 39.82 N / mm². Tensile testing on specimens that get heat treatment of 180°C has resistance to tensile strength of 21.86 N / mm². The highest temperature in this study has a very weak resistance to tensile strength.

Keywords: SMAW Welding, Annealing, Temperature, Tensile Strength, Mild Steel.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Pengaruh Proses *Annealing* Terhadap Kekuatan Tarik Pada Proses Pengelasan SMAW” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Affandi, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Bapak Rahmatullah, S.T., M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik mesin kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Sukarman S.H dan Sri Hartati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Wahyu Eka Syahputra, Suheransyah, Bagus Hartanto, Rahmad Marzuki Siregar, Ronal Febrian, Syahdana Amin dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi dan manufaktur teknik mesin.

Medan, 24 Juli 2020

Bagus Hartanto

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Proses Annealing	4
2.2. Jenis-jenis Pengelasan	5
2.3. Las SMAW	12
2.4. Sambungan Las	14
2.5. Kawat Las	17
2.5.1. Klasifikasi Elektroda	17
2.5.2. Jenis-jenis Kawat Las	18
2.5 Uji Tarik	21
BAB 3 METODOLOGI	24
3.1 Tempat dan Waktu	24
3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat	25
3.2.2 Bahan	30
3.3 Bagan Alir Penelitian	31
3.4 Prosedur Penelitian	32
3.5 Prosedur Pengujian	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Pembuatan Spesimen	33
4.2 Prosedur Pengujian	36
4.3 Hasil Pengujian	40
4.3.1 Hasil Pengujian Spesimen	40
4.3.2 Data Hasil Pengujian	49
4.4 Pembahasan	49
4.4.1 Hasil Rata-rata	51

BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	53
	5.1. Kesimpulan	53
	5.2. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN		
LEMBAR ASISTENSI		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arus Menurut Tipe Elektroda dan Diameter Elektroda	21
Tabel 3.1. Rencana Pelaksanaan Penelitian	24
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema pengelasan <i>Metal Inert Gas</i>	5
Gambar 2.2 Skema <i>Shield Metal Arc Welding</i>	6
Gambar 2.3 Skema <i>Tungsten Inert Gas</i>	6
Gambar 2.4 Skema <i>Gas Metal Arc Welding</i>	7
Gambar 2.5 Skema <i>Plasma Arc Welding (PAW)</i>	7
Gambar 2.6 Skema <i>Submerged Arc Welding</i>	8
Gambar 2.7 Skema <i>Friction welding</i>	8
Gambar 2.8 Skema <i>Friction stir welding</i>	9
Gambar 2.9 Skema <i>Spot Welding</i>	9
Gambar 2.10 Skema <i>Seam Welding</i>	10
Gambar 2.11 Skema <i>Projection Welding</i>	10
Gambar 2.12 Skema <i>Flash Welding</i>	11
Gambar 2.13 Skema <i>Oxy-Acetylene Welding</i>	11
Gambar 2.14 Skema <i>Electron Beam Welding</i>	12
Gambar 2.15 Skema <i>Laser Beam Welding</i>	12
Gambar 2.16 Proses pengelasan SMAW	14
Gambar 2.17 Sambungan Las Sebidang	15
Gambar 2.18 Sambungan Las Lewatan	15
Gambar 2.19 Sambungan Las Tegak	16
Gambar 2.20 Sambungan Las Sudut	16
Gambar 2.21 Sambungan Las Sisi	17
Gambar 2.22 Klasifikasi Elektroda	18
Gambar 2.23 Elektroda E6010	18
Gambar 2.24 Elektroda 6013	19
Gambar 2.25 Elektroda 6020	19
Gambar 2.26 Elektroda 7028	20
Gambar 2.27 Elektroda 7018	20
Gambar 2.28 Mesin Uji Tarik	22
Gambar 2.29 Kurva Tegangan-Regangan	23
Gambar 3.1 Mesin Las Listrik	25
Gambar 3.2 Elektroda (Kawat Las)	25
Gambar 3.3 Mesin Bubut	26
Gambar 3.4 Sikat Baja	26
Gambar 3.5 <i>Infrared Thermometer</i>	27
Gambar 3.6 Snei	27
Gambar 3.7 Tungku Pembakaran	28
Gambar 3.8 Mesin Uji Tarik	28
Gambar 3.9 Baja Lunak (<i>Mild Steel</i>)	29
Gambar 3.10 Bagan Alir Penelitian	30
Gambar 4.1 Spesimen Uji	33
Gambar 4.2 Memotong Spesimen	33
Gambar 4.3 Membubut Spesimen	34
Gambar 4.4 Membuat Ulir	34
Gambar 4.5 Elektroda	34
Gambar 4.6 Mengelas Spesimen	35
Gambar 4.7 Pengujian Tarik	35

Gambar 4.8 Mesin Uji Tarik dan Kelengkapannya	36
Gambar 4.9 Pc / Komputer	36
Gambar 4.10 Spesimen Uji	37
Gambar 4.11 Memanaskan Spesimen Uji	37
Gambar 4.12 Memasang Spesimen	37
Gambar 4.13 Memasang Cekam	38
Gambar 4.14 Mengukur Temperatur Spesimen	38
Gambar 4.15 Pengujian Tarik	39
Gambar 4.16 Patahan Spesimen Hasil Pengujian Tarik	39
Gambar 4.17 Hasil Uji Tarik Spesimen 1 Temperatur 120°C	40
Gambar 4.18 Hasil Uji Tarik Spesimen 2 Temperatur 120°C	41
Gambar 4.19 Hasil Uji Tarik Spesimen 3 Temperatur 120°C	42
Gambar 4.20 Hasil Uji Tarik Spesimen 1 Temperatur 140°C	43
Gambar 4.21 Hasil Uji Tarik Spesimen 2 Temperatur 140°C	44
Gambar 4.22 Hasil Uji Tarik Spesimen 3 Temperatur 140°C	45
Gambar 4.23 Hasil Uji Tarik Spesimen 1 Temperatur 180°C	46
Gambar 4.24 Hasil Uji Tarik Spesimen 2 Temperatur 180°C	47
Gambar 4.25 Hasil Uji Tarik Spesimen 3 Temperatur 180°C	48
Gambar 4.26 Perbandingan Kekuatan Tarik Pemanasan 120°C	49
Gambar 4.27 Perbandingan Kekuatan Tarik Pemanasan 140°C	50
Gambar 4.28 Perbandingan Kekuatan Tarik Pemanasan 180°C	51
Gambar 4.29 Hasil Rata-rata Pengujian Tarik Pemanasan 120°C	51
Gambar 4.30 Hasil Rata-rata Pengujian Tarik Pemanasan 140°C	52
Gambar 4.31 Hasil Rata-rata Pengujian Tarik Pemanasan 180°C	52

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
mm	Milimeter	
%	Persen	
mm ²	Milimeter Persegi	
O ₂	Oksigen	
CO ₂	Karbon Dioksida	
σ	Tegangan	Kgf/mm ²
Kg	Kilogram	
N	Newton	
\emptyset	Diameter	
+	Katup Positif	
A	Arus Las	Ampere
ε	Regangan	
E	Modulus Elastisitas	
A	Luas Penampang	mm ²
π	Konstanta	
r ²	Jari-jari	
F	Gaya	kgf
Δx	Pertambahan panjang	
X	Panjang awal	

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses perlakuan panas bertujuan untuk memperoleh logam yang keras, lunak, ulet, meningkatkan mampu mesin, menghilangkan tegangan sisa. Perlakuan panas yang dilakukan kadang sering diasosiasikan sebagai cara untuk menaikkan kekerasan material, sebenarnya dapat digunakan untuk mengubah sifat tertentu yang berguna atau dengan tujuan tertentu untuk kepentingan manufakturnya, seperti: menaikkan sifat *machining*, menaikkan sifat mudah dibentuk, mengembalikan elastisitas setelah proses *cold work*. Bahkan perlakuan panas bukan hanya sebagai penolong sifat manufaktur, tetapi juga dapat meningkatkan performa material dengan meningkatnya kekuatan atau karakteristik tertentu dari material yang telah diproses laku panas (Beumer, 1985).

Pada proses pelunakkan atau annealing merupakan proses perlakuan panas untuk menghasilkan perlit yang kasar (*coarse perlite*) tetapi lunak dengan pemanasan sampai austenisasi dan didinginkan secara perlahan-lahan dalam tungku pemanas (*furnace*), yang bertujuan untuk memperbaiki ukuran butir serta dalam beberapa hal juga memperbaiki machin-ibility. Disamping itu juga pelunakan dilakukan untuk tujuan meningkatkan keuletan dan mengurangi tegangan dalam yang meyebabkan material berprilaku getas (Dieter, 1996).

Pengelasan *thermite* adalah reaksi eksotermik antara alumunium dan besi oksida yang menghasilkan baja lebur yang kemudian dituangkan ke dalam suatu cetakan yang akan dilas. Hasil pengelasan dari kedua sisi bahan baja menghasilkan tiga daerah utama yaitu daerah logam dasar (*base metal*), daerah terpengaruh panas (*Heat Affected Zone - HAZ*), dan daerah logam las (*weld metal*). Dalam proses pengelasan *thermite*, bagian sambungan yang dilas menerima panas pengelasan setempat dan selama proses berjalan temperaturnya terus berubah sehingga distribusi menjadi tidak merata. Karena panas tersebut, maka pada bagian terjadi pengembangan *thermal*, sedangkan bagian yang dingin tidak berubah sehingga terbentuk penghalang pengembangan yang menyebabkan terjadinya peregangan. Akibat peregangan ini akan timbul tegangan tetap yang disebut tegangan sisa (ASM, 1993). Tegangan sisa tersebut berwujud adanya

dislokasi butir struktur kristal material yang terjadi akibat *cold working* maupun akibat *thermal stress* pada saat pendinginan cepat (Suci, 2010).

(Prihanto Trihutomo, 2014) melakukan penelitian pengaruh proses *annealing* pada hasil pengelasan terhadap sifat mekanik baja karbon rendah. Proses perlakuan panas *annealing* dilakukan pada spesimen hasil pengelasan dalam dapur listrik dengan variasi temperatur 5000°C, 6000°C dan 7000°C kemudian ditahan (*holding time*) selama 1 jam. Kemudian didinginkan didalam dapur listrik, sedangkan yang normal dibiarkan tanpa perlakuan panas. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa Perubahan nilai kekerasan baja ST 42 hasil pengelasan terjadi setelah *annealing* dengan temperatur 5000°C. Nilai kekerasan rata-rata tertinggi pada *annealing* 5000°C yaitu 170,03 HVN. Nilai kekerasan tidak banyak berubah ketika dilakukan *annealing* sampai 6000°C. Kekerasan turun sangat tajam ketika *annealing* dilakukan pada temperatur 7000°C yaitu 125,13 HVN.

Dengan latar belakang ini, maka saya tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul: **“Analisa Pengaruh Proses *Annealing* Terhadap Kekuatan Tarik Pada Proses Pengelasan SMAW”**.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah, dapat di rumuskan masalahnya yaitu :
Bagaimana menganalisa pengaruh proses *annealing* pada proses pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik.

1.3 Ruang Lingkup

Agar pembahasan tidak terjebak dalam pembahasan yang tidak perlu maka dibuat batasan masalah yang meliputi :

- a Bahan uji yang digunakan menggunakan baja lunak dengan dimensi ukuran mengikuti standar ASTM E8/E 8M – 13a
- b Suhu panas yang diberikan berkisar antara 120°C, 140 °C dan 180°C
- c Pengujian yang dilakukan menggunakan mesin uji tarik UTM (*Universal Testing Machine*)

1.4 Tujuan

a Tujuan Umum

Menganalisa pengaruh proses *annealing* terhadap kekuatan tarik pada proses pengelasan SMAW.

b Tujuan Khusus

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kekuatan tarik suatu material yang mendapatkan perlakuan panas.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini untuk menentukan besaran suhu yang digunakan pada proses *annealing* terhadap suatu material.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses *Annealing*

Proses perlakuan panas dalam dunia industri merupakan proses yang cukup berpengaruh dalam menentukan sifat fisis dan mekanis suatu bahan logam. Melalui perlakuan panas sifat-sifat yang kurang menguntungkan pada logam dapat diperbaiki. Tujuan pengerjaan panas (*heat treatment*) adalah untuk membentuk keberhasilan tinggi dan seluruh tegangan sisa hasil pengelasan dapat dibebaskan (Wirjosumarto dan Okumura, 1996).

Heat Treatment (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan spesimen pada elektrik *furnace* (tungku) pada temperatur yang ditentukan selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Perlakuan panas adalah proses kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu (Avner, 1987).

Proses perlakuan panas bertujuan untuk memperoleh logam yang keras, lunak, ulet, meningkatkan mampu mesin, menghilangkan tegangan sisa. Perlakuan panas yang dilakukan kadang sering diasosiasikan sebagai cara untuk menaikkan kekerasan material, sebenarnya dapat digunakan untuk mengubah sifat tertentu yang berguna atau dengan tujuan tertentu untuk kepentingan manufakturnya, seperti: menaikkan sifat *machining*, menaikkan sifat mudah dibentuk, mengembalikan elastisitas setelah proses *cold work*. Bahkan perlakuan panas bukan hanya sebagai penolong sifat manufaktur, tetapi juga dapat meningkatkan performa material dengan meningkatnya kekuatan atau karakteristik tertentu dari material yang telah diproses laku panas (Beumer, 1985).

Pada proses pelunakkan atau *annealing* merupakan proses perlakuan panas untuk menghasilkan perlit yang kasar (*coarse perlite*) tetapi lunak dengan pemanasan sampai austenisasi dan didinginkan secara perlahan-lahan dalam tungku pemanas (*furnace*), yang bertujuan untuk memperbaiki ukuran butir serta dalam beberapa hal juga memperbaiki kemampuan pemesinan. Disamping itu

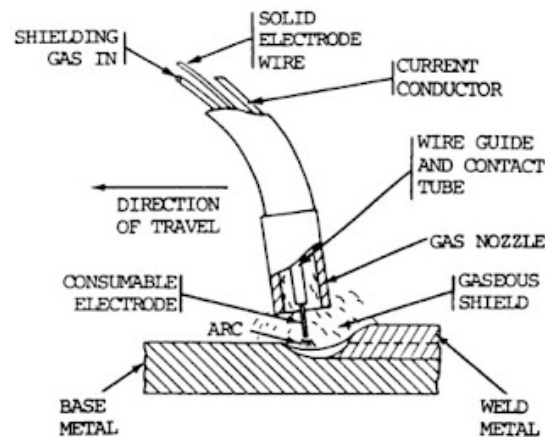
juga pelunakan dilakukan untuk tujuan meningkatkan keuletan dan mengurangi tegangan dalam yang menyebabkan material berperilaku getas (Dieter, 1996).

Kekerasan suatu material harus diketahui, khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri adalah suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuk semula (Suherman, 1988).

