

TUGAS AKHIR

ANALISA KEKUATAN UJI TARIK DAN KEKERASAN HASIL PENGELASAN BAJA KARBON TINGGI (AISI 1070) PADA LAS TIG (*TUNGSTEN INERT GAS*) DENGAN VARIASI ARUS 120,130,140 AMPERE

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD IKHSAN
1507230244



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Ikhsan
NPM : 1507230244
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisa Kekuatan Uji Tarik Dan Kekerasan Hasil Pengelasan
Baja Karbon Tinggi (AISI 1070) Pada Las TIG (*Tungsten
Inert Gas*) Dengan Variasi Arus 120,130,140 Ampere
Bidang ilmu : Konstruksi 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, 21 Mei 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

Rahmatullah, S.T.,MSc.IPM.,ASEAN ENG

Dosen Penguji II

Sudirman Lubis, S.T., M.T.

Dosen Penguji III

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

Dosen Penguji IV

M. Yani, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Ikhsan

Tempat / Tanggal Lahir: Tanjungbalai / 09 September 1997

NPM : 1507230244

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

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

“ANALISA KEKUATAN UJI TARIK DAN KEKERASAN HASIL PENGELASAN BAJA KARBON TINGGI (AISI 1070) PADA LAS TIG (TUNGSTEN INERT GAS) DENGAN VARIASI ARUS 120,130,140 AMPERE”,

Bukan merupakan plagiatisme, 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 Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 12 Juni 2021

Saya yang menyatakan



Muhammad Ikhsan

ABSTRAK

Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) atau lebih dikenal dengan TIG Tungsten Inert Gas adalah salah satu jenis pengelasan listrik terumpan (Filler) dengan gas pelindung Argon. Untuk menghasilkan busur listrik, digunakan elektroda yang tidak terkonsumsi terbuat dari logam Tungsten atau paduannya yang memiliki titik lebur sangat tinggi. Baja karbon tinggi merupakan paduan baja karbon mengandung 0,6%C–1,5%C dan termasuk material yang dapat diperlakukan panas Heat Treatment dan bisa digunakan untuk proses pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan kekerasan, hasil pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) pada baja karbon tinggi dengan menggunakan variasi arus 120 A, 130 A dan 140 A. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa kekuatan tarik tertinggi terdapat pada 140 A dengan nilai 823,62 kgf, Sedangkan Untuk nilai terendah pada kuat arus 120 A dengan nilai 718,38 kgf. Nilai Kekerasan tertinggi terdapat pada arus 130 A dengan nilai pada HAZ kiri sebesar 60,0 HRC, untuk nilai kekerasan terendah terdapat pada arus 120 A dengan nilai 45,2 HRC. secara keseluruhan kuat arus yang semakin besar mengakibatkan Heat Input yang besar pula, lelehan las akan semakin cepat dan akan terjadi perubahan sifat mekanik pada baja karbon tinggi yang membuat nilai kekuatan rendah dan lunak.

Kata kunci : Gas Tungsten Arc Welding, Tungsten Inert Gas, Baja Karbon Tinggi, Uji Tarik, Uji Kekerasan, Arus.

ABSTRACT

Gas Welding Tungsten Arc Welding (GTAW) or better known as TIG Tungsten Inert Gas is one type of feeded electric welding (Filler) with Argon shielding gas. To produce an electric arc, an unconsumed electrode made of Tungsten metal or its alloys which has a very high melting point is used High carbon steel is a carbon steel alloy containing 0.6% C–1.5% C and is a material that can be heat treated and can be used for welding processes. This study aims to determine the tensile strength and hardness ,the results of welding Tungsten Inert Gas (TIG) on high carbon steel using current variations of 120 A, 130 A and 140 A. From the results of the tests that have been done, it is known that the highest tensile strength is at 140 A with a value of 823.62 kgf. Meanwhile, the lowest value is at a current of 120 A with a value of 718.38 kgf. The highest hardness value is at current 130 A with a value on the left HAZ of 60.0 HRC, for the lowest hardness value is at current 120 A with a value of 45.2 HRC. Overall, the higher the current strength, the higher the Heat Input, the faster the weld melt and there will be a change in the mechanical properties of high carbon steel which makes the strength value low and soft.