2.2 Jenis-jenis Pengelasan.

1. *Metal Inert Gas* (MIG)

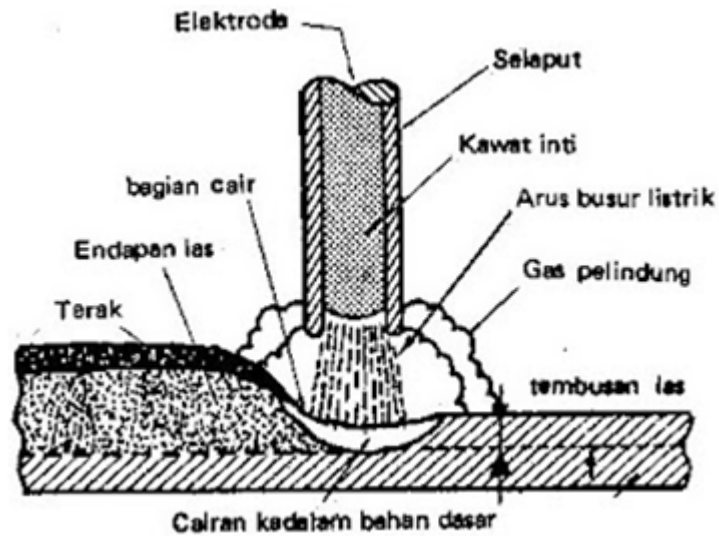
Pengelasan metode ini menggunakan elektroda logam dan menggunakan gas *inert* (Argon, Helium) untuk menghindari inklusi atau pengotor oksida. Gas *inert* sangat dibutuhkan untuk logam yang reaktif terhadap atmosfer udara seperti: Al, Mg, Ti. Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) (Groover, 2010)

2. *Shield Metal Arc Welding* (SMAW)

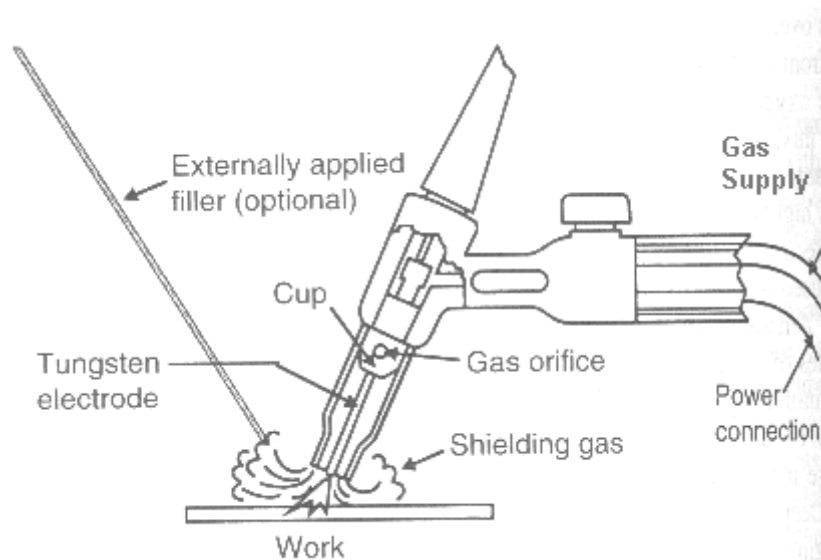
Pengelasan metode ini menggunakan elektroda logam. Selaput elektroda yang turut terbakar akan mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawah las, busur listrik dan daerah las di sekitar busur listrik terhadap pengaruh udara luar. Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) (Groover, 2010)

3. *Tungsten Inert Gas* (TIG)

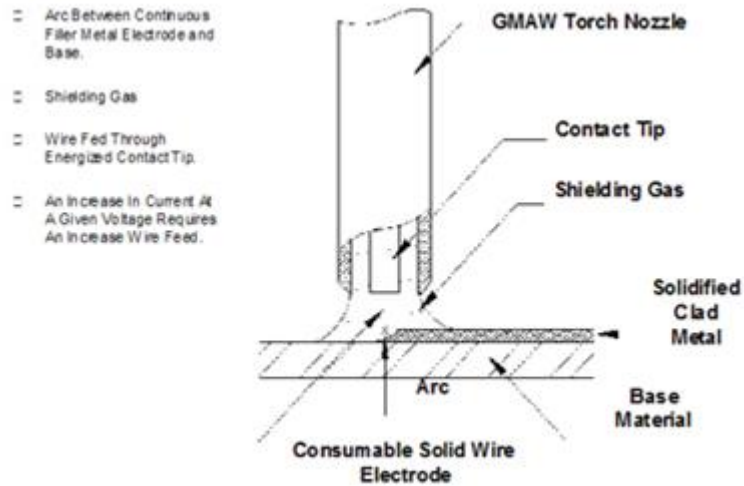
Pengelasan metode ini elektrodanya khusus menggunakan *Wolfram*. Titik cair elektroda *wolfram* yang sampai 3410°C membuat ia tidak ikut mencair pada saat terjadi busur listrik. Menggunakan gas *inert* argon dan helium. Gas *inert* untuk logam yang reaktif terhadap atmosfer udara seperti: Al, Mg, Ti. Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema *Tungsten Inert Gas* (TIG) (Groover, 2010)

4. Gas Metal Arc Welding (GMAW)

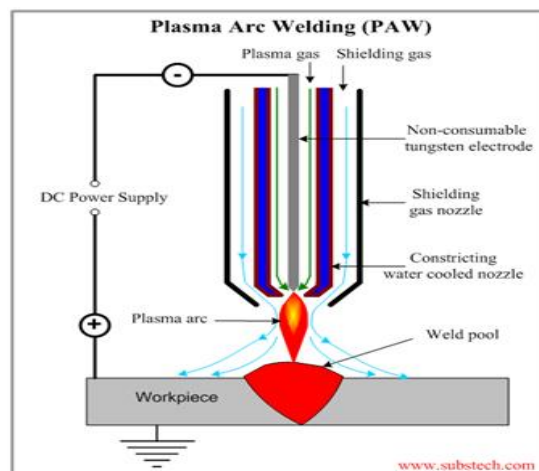
Pengelasan metode ini Menggunakan elektroda logam, dengan gas pelindung tidak harus *inert*, misalnya CO₂ (hanya untuk pengelasan *carbon steel* dan *low alloy steel*). Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Skema Gas Metal Arc Welding (GMAW) (Groover, 2010)

5. Plasma Arc Welding (PAW)

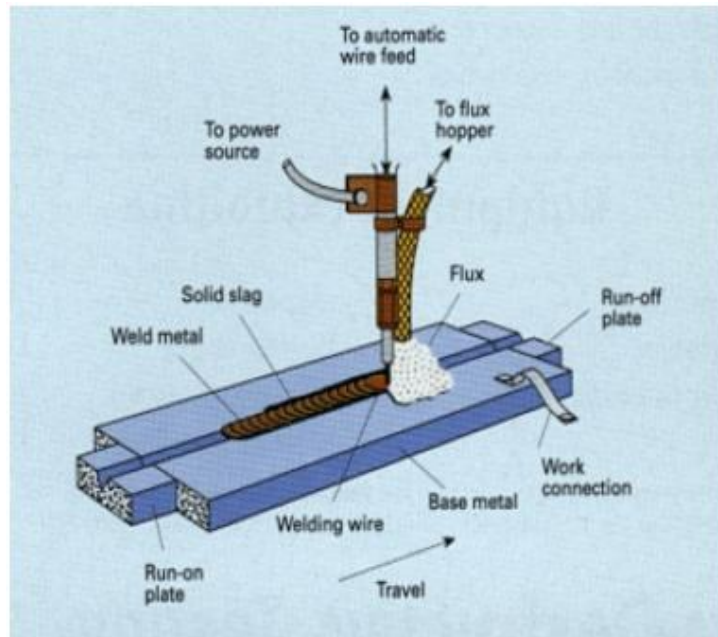
Pengelasan metode ini sama dengan TIG menggunakan elektroda *wolfram* (tidak meleleh), *filler* diumpan secara manual. Perbedaannya pada PAW terdapat gas plasma yang mengandung ion positif dan negatif, sehingga hasil penetrasi dari PAW lebih dalam karena konsentrasi energi lebih besar, dan daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) relatif lebih kecil karena ada plasma gas, stabilitas busur lebih baik dari TIG. Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Skema Plasma Arc Welding (PAW) (Groover, 2010)

6. *Submerged Arc Welding (SAW)*

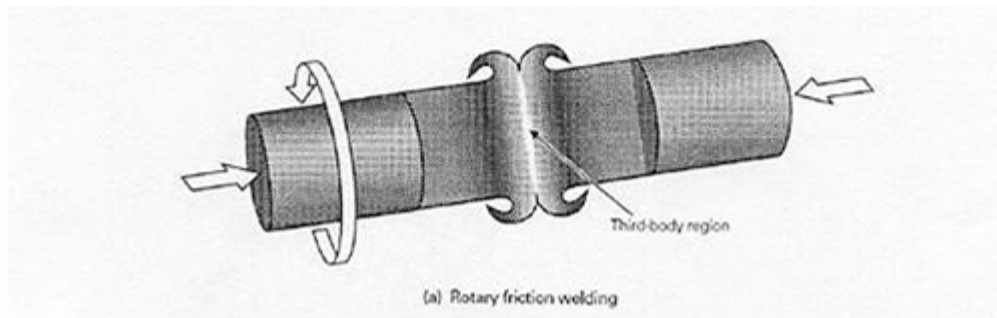
Pengelasan metode ini menggunakan elektroda dalam bentuk kawat diumpankan ke kampuh las benda kerja secara kontinyu dan ditutup dengan *flux* dalam bentuk serbuk halus. Busur listrik tercipta diantara elektroda dan benda kerja namun tidak terlihat karena elektroda tertutup oleh *flux*. Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Skema *Submerged Arc Welding (SAW)* (Groover, 2010)

7. *Friction welding*

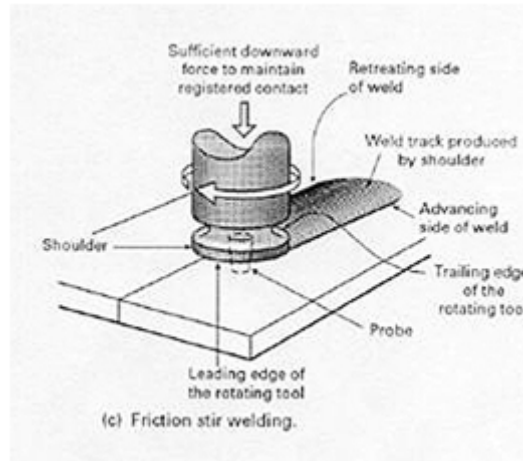
Pengelasan metode ini menggunakan 2 buah benda kerja ditekan dan diputar sehingga akibat friksi keduanya akan timbul panas yang selanjutnya dipakai untuk proses penyambungan. Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Skema *Friction welding* (Groover, 2010)

8. Friction stir welding

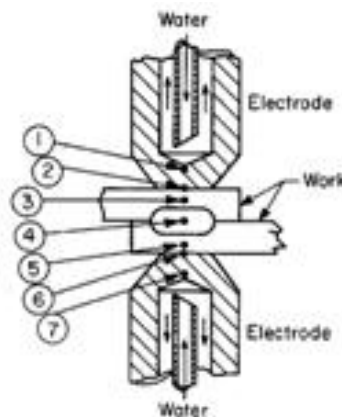
Pengelasan metode ini menggunakan penyambungan dua buah logam dengan menggunakan *probe* yang berputar serta berjalan, menghasilkan gesekan, lalu menimbulkan panas, lalu logam menjadi plastis tapi tidak sampai meleleh dan terjadi penyambungan di antara keduanya. Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Skema *Friction stir welding* (Groover, 2010)

9. Spot Welding

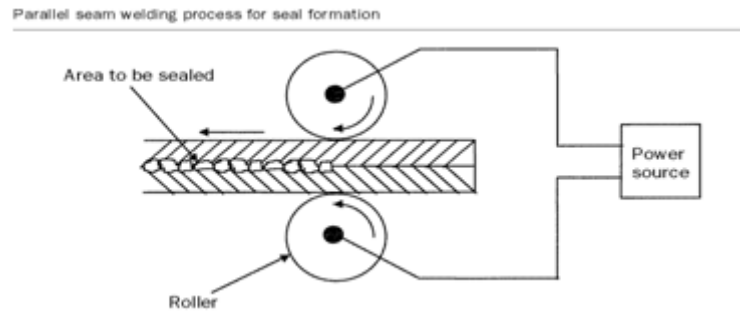
Pengelasan metode ini menggunakan dua elektroda yang berbentuk silinder diletakkan pada kedua permukaan logam, lalu ditekan. Panas yang dihasilkan dari tahanan dikombinasikan dengan pemberian tekanan yang akan menghasilkan *Spot Welding*, panas tersebut akan berakibat terbentuknya *nugget* pada permukaan sambungan dari dua benda kerja. Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Skema *Spot Welding* (Groover, 2010)

10. Seam Welding

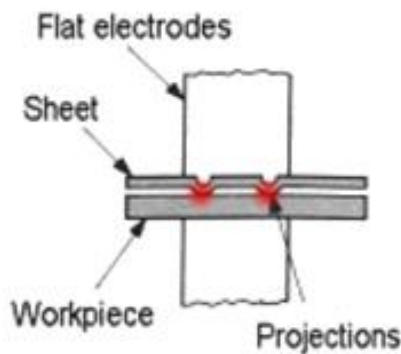
Pengelasan metode ini menggunakan prinsip panas yang dihasilkan sama dengan *spot welding*, namun Pengelasan dilakukan dibanyak titik (*continuous*) yang menghasilkan banyak *nugget* yang berurutan. Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Skema *Seam Welding* (Groover, 2010)

11. Projection Welding

Pengelasan metode ini mengkonsentrasikan arus dan tekanan elektroda pada daerah yang akan dilas yang telah dipersiapkan sebelumnya sehingga aliran arus terfokus pada titik kontak yang terbatas. Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.11.

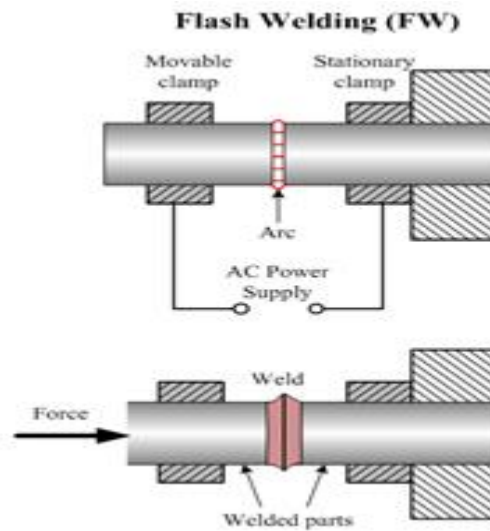


Gambar 2.11 Skema *Projection Welding* (Groover, 2010)

12. Flash Welding

Pengelasan metode ini mengkombinasikan tekanan dari samping dan panas dari arus listrik. Salah satu dari jenis *resistance welding*, dimana tahanan

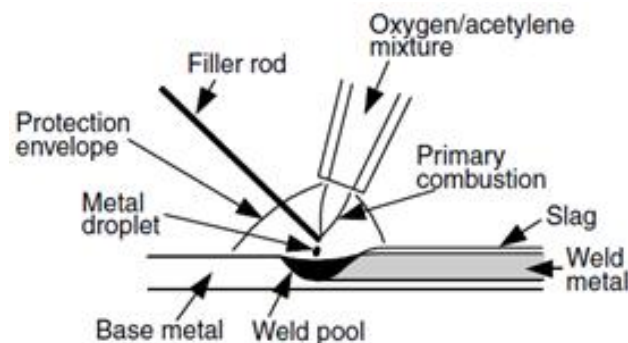
dihasilkan dari *gap* atau celah antara 2 komponen. Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Skema *Flash Welding* (Groover, 2010)

13. *Oxy-Acetylene Welding* (OAW)

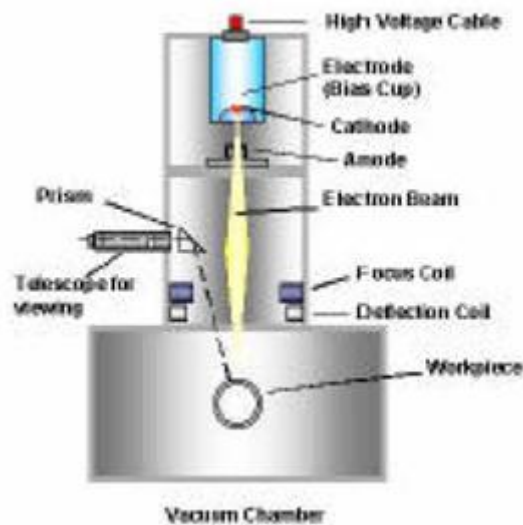
Pengelasan metode ini menggunakan Panas dihasilkan dari gas yang berasal dari campuran *oxygen* dan *fuel* (*acetylene*). Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Skema *Oxy-Acetylene Welding* (OAW) (Groover, 2010)

14. *Electron Beam Welding*

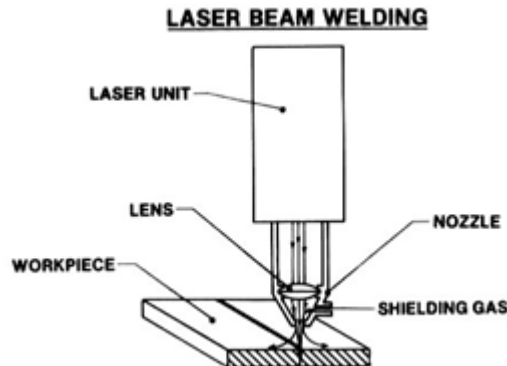
Pengelasan metode ini menggunakan elektron yang bergerak dengan kecepatan tinggi, energi kinetik dari elektron tersebut ditransformasikan menjadi energi panas untuk melelehkan *filler* atau *weld metal*. Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Skema *Electron Beam Welding* (Groover, 2010)

15. *Laser Beam Welding*

Pengelasan metode ini menggunakan panas yang dihasilkan dari laser (energi radiasi elektromagnetik). Skema pengelasan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Skema *Laser Beam Welding* (Groover, 2010)

2.3 Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Las listrik merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dan elektroda sebagai bahan tambahannya. Pengelasan dengan las listrik menggunakan pesawat las listrik (*SMAW = Shielded Metal Arc Welding*) banyak di gunakan, karena proses pengelasan dengan cara demikian disamping menghasilkan sambungan yang kuat juga mudah untuk digunakan.

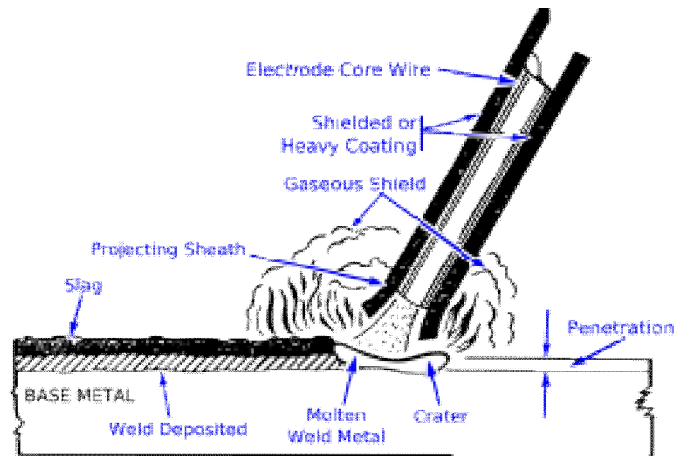
Mesin las *SMAW* menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current* (DC), mesin las arus bolak – balik atau *Alternating Current* (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC). Untuk elektroda jenis E7018 arus yang digunakan berkisar antara 70 – 110 Ampere. Dengan interval arus tersebut, pengelasan yang dihasilkan akan berbeda-beda.

Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya. Faktor yang mempengaruhi proses pengelasan adalah prosedur pengelasan itu sendiri yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las dan sambungan yang sesuai rencana dan spesifikasi, dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut, sedangkan faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan meliputi : pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan kuat arus, pemilihan elektroda, dan pemilihan jarak pengelasan serta penggunaan jenis kampuh las (Wiryo Sumarto, 2000).

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa fluks. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kampuh las. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar.

Pada prakteknya bila arus yang digunakan terlalu rendah, akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik dan busur yang terjadi akan tidak stabil, hal ini disebabkan panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasarnya sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil

dan tidak rata serta penembusan kurang dalam, sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan (Arifin,1997) proses pengelasan SMAW dapat dilihat seperti pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 Proses pengelasan SMAW

2.4 Sambungan Las

Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu (Sonawan, 2006). Penyambungan dengan cara mengelas merupakan salah satu metode penyambungan yang luas penggunaannya pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Metode penyambungan lain yang digunakan pada sambungan logam adalah baut dan keling. Teknologi pengelasan, selain dapat dipakai untuk menyambung dan memotong logam, juga dapat dipakai untuk mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagian-bagian yang sudah aus, dan macam-macam reparasi lainnya.

Ada beberapa macam jenis pengelasan yang dilakukan untuk menyambung logam, yaitu:

1. Sambungan Sebidang

Sambungan sebidang dipakai terutama untuk menyambung ujung-ujung plat datar dengan ketebalan yang sama atau hampir sama. Keuntungan utama jenis

sambungan ini ialah menghilangkan eksentrisitas yang timbul pada sambungan lewatan tunggal. Bila digunakan bersama dengan las tumpul penetrasi sempurna (*full penetration groove weld*), sambungan sebidang menghasilkan ukuran sambungan minimum dan biasanya lebih estetik dari pada sambungan bersusun. Kerugian utamanya ialah ujung yang akan disambung biasanya harus disiapkan secara khusus (diratakan atau dimiringkan) dan dipertemukan secara hati-hati sebelum dilas. Hanya sedikit penyesuaian dapat dilakukan, dan potongan yang akan disambung harus diperinci dan dibuat secara teliti. Akibatnya, kebanyakan sambungan sebidang dibuat di bengkel yang dapat mengontrol proses pengelasan dengan akurat seperti yang terlihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Sambungan Las Sebidang

2. Sambungan Lewatan

Potongan yang akan disambung tidak memerlukan ketepatan dalam pembuatannya bila dibanding dengan jenis sambungan lain. Potongan tersebut dapat digeser untuk mengakomodasi kesalahan kecil dalam pembuatan atau untuk penyesuaian panjang dan mudah digunakan untuk menyambung plat yang tebalnya berlainan seperti yang terlihat pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 Sambungan Las Lewatan

3. Sambungan Tegak

Jenis sambungan ini dipakai untuk membuat penampang bentukan (*built-up*) seperti profil T, profil I, gelagar plat (*plat girder*), pengaku tumpuan atau penguat samping (*bearing stiffener*), penggantung, konsol (*bracket*). Umumnya potongan yang disambung membentuk sudut tegak lurus. Jenis sambungan ini terutama bermanfaat dalam pembuatan penampang yang dibentuk dari plat datar yang disambung dengan las sudut maupun las tumpul seperti yang terlihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Sambungan Las Tegak

4. Sambungan Sudut

Sambungan sudut dipakai terutama untuk membuat penampang berbentuk boks segi empat seperti yang digunakan untuk kolom dan balok yang memikul momen puntir yang besar seperti yang terlihat pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Sambungan Las Sudut

5. Sambungan Sisi

Sambungan sisi umumnya tidak struktural tetapi paling sering dipakai untuk menjaga agar dua atau lebih plat tetap pada bidang tertentu atau untuk mempertahankan kesejajaran (*alignment*) awal seperti yang terlihat pada gambar 2.21.



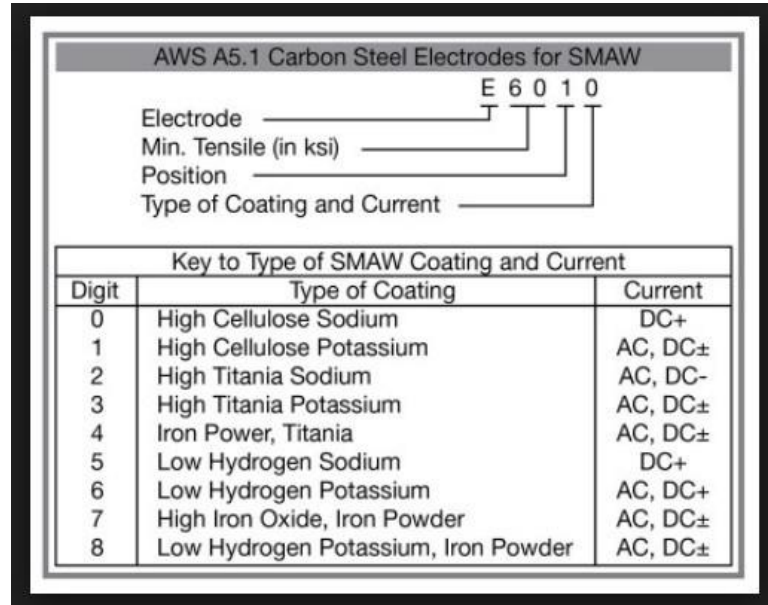
Gambar 2.21 Sambungan Las Sisi

2.2 Kawat Las (*Elektrode*)

Kawat las (*Elektrode*) adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas (Alip, 1989). Pengelasan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (*elektroda*) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi dengan campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari *fluks* adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur

2.3.1 Klasifikasi Elektroda

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (*American Welding society*) dinyatakan dengan tanda E xxxx yang memiliki arti. Sebagai contoh misalnya E6013 dengan arti memiliki kekuatan tarik minimum dan deposit las 60.0000 lb/in² atau 42 Kg/mm², dapat digunakan untuk pengelasan segala posisi yang memiliki jenis selaput elektroda Rutil-Kalium dengan pengelasan arus AC atau DC dapat dilihat seperti pada gambar 2.22.



Gambar 2.22 Klasifikasi Elektroda (AWS A5.1 Carbon Steel Electrodes for SMAW)

2.3.2 Jenis-Jenis Kawat Las

a E6010 dan E6011

Elektroda ini adalah jenis elektroda selaput selulosa yang dapat dipakai untuk pengelesan dengan penembusan yang dalam. Pengelasan dapat pada segala posisi dan terak yang tipis dapat dengan mudah dibersihkan. Deposit las biasanya mempunyai sifat sifat mekanik yang baik dan dapat dipakai untuk pekerjaan dengan pengujian Radiografi. Selaput selulosa dengan kebasahan 5% pada waktu pengelasan akan menghasilkan gas pelindung. E 6011 mengandung Kalium untuk mambantu menstabilkan busur listrik bila dipakai arus AC seperti yang terlihat pada gambar 2.23.



Gambar 2.23 Elektroda E6010 (AWS A5.1 Carbon Steel Electrode)

b E6012 dan E6013

Elektroda ini termasuk jenis selaput rutil yang dapat menghasilkan penembusan sedang. Keduanya dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi, tetapi kebanyakan jenis E 6013 sangat baik untuk posisi pengelesan tegak arah ke bawah atau las down. Jenis E 6012 umumnya dapat di pakai pada ampere yang relatif lebih tinggi dari E 6013. E 6013 yang mengandung lebih banyak Kalium memudahkan pemakaian pada voltage mesin yang rendah. Elektroda dengan diameter kecil kebanyakan dipakai untuk pangelasan pelat tipis seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.24.



Gambar 2.24 Elektroda 6013 (AWS A5.1 Carbon Steel Electrode)

c E6020

Elektroda jenis ini dapat menghasilkan penembusan las sedang dan teraknya mudah dilepas dari lapisan las. Selaput elektroda terutama mengandung oksida besi dan mangan. Cairan terak yang terlalu cair dan mudah mengalir cocok untuk pengelasan datar tapi menyulitkan pada pengelasan dengan posisi lain misalnya posisi vertikal dan *overhead* seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.25.



Gambar 2.25 Elektroda 6020 (AWS A5.1 Carbon Steel Electrode)

d Elektroda Selaput Serbuk Besi

Elektroda jenis ini antara lain: E 6027, E 7014, E 7018, E 7024 dan E 7028 mengandung serbuk besi untuk meningkatkan efisiensi pengelasan. Umumnya selaput elektroda akan lebih tebal dengan bertambahnya persentase serbuk besi. Dengan adanya serbuk besi dan bertambah tebalnya selaput akan memerlukan ampere yang lebih tinggi adapun jenis elektroda ini dapat dilihat pada gambar 2.26.



Gambar 2.26 Elektroda 7028 (AWS A5.1 Carbon Steel Electrode)

e Elektroda *Hydrogen* Rendah

Elektroda jenis ini antara lain: E7015, E7016 dan E7018. Selaput elektroda jenis ini mengandung hydrogen yang rendah (kurang dari 0,5 %), sehingga deposit las juga dapat bebas dari porositas. Elektroda ini dipakai untuk pengelasan yang memerlukan mutu tinggi, bebas porositas, misalnya untuk pengelasan bejana dan pipa yang bertekanan. Disamping itu penggunaan elektroda ini juga banyak dipakai di bengkel fabrikasi dan konstruksi adapun jenis elektroda ini dapat dilihat pada gambar 2.27.



Gambar 2.27 Elektroda 7018 (AWS A5.1 Carbon Steel Electrode)

Spesifikasi arus menurut tipe elektroda dan kuat arus dari elektroda untuk *carbon steel dan stainless steel* berdasarkan diameter yang digunakan terdapat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arus Menurut Tipe Elektroda dan Diameter dari Elektroda (Nikko Steel index, 1994).

Diameter (mm)	Tipe elektroda dan <i>Ampere</i> yang digunakan			
	E 309-16	E 309L-16	E 309LMo-16	E 309Nb-16
2	50 – 70	35 – 80	35 – 80	35 – 80
2.6	70 – 110	65 – 100	65 – 100	65 – 100
3.2	110 – 130	80 – 125	80 – 125	80 – 125
4	120 – 150	120 – 170	120 – 170	120 – 170
5	160 – 210	160 – 210	160 – 210	160 – 210

2.6 Uji Tarik

Uji tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*) Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955). Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji, mesin uji tarik dapat dilihat pada gambar 2.28.