Keywords: Tungsten Arc Welding Gas, Tungsten Inert Gas, High Carbon Steel, Tensile Test, Hardness Test, Flow.

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 Kekuatan Uji Tarik Dan Kekerasan Hasil Pengelasan Baja Karbon Tinggi (AISI 1070) Pada Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) Dengan Variasi Arus 120,130,140 *Ampere*” sebagai syarat untuk meraih gelar 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 terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak M. Yani, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Rahmatullah, S.T., MSc., IPM., ASEAN ENG selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Sudirman Lubis, 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 Affandi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan perhatian kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara .

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik mesin kepada penulis.
8. Orang tua penulis: Alm. Ilham Nurdin Dan Almh. Barkah Nasution, yang telah bersusah payah membesarkan dan mendidik saya semasa hidupnya.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Abang dan kakak saya yang telah memberikan semangat dan dukungan yang tulus kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
11. Seluruh rekan-rekan kelas B2 siang stambuk 2015 program studi teknik mesin fakultas teknik UMSU yang sama-sama berjuang menempuh masa depan.

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 manufaktur teknik Mesin.

Medan, 10 April 2021



Muhammad Ikhsan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGHANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan penelitian	2
1.5 Manfaat penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengelasan	4
2.2 Macam-macam Pengelasan	4
2.2.1. Las Listrik SMAW (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>)	5
2.2.2. Las OAW (<i>Oxy acetylene welding</i>)	6
2.2.3. Pengelasan GTAW (<i>Gas Tungsten Arc Welding</i>)	8
2.2.4. Pengelasan GMAW (<i>Gas Metal Arc Welding</i>)	10
2.2.5. Pengelasan FCAW (<i>Fluks-Cored Arc Welding</i>)	11
2.2.6. Pengelasan EGW (<i>Electro Gas Welding</i>)	12
2.2.7. Pengelasan SAW (<i>Submerged Arc Welding</i>)	12
2.3 Gerakan Elektroda atau Alur Las	14
2.4 Elektroda	15
2.5 Macam-macam <i>Filler</i> Pada Las TIG (<i>Tungsten Inert Gas</i>)	18
2.6 Baja Karbon	19
2.6.1. Struktur Mikro Baja karbon	21
2.7 Metode Pengujian	24
2.7.1. Uji Komposisi material	24
2.7.2. Pengujian dengan Metode Kekerasan	24
2.7.3. Pengujian Metode Uji Tarik	28
BAB 3 METODE PENELITIAN	32
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.1.1. Tempat	32
3.1.2. Waktu	32
3.2. Alat Dan Bahan	33
3.3. Bagan Alir Penelitian	39

3.4	Prosedur Pembuatan Spesimen	40
3.5	Prosedur Pengelasan Baja Karbon Tinggi Dengan Metode Las TIG	40
3.6	Prosedur pengujian tarik	41
3.7	Prosedur Pengujian Kekerasan	42
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1	Pembuatan Spesimen	42
4.2	Proses Pengelasan Baja Karbon Tinggi Dengan Metode Las TIG	48
4.3	Pengujian Hasil Lasan	49
4.4	Pengambilan Data	50
4.5	Pengujian Tarik	50
4.6	Analisa Data Pengujian Tarik	52
4.7	Pengujian Kekerasan	57
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1.	Kesimpulan	60
5.2.	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
LEMBAR ASISTENSI		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Busur Las SMAW	5
Gambar 2.2	Nyala Api Las Netral	6
Gambar 2.3	Nyala Api Las Oksigen Berlebih / Api Oksidasi	7
Gambar 2.4	Nyala Las Api Karburasi Asitilin Lebih	7
Gambar 2.5	Proses Las TIG	8
Gambar 2.6	Proses Las GMAW	10
Gambar 2.7	Pengelasan FCAW	11
Gambar 2.8	Pengelasan Elektrogas	12
Gambar 2.9	Pengelasan SAW	12
Gambar 2.10	Alur Las Spiral	14
Gambar 2.11	Alur Las Zig