Gambar 2.28 Mesin Uji Tarik

Tegangan yang dipergunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik yang diperoleh dengan membagi beban dengan luas awal penampang melintang benda uji adapun persamaan dari tegangan adalah sebagai berikut :

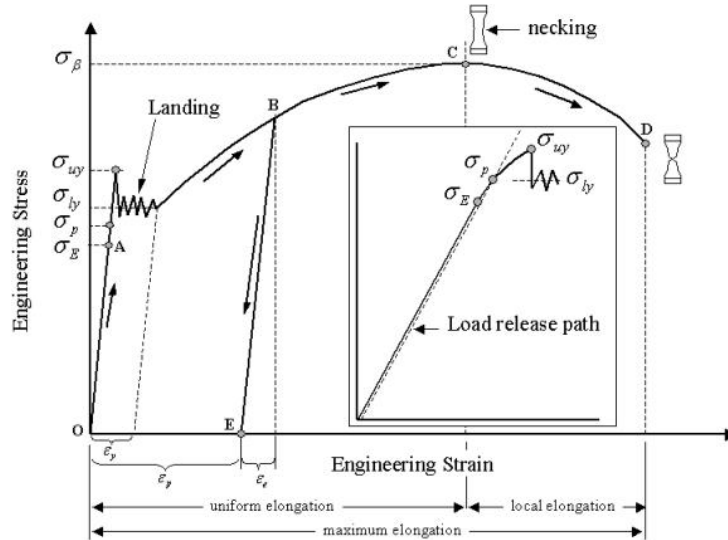
$$s = \frac{P}{A_0} \quad (1)$$

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan rekayasa adalah regangan linier rata-rata, yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (*gage length*) benda uji, ΔL , dengan panjang awalnya L_0 .

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (2)$$

Hubungan antara tegangan dan regangan yang ditampilkan material tertentu dikenal sebagai kurva tegangan-regangan material tersebut. Ini unik untuk setiap bahan dan ditemukan dengan mencatat jumlah deformasi (regangan) pada interval yang berbeda dari berbagai pembebanan (tegangan). Kurva ini mengungkapkan banyak sifat material. Secara umum, kurva yang mewakili hubungan antara tegangan dan regangan dalam segala bentuk deformasi dapat dianggap sebagai kurva tegangan-regangan. Stres dan regangan bisa normal, geser, atau campuran, juga bisa uniaksial, biaksial, atau multialaksi, bahkan berubah seiring waktu.

Bentuk deformasi dapat berupa kompresi, peregangan, torsi, rotasi, dan sebagainya. Jika tidak disebutkan sebaliknya, kurva tegangan-regangan mengacu pada hubungan antara tegangan normal aksial dan regangan normal aksial material yang diukur dalam uji tegangan dapat dilihat pada gambar 2.29.



Gambar 2.29 Kurva Tegangan-Regangan

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

a. Tempat

Tempat pelaksanaan dan pembuatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi dan Laboratorium Mekanika Kekuatan Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

b. Waktu

Proses pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, dimulai dari September 2019 sampai dengan Maret 2020.

Tabel 3.1. Rencana pelaksanaan penelitian

No.	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur	■	■	■			
2	Survei Alat dan Bahan		■	■	■		
3	Pembuatan Spesimen Uji			■	■	■	
4	Pengelasan Spesimen Uji				■	■	
5	Pemanasan Spesimen					■	■
6	Penyelesaian / Penulisan Skripsi						■
7	Seminar / Sidang						■

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

1. Mesin Las Listrik

Mesin las listrik ini digunakan untuk mengelas / menyambung spesimen yang akan diuji kekuatannya dengan cara ditarik, mesin ini memiliki spesifikasi *input power* sebesar 220v / 1 phase / 50 Hz, *rated input current* 20,4 A, *output current* 5-160A seperti yang terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Mesin Las Listrik

2. Elektroda (Kawat Las)

Elektroda (Kawat Las) digunakan sebagai material logam pengisi pada proses pengelasan spesimen uji dengan spesifikasi diameter 2.6 mm seperti yang terlihat pada gambar 3.2.



Size (mm)	Diameter	2.0	2.6	3.2	4.0
	Length		300	350	350
Current Range (Amp)		25 ~ 60	60 ~ 110	80 ~ 140	120 ~ 190

Gambar 3.2 Elektroda (Kawat Las)

3. Mesin Bubut

Pada penelitian ini mesin bubut digunakan sebagai alat untuk membuat spesimen dengan ketentuan dimensi dan ukuran sesuai dengan standar ASTM E8/E 8M – 13a, mesin ini memiliki spesifikasi *swing over bed* Ø330 mm, *swing over cross slide* 210 mm, *distance between centres* 850 mm, *work piece weight* 500 kg, *spindle bore* 36 mm, *spindle speeds / ranges* 2500 Rpm, *power* 2.2 Kw seperti yang terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Mesin Bubut

4. Sikat Baja

Sikat baja digunakan untuk membersihkan sisa-sisa las yang menempel pada permukaan spesimen untuk mengetahui permukaan spesimen yang belum terkena pengelasan seperti yang terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Sikat Baja

5. *Infrared Thermometer*

Alat ini digunakan sebagai acuan temperatur pada spesimen uji untuk mendapatkan temperatur yang diinginkan pada pengujian ini seperti yang terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Infrared Thermometer*

6. Snei

Snei pada pengujian ini digunakan sebagai alat untuk membuat ulir pada spesimen uji seperti yang terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Snei

7. Tungku Pembakaran

Tungku pembakar memiliki peranan penting pada penelitian ini sebagai alat untuk membakar spesimen sampai pada temperatur yang telah ditentukan. seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Tungku Pembakaran

8. Mesin Uji Tarik (*Universal Testing Machine*)

Universal Testing Machine pada penelitian ini digunakan sebagai alat yang akan menguji kekuatan pengelasan dengan cara ditarik seperti yang terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Mesin Uji Tarik (*Universal Testing Machine*)

3.2.2 Bahan

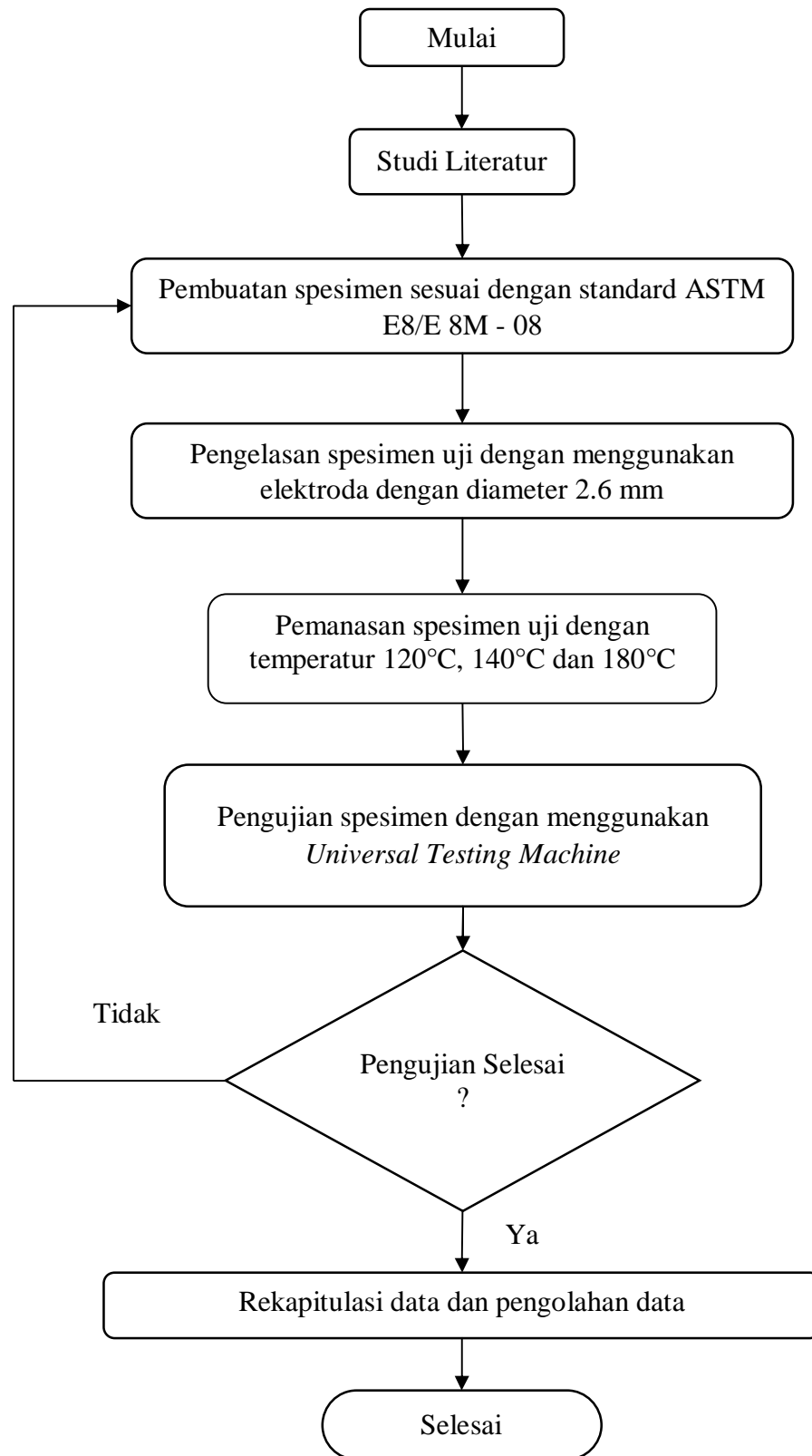
9. Baja Lunak (*Mild Steel*)

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja lunak yang banyak kita jumpai di pasaran dengan jenis material baja lunak (*Mild Steel*) seperti yang terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Baja Lunak (*Mild Steel*)

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.10 Bagan Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan spesimen uji yang akan digunakan dengan jenis baja konstruksi tulangan tipe baja lunak berdiameter 13 mm
2. Memotong spesimen uji dengan panjang 50 mm
3. Membubut spesimen uji sesuai dengan ukuran, bentuk dan dimensi sesuai dengan standar ASTM E8/E 8M – 13a
4. Membuat ulir dengan menggunakan snei M12x1.75
5. Mempersiapkan elektroda yang akan digunakan untuk menyambung logam dengan diameter 2.6 mm tipe E6013
6. Melakukan pengelasan spesimen dengan menggunakan kawat las dengan diameter 2,6 mm tipe E6013, elektroda dengan ukuran ini dipilih karena mudah didapatkan dan paling sering digunakan dalam dunia industri. Elektroda ini termasuk jenis selaput rutil yang dapat menghasilkan penembusan sedang. Dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi, tetapi kebanyakan jenis elektroda ini sangat baik untuk posisi pengelesan tegak arah ke bawah
7. Melakukan metode pemanasan (*Annealing*) pada spesimen dengan temperatur 120°C, 140°C, dan 180°C menggunakan tungku pembakaran
8. Melakukan pengukuran spesimen yang telah mendapatkan perlakuan panas menggunakan *infrared thermometer*
9. Melakukan pengujian tarik menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*), alat ini dipilih karena cara pengujiannya yang cukup sederhana untuk dilakukan dengan cara menarik suatu bahan untuk mengetahui bahan tersebut bereaksi terhadap tarikan sampai sejauh mana material bertambah panjang
10. Melakukan perbandingan data dengan merekapitulasi data yang didapat dari hasil pengujian menggunakan tabel hasil pengujian kekuatan tarik yang didapat.
11. Selesai

3.5 Prosedur Pengujian

1. Mempersiapkan mesin uji tarik dan kelengkapannya
2. Mempersiapkan pc/computer dan kelengkapannya yang akan digunakan sebagai alat untuk memperoleh data dalam pengujian tarik
3. Mempersiapkan spesimen uji
4. Memanaskan spesimen uji dengan temperatur 120°C, 140°C dan 180°C
5. Memasang spesimen pada cekam (*Jig*)
6. Meletakkan cekam pada mesin uji tarik
7. Mengukur temperatur spesimen uji untuk melakukan pengujian tarik
8. Menguji kekuatan tarik terhadap spesimen yang mendapatkan perlakuan panas
9. Mengambil data hasil pengujian tarik dari tiap-tiap spesimen uji
10. Selesai.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Spesimen

1. Mempersiapkan spesimen uji dengan jenis baja konstruksi yang memiliki tipe baja lunak (*Mild Steel*) seperti yang terlihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Spesimen Uji

2. Memotong spesimen uji menggunakan mesin gerinda tangan dimana bentuk dan ukuran sesuai kebutuhan seperti yang terlihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Memotong Spesimen

3. Membubut spesimen dengan ketentuan bentuk dimensi dan ukuran sesuai dengan standar ASTM E8/E8M – 13a seperti yang terlihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Membubut Spesimen

4. Membuat Ulir menggunakan snei seperti yang terlihat pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Membuat Ulir

5. Mempersiapkan elektroda/kawat las yang akan digunakan untuk menyambung logam dengan diameter 2.6 mm tipe E6013 seperti yang terlihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Elektroda.Kawat Las

6. Mengelas spesimen uji yang telah dipersiapkan menggunakan elektroda/kawat las 2.6 mm seperti yang terlihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Mengelas Spesimen

7. Menguji kekuatan tarik terhadap spesimen menggunakan mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*) seperti yang terlihat pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Pengujian Tarik

8. Selesai.

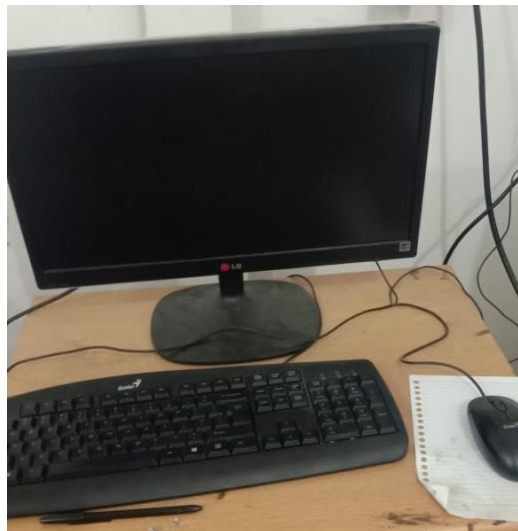
4.2 Prosedur Penelitian

1. Mempersiapkan mesin uji tarik dan kelengkapannya seperti yang terlihat pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Mesin Uji Tarik dan Kelengkapannya

2. Mempersiapkan PC/Komputer yang akan digunakan untuk mendapatkan data hasil pengujian dari pengujian tarik seperti yang terlihat pada gambar 4.9



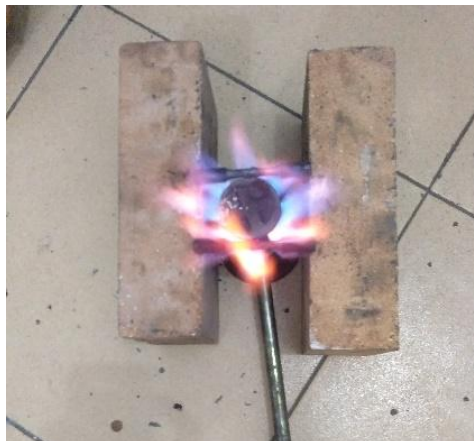
Gambar 4.9 Pc/Komputer

3. Mempersiapkan spesimen uji yang akan menjadi bahan pengujian pada penelitian ini seperti yang terlihat pada gambar 4.10



Gambar 4.10 Spesimen Uji

4. Memanaskan spesimen dengan seperti yang terlihat pada gambar 4.11



Gambar 4.11 Memanaskan Spesimen Uji

5. Memasang spesimen pada cekam (*Jig*) seperti yang terlihat pada gambar 4.12



Gambar 4.12 Memasang Spesimen

6. Memasang cekam pada mesin uji tarik seperti yang terlihat pada gambar 4.13



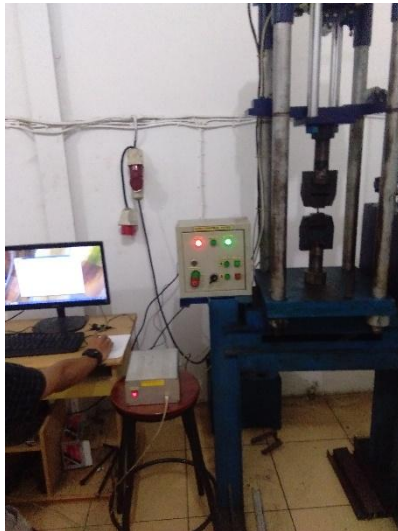
Gambar 4.13 Memasang Cekam

7. Mengukur temperatur spesimen uji sebelum melakukan pengujian tarik seperti yang terlihat pada gambar 4.14



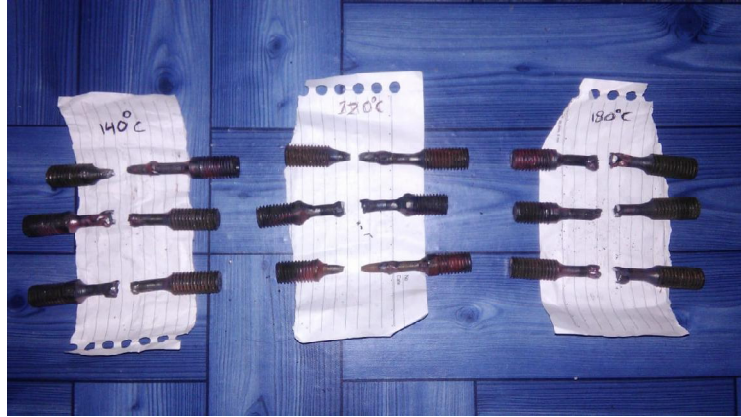
Gambar 4.14 Mengukur Temperatur Spesimen

8. Melakukan pengujian tarik terhadap spesimen uji ketika temperatur spesimen uji berada pada suhu yang telah ditetapkan seperti yang terlihat pada gambar 4.15



Gambar 4.15 Pengujian Tarik

9. Menyatukan patahan spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik untuk mengukur perubahan panjang yang terjadi seperti yang terlihat pada gambar 4.16



Gambar 4.16 Patahan Spesimen Hasil Pengujian Tarik

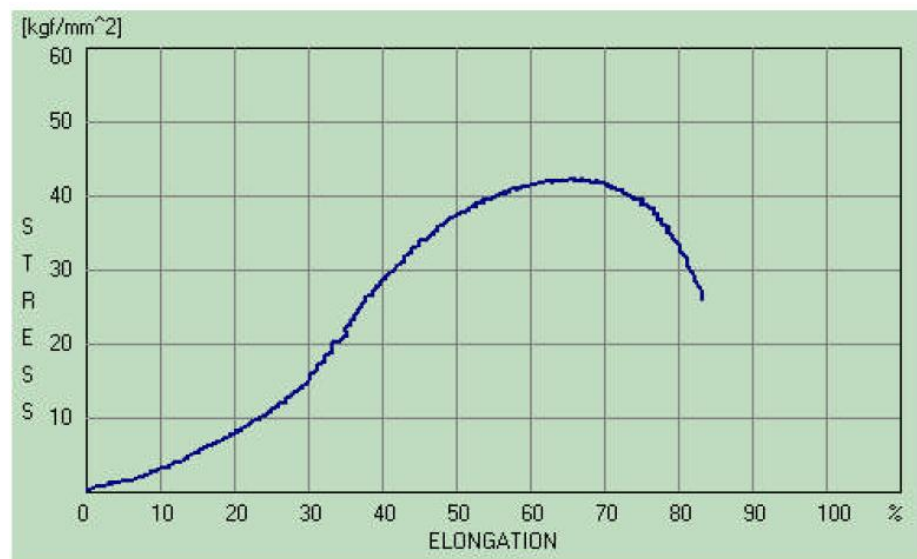
4.3 Hasil Pengujian Tarik

Pada bab ini ditampilkan pengolahan data hasil penelitian yang akan dibahas sesuai dengan data yang di peroleh. Data yang akan ditampilkan meliputi data hasil pengujian spesimen yang akan diuji menggunakan mesin uji tarik dan terdiri dari 3 spesimen yang akan di rata-ratakan adapun hasil dari pengujian yang di dapat dapat dilihat pada gambar 4.17, 4.18, 4.19.

4.3.1 Hasil Pengujian Spesimen

a. Temperatur 120°C

Hasil pada gambar 4.17 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 1 dengan menggunakan pemanasan 120°C yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar tersebut didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,88 N/mm², *tensile strength* 41,17 N/mm², *elongation* sebesar 83,33 % dengan pengujian tarik yang dilakukan sebesar 5000 Kgf.



Gambar 4.17 Hasil uji tarik spesimen 1 temperatur 120°C

Gambar 4.17 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan temperatur 120°C pada spesimen 1, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

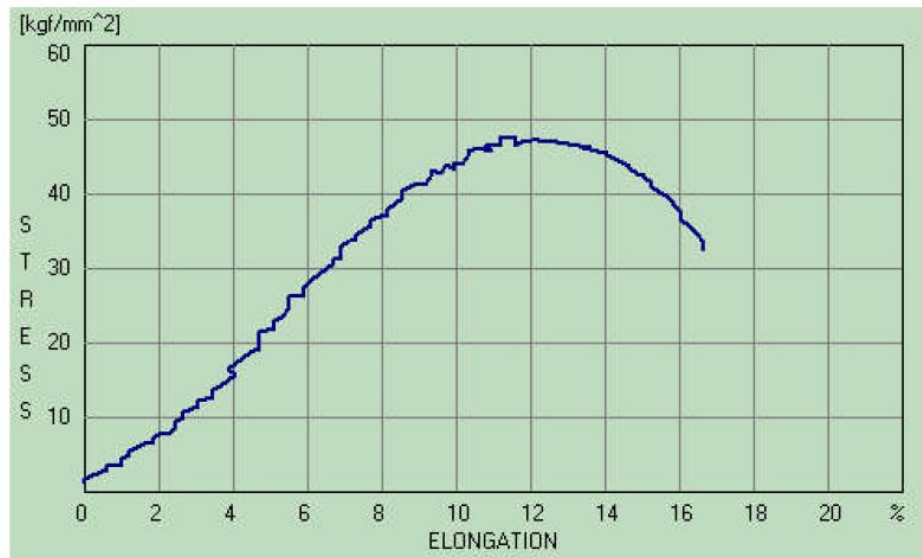
b. *Stress*

$$S = \frac{F}{A} = \frac{116401 \text{Kgf}}{28,26 \text{mm}^2} = 41,18 \text{Kgf/mm}^2$$

c. *Strain*

$$e = \frac{\Delta x}{x} = \frac{2}{30} = 0,06 \text{mm}$$

Hasil pada gambar 4.18 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 2 dengan menggunakan pemanasan 120°C yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar tersebut didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,18 N/mm², *tensile strength* 46,66 N/mm², *elongation* sebesar 16,67 % dengan pengujian tarik yang dilakukan sebesar 5000 Kgf.



Gambar 4.18 Hasil uji tarik spesimen 2 temperatur 120°C

Gambar 4.18 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan temperatur 120°C pada spesimen 2, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{mm} = 28,26 \text{mm}^2$$

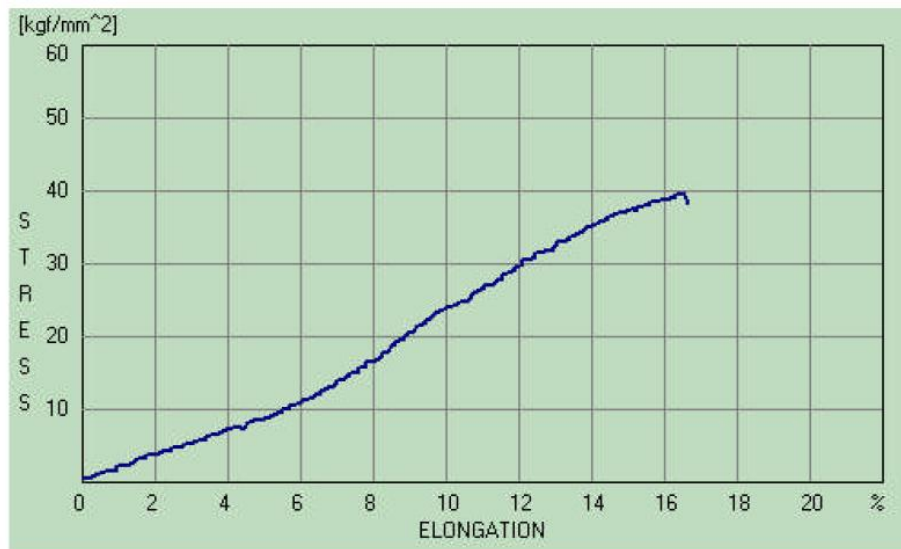
b. *Stress*

$$S = \frac{F}{A} = \frac{1319,22 \text{Kgf}}{28,26 \text{mm}^2} = 46,68 \text{Kgf/mm}^2$$

c. *Strain*

$$e = \frac{\Delta x}{x} = \frac{2}{30} = 0,06mm$$

Hasil pada gambar 4.19 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 3 dengan menggunakan pemanasan 120°C yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar tersebut didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,18 N/mm², *tensile strength* 39,53 N/mm², *elongation* sebesar 16,67 % dengan pengujian tarik yang dilakukan sebesar 5000 Kgf.



Gambar 4.19 Hasil uji tarik spesimen 3 temperatur 120°C

Gambar 4.19 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan temperatur 120°C pada spesimen 3, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 mm = 28,26 mm^2$$

b. *Stress*

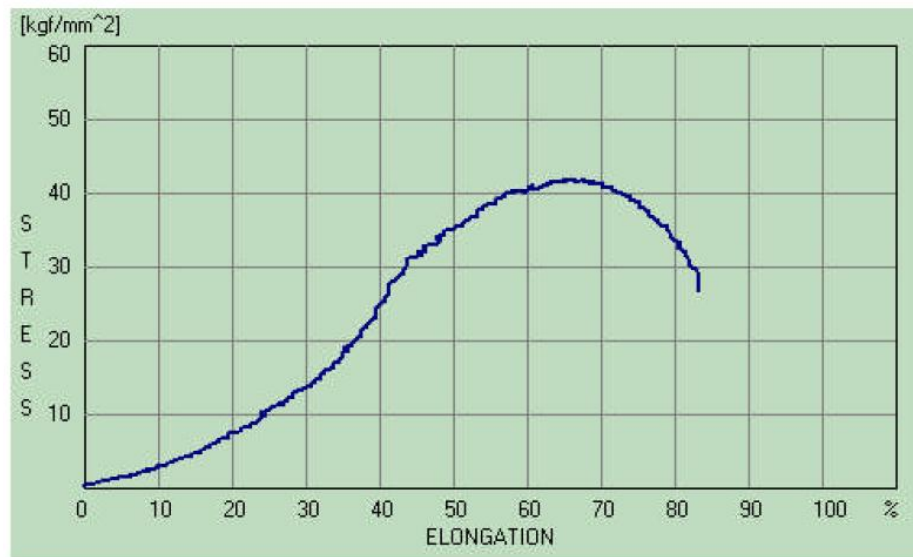
$$S = \frac{F}{A} = \frac{1117,58 Kgf}{28,26 mm^2} = 39,54 Kgf / mm^2$$

c. *Strain*

$$e = \frac{\Delta x}{x} = \frac{2}{30} = 0,06mm$$

b. Temperatur 140°C

Hasil pada gambar 4.20 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 1 dengan menggunakan pemanasan 140°C yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar tersebut didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,88 N/mm², *tensile strength* 41,22 N/mm², *elongation* sebesar 83,33 % dengan pengujian tarik yang dilakukan sebesar 5000 Kgf.



Gambar 4.20 Hasil uji tarik spesimen 1 temperatur 140°C

Gambar 4.20 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan temperatur 140°C pada spesimen 1, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

b. *Stress*

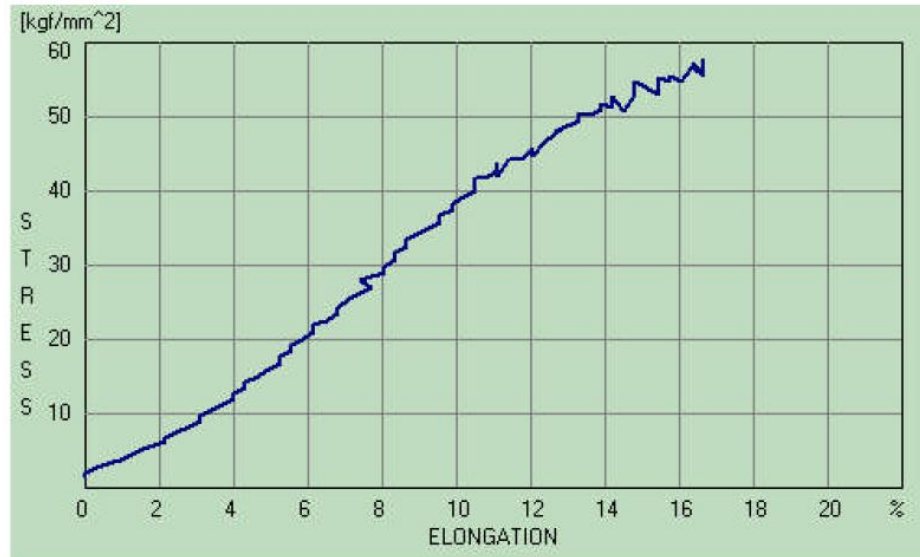
$$S = \frac{F}{A} = \frac{116534 \text{ Kgf}}{2826 \text{ mm}^2} = 41,23 \text{ Kgf/mm}^2$$

c. *Strain*

$$e = \frac{\Delta x}{x} = \frac{2}{30} = 0,06 \text{ mm}$$

Hasil pada gambar 4.21 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 2 dengan menggunakan pemanasan 140°C yang telah dilakukan pengujian tarik,

dari gambar tersebut didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,18 N/mm², *tensile strength* 57,68 N/mm², *elongation* sebesar 16,67 % dengan pengujian tarik yang dilakukan sebesar 5000 Kgf.



Gambar 4.21 Hasil uji tarik spesimen 2 temperatur 140°C

Gambar 4.21 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan temperatur 140°C pada spesimen 2, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

- a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

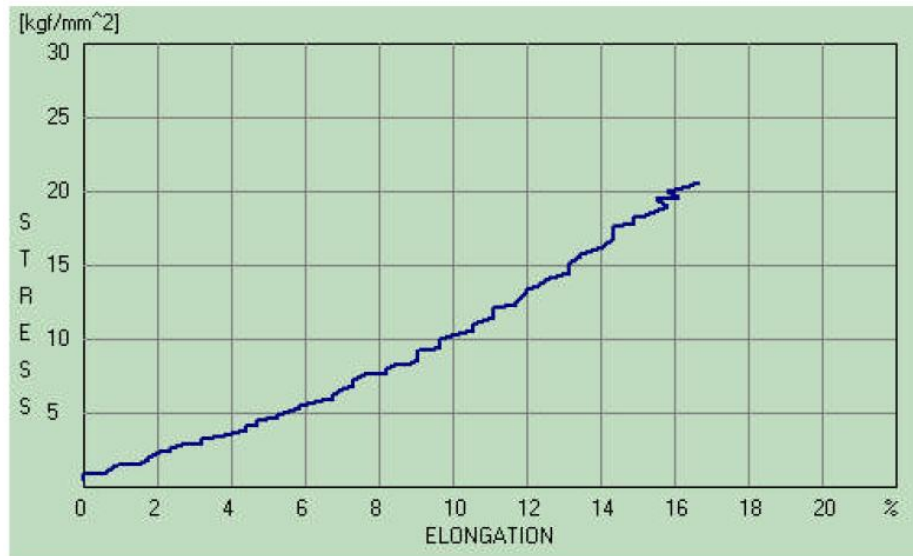
- b. *Stress*

$$S = \frac{F}{A} = \frac{163098 \text{ Kgf}}{28,26 \text{ mm}^2} = 57,71 \text{ Kgf/mm}^2$$

- c. *Strain*

$$e = \frac{\Delta x}{x} = \frac{2}{30} = 0,06 \text{ mm}$$

Hasil pada gambar 4.22 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 3 dengan menggunakan pemanasan 140°C yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar tersebut didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,18 N/mm², *tensile strength* 20,57 N/mm², *elongation* sebesar 16,67 % dengan pengujian tarik yang dilakukan sebesar 5000 Kgf.



Gambar 4.22 Hasil uji tarik spesimen 3 temperatur 140°C

Gambar 4.22 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan temperatur 140°C pada spesimen 3, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

- a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

- b. *Stress*

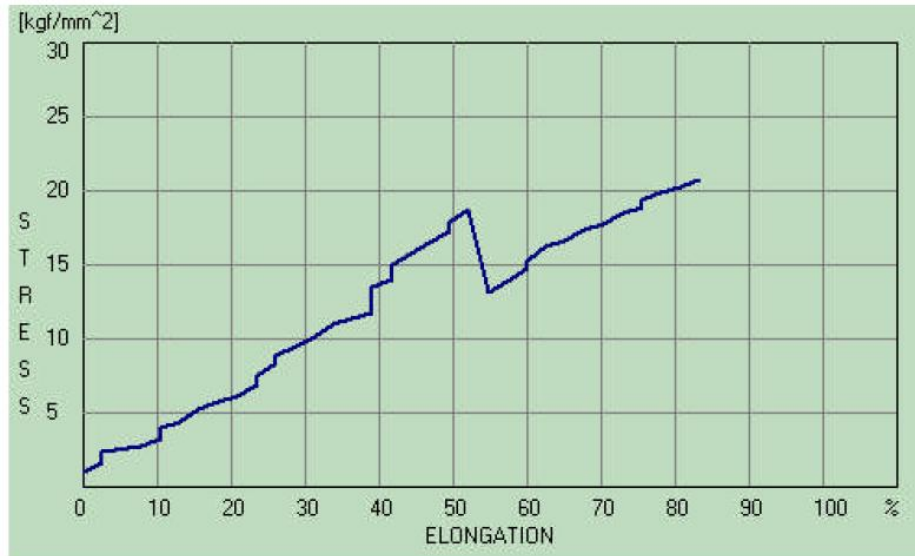
$$S = \frac{F}{A} = \frac{581,63 \text{ Kgf}}{28,26 \text{ mm}^2} = 20,58 \text{ Kgf} / \text{mm}^2$$

- c. *Strain*

$$e = \frac{\Delta x}{x} = \frac{2}{30} = 0,06 \text{ mm}$$

- d. Temperatur 180°C

Hasil pada gambar 4.23 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 1 dengan menggunakan pemanasan 180°C yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar tersebut didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,88 N/mm², *tensile strength* 20,81 N/mm², *elongation* sebesar 83,33 % dengan pengujian tarik yang dilakukan sebesar 5000 Kgf.



Gambar 4.23 Hasil uji tarik spesimen 1 temperatur 180°C

Gambar 4.23 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan temperatur 180°C pada spesimen 1, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

- a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

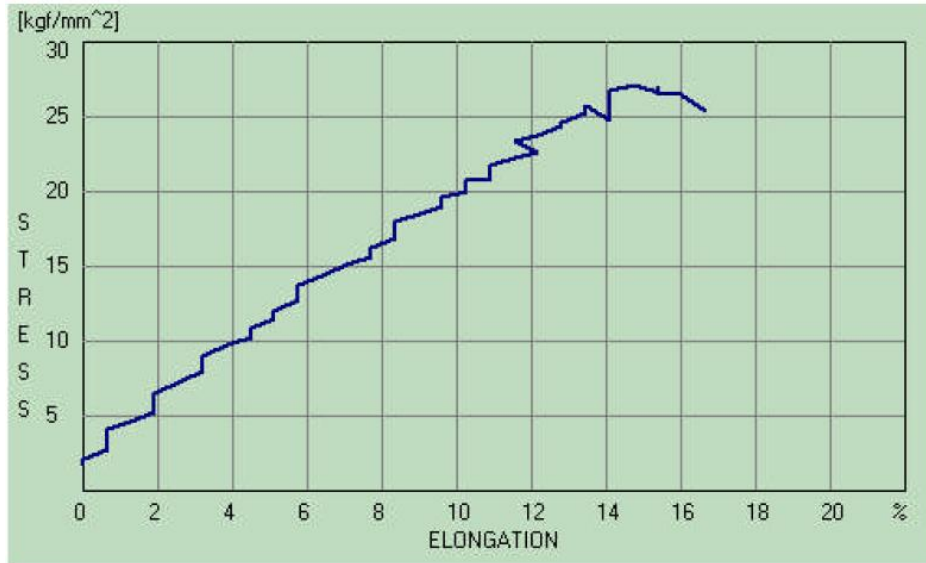
- b. *Stress*

$$S = \frac{F}{A} = \frac{588,26 \text{ Kgf}}{28,26 \text{ mm}^2} = 20,81 \text{ Kgf/mm}^2$$

- c. *Strain*

$$e = \frac{\Delta x}{x} = \frac{2}{30} = 0,06 \text{ mm}$$

Hasil pada gambar 4.24 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 2 dengan menggunakan pemanasan 180°C yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar tersebut didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,18 N/mm², *tensile strength* 27,05 N/mm², *elongation* sebesar 16,67 % dengan pengujian tarik yang dilakukan sebesar 5000 Kgf.



Gambar 4.24 Hasil uji tarik spesimen 2 temperatur 180°C

Gambar 4.24 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan temperatur 180°C pada spesimen 2, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

- a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

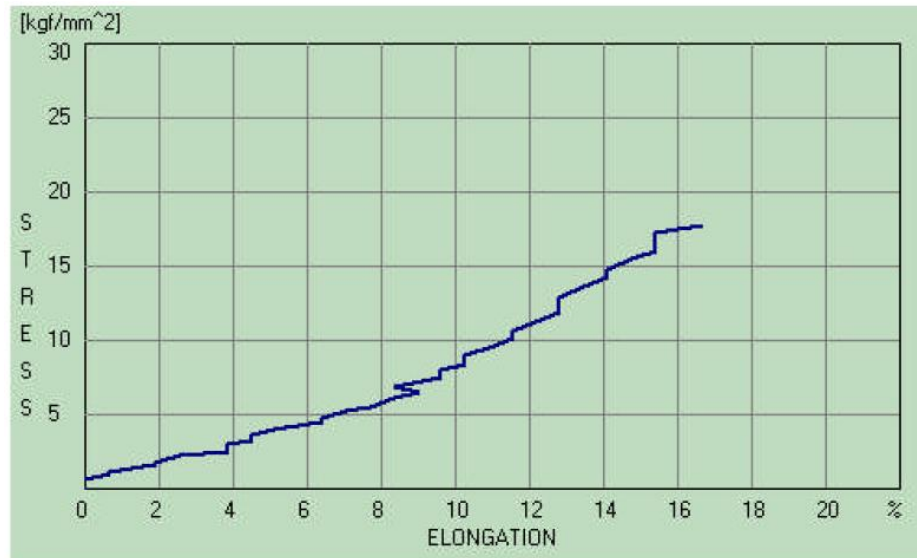
- b. *Stress*

$$S = \frac{F}{A} = \frac{764,70 \text{ Kgf}}{28,26 \text{ mm}^2} = 27,05 \text{ Kgf/mm}^2$$

- c. *Strain*

$$e = \frac{\Delta x}{x} = \frac{2}{30} = 0,06 \text{ mm}$$

Hasil pada gambar 4.25 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 3 dengan menggunakan pemanasan 180°C yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar tersebut didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,18 N/mm², *tensile strength* 17,71 N/mm², *elongation* sebesar 16,67 % dengan pengujian tarik yang dilakukan sebesar 5000 Kgf.



Gambar 4.25 Hasil uji tarik spesimen 3 temperatur 180°C

Gambar 4.25 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan temperatur 180°C pada spesimen 3, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

- a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

- b. *Stress*

$$S = \frac{F}{A} = \frac{50071 \text{ Kg}}{28,26 \text{ mm}^2} = 17,71 \text{ Kg/mm}^2$$

- c. *Strain*

$$e = \frac{\Delta x}{x} = \frac{2}{30} = 0,06 \text{ mm}$$

4.3.2 Data Hasil Pengujian

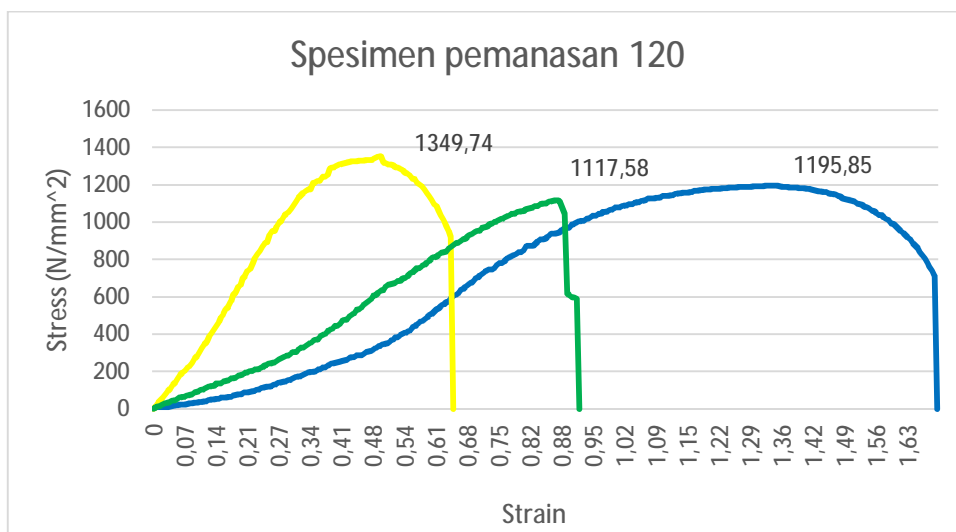
Hasil yang didapatkan dari pengujian dalam penelitian ini dituangkan dalam bentuk tabel seperti yang tertera pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian

Diameter Kawat Las	Temperatur	Hasil Pengujian		
		Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
Ø 2,6 mm	Temperatur 120 C	0,88	41,17	83,33
		0,18	46,66	16,67
		0,18	39,53	16,67
	Temperatur 140 C	0,88	41,22	83,33
		0,18	57,68	16,67
		0,18	20,57	16,67
	Temperatur 180 C	0,88	20,81	83,33
		0,18	27,05	16,67
		0,18	17,71	16,67

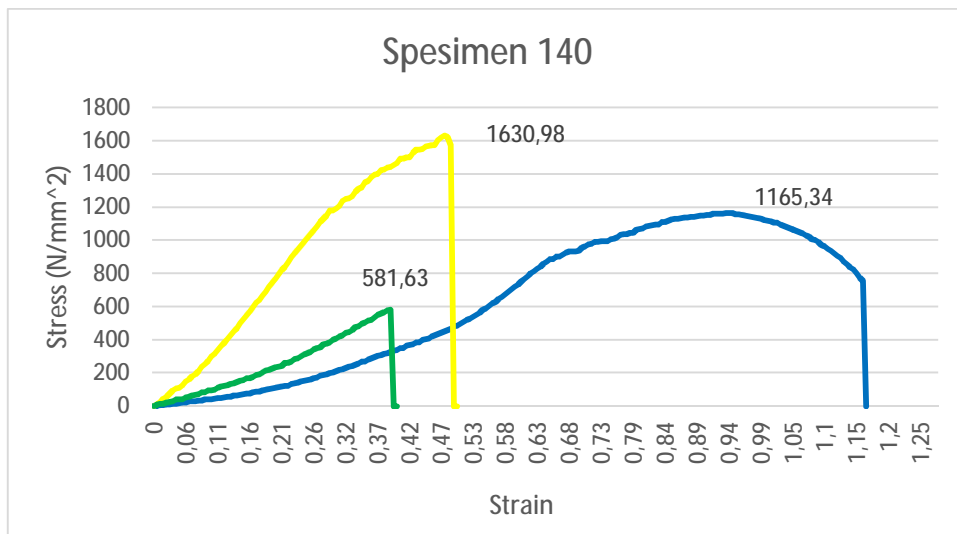
4.4 Pembahasan

Hasil pengujian kekuatan tarik spesimen dengan menggunakan diameter kawat las 2.6 mm pertama dengan pemanasan 120 C menggunakan mesin uji tarik mendapatkan hasil yang dituangkan dalam bentuk grafik perbandingan antara kekuatan spesimen 1, 2 dan 3. Hasil yang didapatkan bervariasi dengan kekuatan tarik yang berbeda masing-masing spesimen. Hasil dari perbandingan kekuatan terhadap spesimen tersebut dapat dilihat pada gambar 4.26.



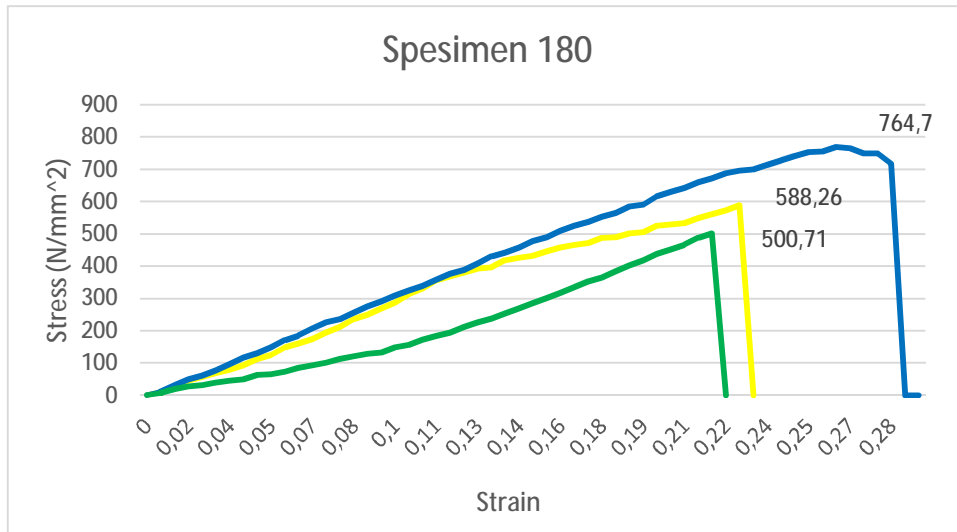
Gambar 4.26 Perbandingan kekuatan tarik pemanasan 120°C

Hasil pengujian kekuatan tarik spesimen dengan menggunakan diameter kawat las 2.6 mm pertama dengan pemanasan 120 C menggunakan mesin uji tarik mendapatkan hasil yang dituangkan dalam bentuk grafik perbandingan antara kekuatan spesimen 1, 2 dan 3. Hasil yang didapatkan bervariasi dengan kekuatan tarik yang ereda masing-masing spesimen. Hasil dari perbandingan kekuatan terhadap spesimen tersebut dapat dilihat pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Perbandingan kekuatan tarik pemanasan 140°C

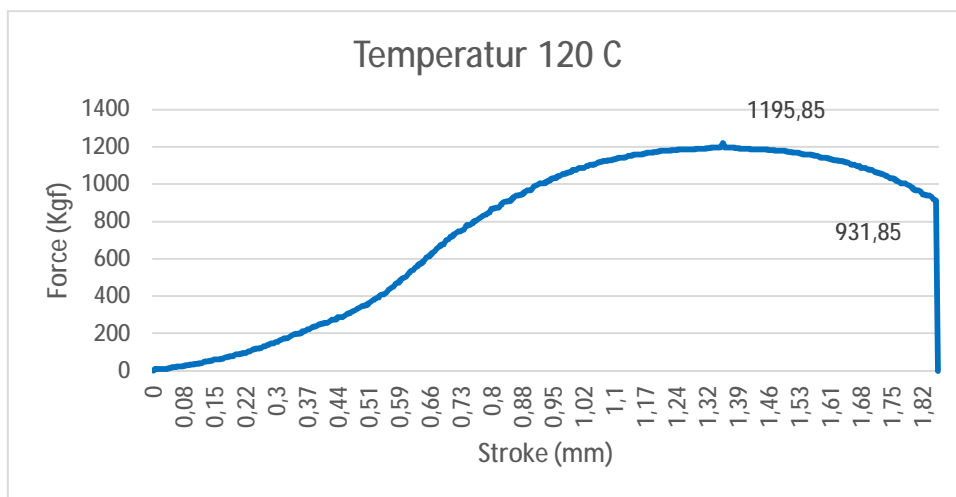
Hasil pengujian kekuatan tarik spesimen dengan menggunakan diameter kawat las 2.6 mm pertama dengan pemanasan 180 C menggunakan mesin uji tarik mendapatkan hasil yang dituangkan dalam bentuk grafik perbandingan antara kekuatan spesimen 1, 2 dan 3. Hasil yang didapatkan bervariasi dengan kekuatan tarik yang ereda masing-masing spesimen. Hasil dari perbandingan kekuatan terhadap spesimen tersebut dapat dilihat pada gambar 4.28.



Gambar 4.28 Perbandingan kekuatan tarik pemanasan 180°C

4.4.1 Hasil Rata-Rata

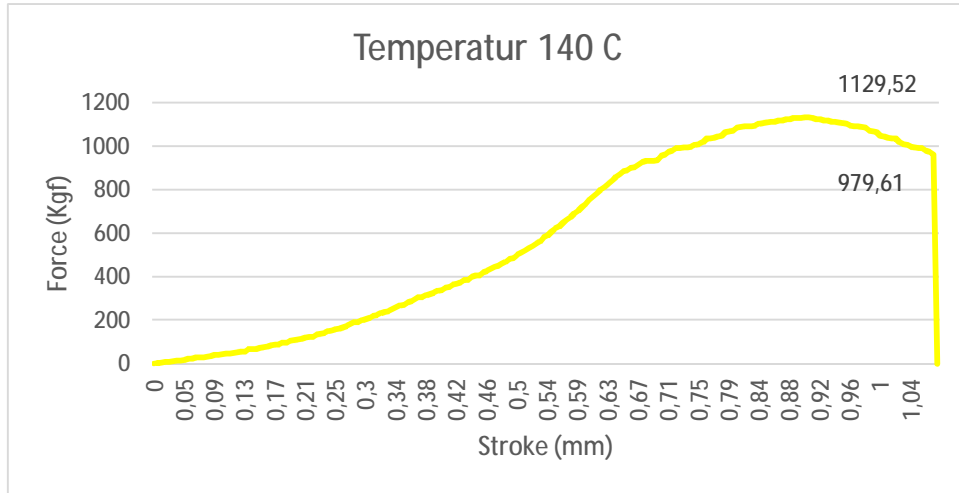
Hasil spesimen dengan perbedaan kekuatan tersebut kemudian di rata-ratakan untuk memperoleh kekuatan tarik yang dominan pada pengujian tarik terhadap spesimen dengan proses perlakuan panas 120°C, hasil yang didapatkan berupa nilai *stress* sebesar 11727,28 N/mm². Pengelasan ini mengalami deformasi sehingga mengalami perubahan pada kekuatan patah spesimen ini sebesar 9138,33 N/mm² seperti yang terlihat pada gambar 4.29.



Gambar 4.29 Hasil rata-rata pengujian tarik 120°C

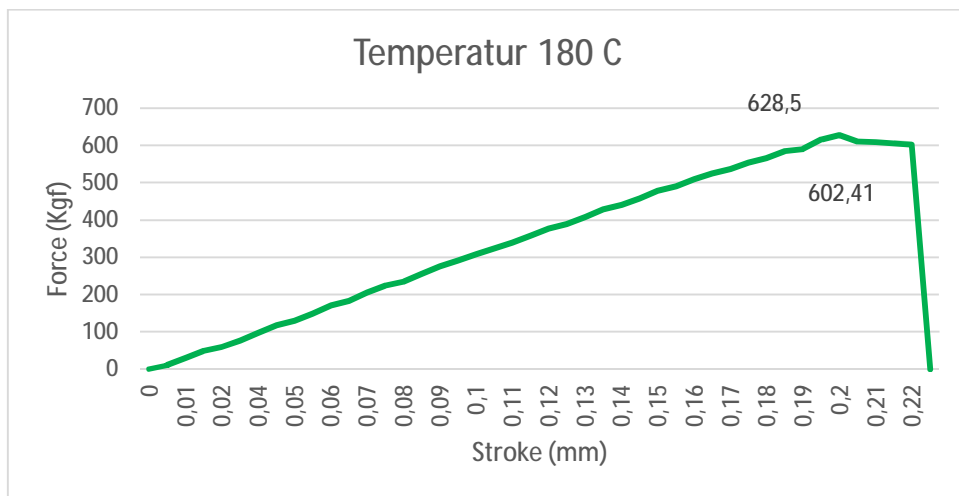
Hasil spesimen dengan perbedaan kekuatan tersebut kemudian di rata-ratakan untuk memperoleh kekuatan tarik yang dominan pada pengujian tarik

terhadap spesimen dengan proses perlakuan panas 140°C, hasil yang didapatkan berupa nilai *stress* sebesar 11076,81 N/mm². Pengelasan ini mengalami deformasi sehingga mengalami perubahan pada kekuatan patah spesimen ini sebesar 9606,69 N/mm² seperti yang terlihat pada gambar 4.30.



Gambar 4.30 Hasil rata-rata pengujian tarik 140°C

Hasil spesimen dengan perbedaan kekuatan tersebut kemudian di rata-ratakan untuk memperoleh kekuatan tarik yang dominan pada pengujian tarik terhadap spesimen dengan proses perlakuan panas 180°C, hasil yang didapatkan berupa nilai *stress* sebesar 6163,48 N/mm². Pengelasan ini mengalami deformasi sehingga mengalami perubahan pada kekuatan patah spesimen ini sebesar 5907,62 N/mm² seperti yang terlihat pada gambar 4.31.



Gambar 4.31 Hasil rata-rata pengujian tarik 180°C

BAB 5

KESIMPULAN dan SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian kekerasan pada spesimen metalurgi serbuk maka di dapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Pengujian tarik pada spesimen yang mendapatkan perlakuan panas sebesar 120°C memiliki ketahanan terhadap kekuatan tarik sebesar 1198745,28 N/mm².
2. Pengujian tarik pada spesimen yang mendapatkan perlakuan panas sebesar 140°C memiliki ketahanan terhadap kekuatan tarik sebesar 1109416.508 N/mm².
3. Pengujian tarik pada spesimen yang mendapatkan perlakuan panas sebesar 180°C memiliki ketahanan terhadap kekuatan tarik sebesar 616347.95 N/mm².
4. Temperatur tertinggi pada penelitian ini memiliki ketahanan terhadap kekuatan tarik yang sangat lemah

5.2 Saran

Beberapa hal yang harus dilakukan pada penelitian lanjutan nantinya harus dilakukan pengembangan yaitu :

1. Adanya penelitian lanjutan yang akan meneliti tentang perubahan yang terjadi terhadap struktur atom pengelasan pada saat pemanasan terjadi
2. Adanya tungku pembakaran di laboratorium proses produksi fakultas teknik universitas muhammadiyah sumatera utara untuk mempermudah penulis dalam melakukan pemanasan terhadap spesimen uji.

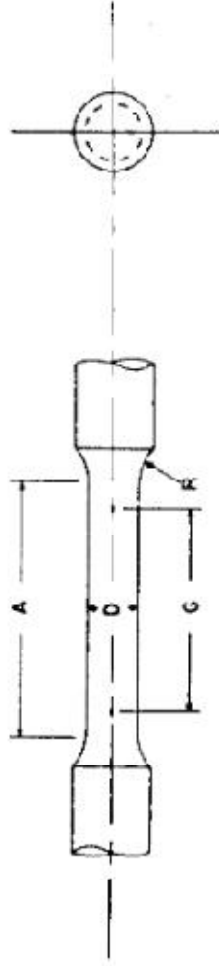
DAFTAR PUSTAKA

- Alip, M., 1989, Teori dan Praktik Las. Penerbit Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Arifin, S., 1997. *Las Listrik dan Otogen*, Ghalia Indonesia, Jakarta
- ASM, *Metal Handbook. Welding, Brazing, and Soldering Volume 6*. Ohio:1993.
- ASTM E8 / E8M-16a, *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.
- Avner. 1987. *Introduction to Physical Metallurgy, 2nd ed.* Mc.Graw-Hill Book Company, New York, USA.
- Beumer.1985. *Ilmu Bahan Logam Jilid II*. Jakarta: Bharata Karya Aksara
- Davis, H.E., Troxell, G.E., Wiskocil, C.T., 1955, *The Testing and Inspection of Engineering Materias*, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- Dieter. 1996. *Metalurgi Mekanik*. Jakarta:Erlangga
- Kang Hao, Wu Di, and Zhao Xian-ming. 2013. *Surface Temperature Change of U75V 60 kg/m Heavy Rail During Heat Treatment*. China.
- Sonawan, H., Sutratman, R., 2006. *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*. Alfa Beta. Bandung
- Suci. 2010. *Pengaruh Normalizing Sambungan Las Rel 42 dengan Las Thermit pada Mutu Sambungan*. Semarang
- Suharto, 1991. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Pertama. Jakarta: PT. Rineka Cipta
- Suherman.1988. *Ilmu Logam III*. Surabaya: Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Trihutomo, P. 2014. *Pengaruh Proses Annealing Pada Hasil Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah* Teknik Mesin Universitas Negeri Malang
- Wirjosumarto, H. dan Okumura, T. *Teknologi Pengelasan Logam*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta: 2000.

<http://irvandy1993.blogspot.com/2013/06/elemen-mesin-sambungan-las.html>
diakses pada tanggal 29 November 2019 pada pukul 23.35 Wib

LAMPIRAN

ASTM E8/E8M - 13a



Dimensions, mm [in.]

For Test Specimens with Gauge Length Four times the Diameter [E8]

Small-Size Specimens Proportional to Standard

Standard Specimen	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gauge length	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	36.0 ± 0.1 [1.400 ± 0.005]	24.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.005]	16.0 ± 0.1 [0.640 ± 0.005]	10.0 ± 0.1 [0.450 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	9.0 ± 0.1 [0.350 ± 0.007]	5.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]	4.0 ± 0.1 [0.160 ± 0.003]	2.5 ± 0.1 [0.113 ± 0.002]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	8 [0.25]	6 [0.188]	4 [0.156]	2 [0.094]
A—Length of reduced section, min (Note 2)	56 [2.25]	45 [1.75]	30 [1.25]	20 [0.75]	16 [0.625]

Dimensions, mm [in.]

For Test Specimens with Gauge Length Five times the Diameter [E8M]

Small-Size Specimens Proportional to Standard

Standard Specimen	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gauge length	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	45.0 ± 0.1 [1.750 ± 0.005]	30.0 ± 0.1 [1.250 ± 0.005]	20.0 ± 0.1 [0.800 ± 0.005]	12.5 ± 0.1 [0.565 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	9.0 ± 0.1 [0.350 ± 0.007]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]	4.0 ± 0.1 [0.160 ± 0.003]	2.5 ± 0.1 [0.113 ± 0.002]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	8 [0.25]	6 [0.188]	4 [0.156]	2 [0.094]
A—Length of reduced section, min (Note 2)	75 [3.0]	54 [2.0]	36 [1.4]	24 [1.0]	20 [0.75]

LAMPIRAN 1

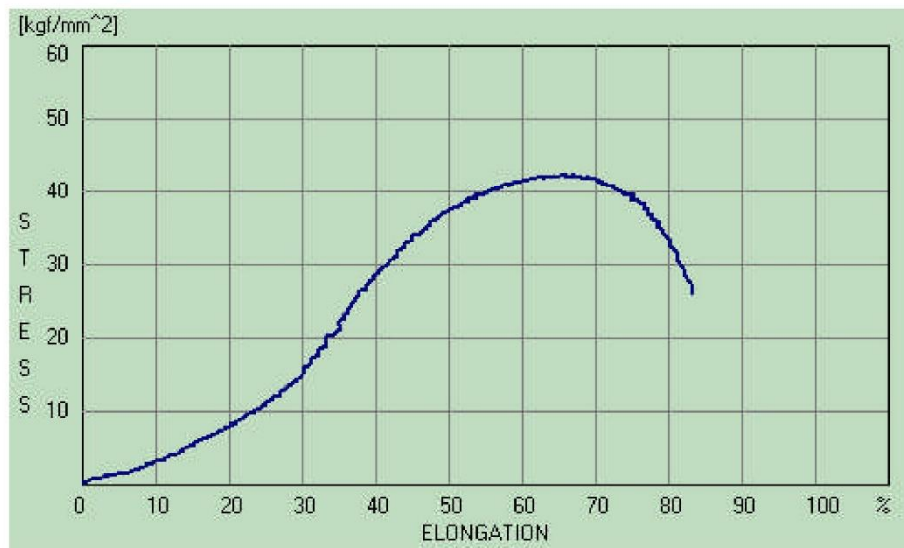


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	<input type="text" value="1"/>	Max. Force :	<input type="text" value="1164.01 (kgf)"/>
Test Type :	<input type="text" value="Tensile"/>	Break Force :	<input type="text" value="738.17 (kgf)"/>
Date Test :	<input type="text" value="3-2-2020 ; 14:47:13"/>	Yield Strength :	<input type="text" value="0.88 (kgf/mm^2)"/>
Specimens :	<input type="text" value="Others"/>	Tensile Strength :	<input type="text" value="41.17 (kgf/mm^2)"/>
Area :	<input type="text" value="28.27 (mm^2)"/>	Elongation :	<input type="text" value="83.33 (%)"/>



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Penguujian Material

LAMPIRAN 2

 The image cannot be displayed. Your computer may not have enough memory to open the image, or the image may have been corrupted. Restart your computer, and then open the file again. If the red x still appears, you may have to delete the image and then insert it.

LAMPIRAN 3

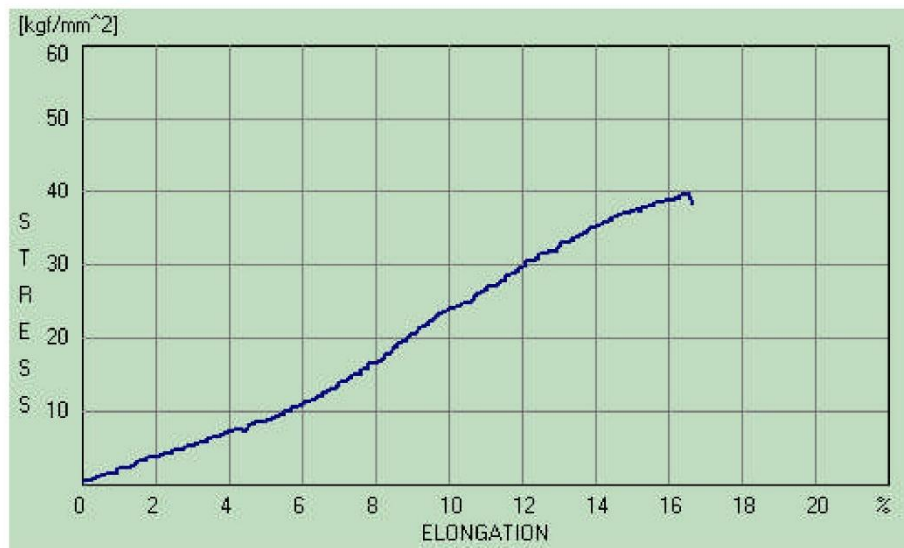


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	3	Max. Force :	1117.58 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	1080.43 (kgf)
Date Test :	8-2-2020 ; 16:55:29	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	39.53 (kgf/mm ²)
Area :	28.27 (mm ²)	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Penguujian Material

LAMPIRAN 4

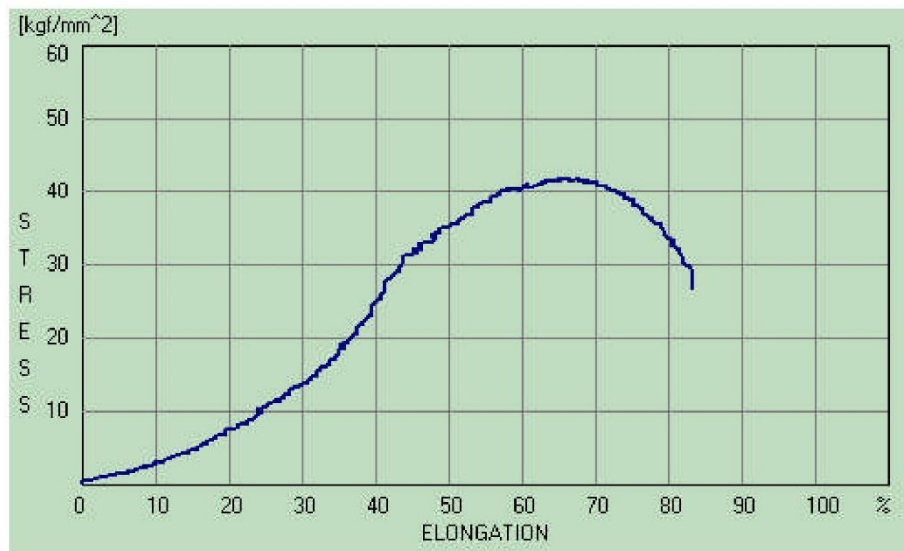


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	1165.34 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	754.09 (kgf)
Date Test :	3-2-2020 ; 15:24:46	Yield Strength :	0.88 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	41.22 (kgf/mm ²)
Area :	28.27 (mm ²)	Elongation :	83.33 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Penguujian Material

LAMPIRAN 5

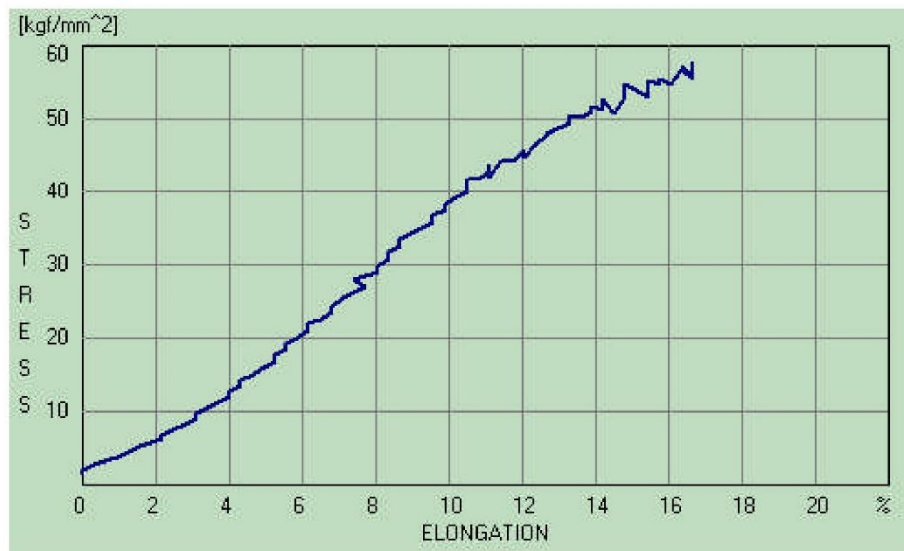


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	1630.98 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	1572.61 (kgf)
Date Test :	8-2-2020 ; 16:34:17	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	57.68 (kgf/mm ²)
Area :	28.27 (mm ²)	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Penguujian Material

LAMPIRAN 6

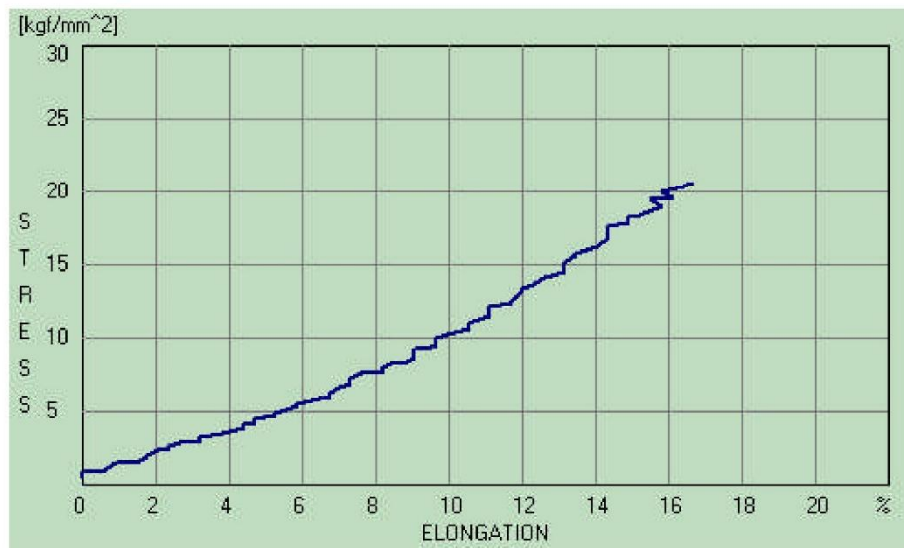


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	3	Max. Force :	581.63 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	581.63 (kgf)
Date Test :	8-2-2020 ; 16:43:59	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	20.57 (kgf/mm ²)
Area :	28.27 (mm ²)	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Penguujian Material

LAMPIRAN 7

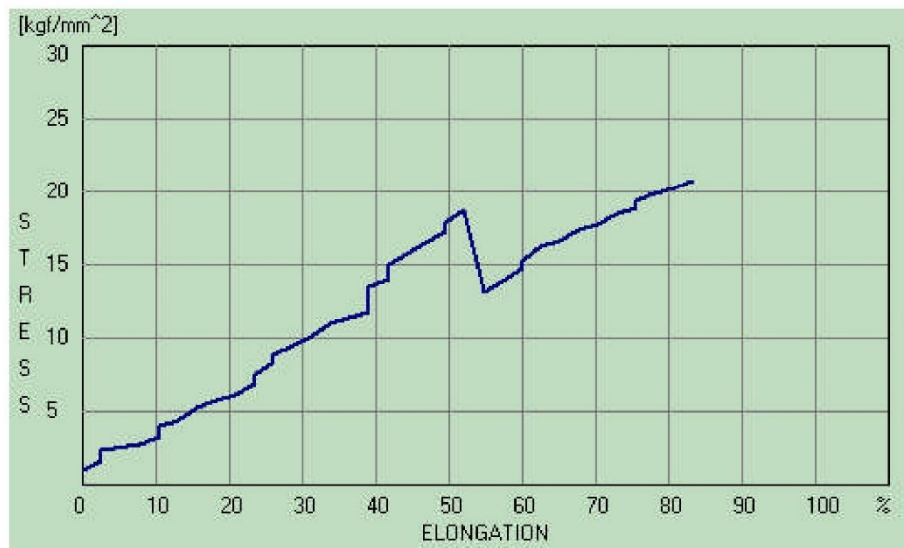


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	3	Max. Force :	588.26 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	588.26 (kgf)
Date Test :	3-2-2020 ; 15:35:2	Yield Strength :	0.88 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	20.81 (kgf/mm ²)
Area :	28.27 (mm ²)	Elongation :	83.33 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Penguujian Material

LAMPIRAN 8

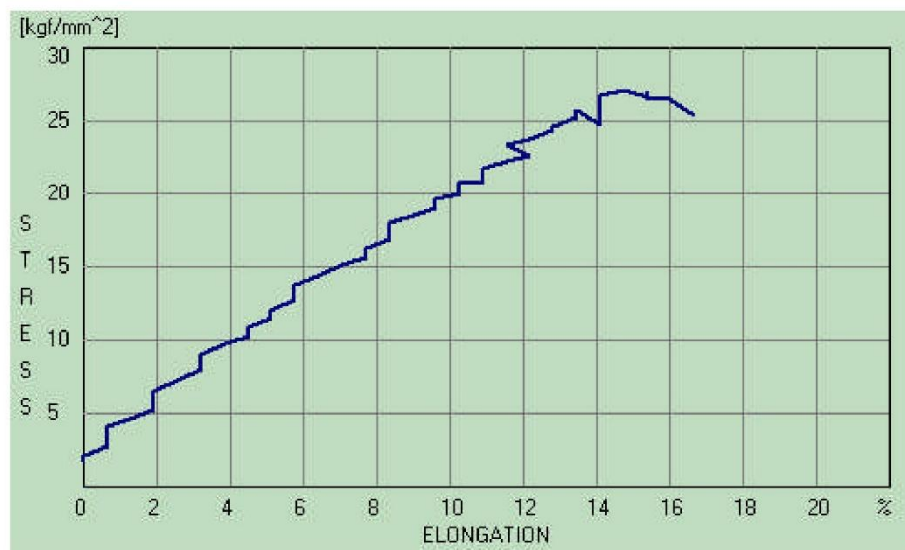


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	764.70 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	718.27 (kgf)
Date Test :	8-2-2020 ; 16:16:39	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	27.05 (kgf/mm ²)
Area :	28.27 (mm ²)	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Penguujian Material

LAMPIRAN 9

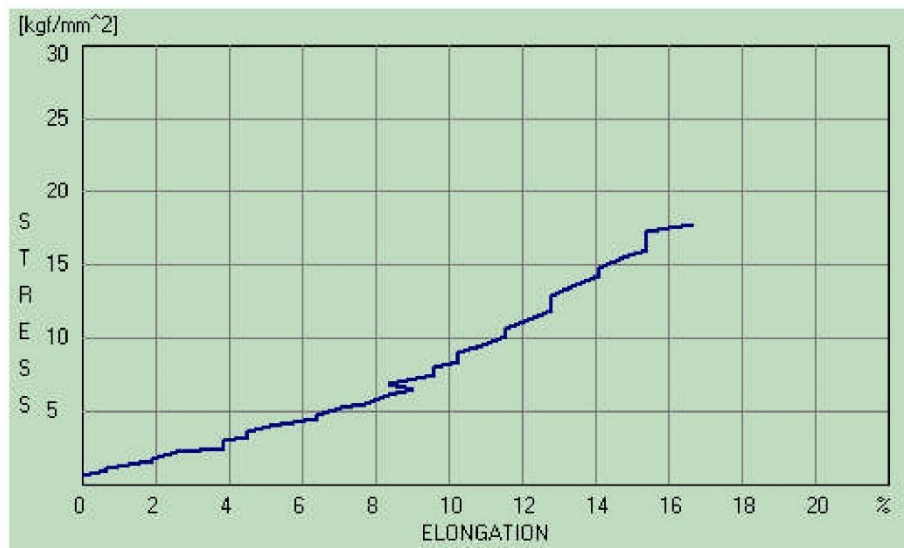


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin_fatek@umsu.ac.id

TEST REPORT

Test No. :	3	Max. Force :	500.71 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	500.71 (kgf)
Date Test :	8-2-2020 ; 16:21:37	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	17.71 (kgf/mm ²)
Area :	28.27 (mm ²)	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Penguujian Material

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Pengaruh Proses Annealing Terhadap Kekuatan Tarik Pada Proses Pengelasan SMAW

Nama : Bagus Hartanto
NPM : 1507230234

Dosen Pembimbing 1 : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Pembimbing 2 : Affandi, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.		: Penyerahan surat bimbingan	Af.
2.	Selasa $\frac{19}{11}$ 2019	: Perbaiki Bab-1, juga Bab-2 serta Bab-3	Af.
3.	Senin $\frac{02}{12}$ 2019	: perbaiki prosedur	Af.
4.	Senin $\frac{9}{12}$ 2019	: perbaiki lagi prosedur	Af.
4.	Senin $\frac{6}{7}$ 2020	: Lanjut ke pembimbing 2	Af.
1.	Jumat $\frac{19}{12}$ 2019	: Perbaiki Gambar Bab 2 dan Bab 3 serta tabel	Af.
2.	Jumat $\frac{14}{1}$ 2020	: Penambahan referensi Bab I Perbaiki grafik Bab 4 Tambahkan lampiran gambar grafik pengujian	Af.
3.	Selasa $\frac{18}{2}$ 2020	: Ace	Af.
4.	Selasa $\frac{18}{2}$ 2020	: Ace, persiapan seminar Hasil	Af.



DATA PRIBADI

Nama : Bagus Hartanto
NPM : 1507230234
Tempat/Tanggal/Lahir : Aek Torop/29/03/1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status Perkawinan : Belum Kawin
Alamat : Empalsmen Aek Torop
 RT/RW : -
 Kel/Desa : Aek Batu
 Kecamatan :Torgamba
 Provinsi : Sumatra Utara

Nomor Hp : 085358360997
E-mail : bagushartantto@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Sukarman S.H.
 Ibu : Sri Hartati

PENDIDIKAN FORMAL

2003-2009 : SDN NO 118263AFD 1 AEK TOROP
2009-2012 : SMP BUDAYA SWASTA CIKAMPAK
2012-2015 : SMK SWASTA INDONESIA MEMBANGUN 2
2015-2020 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara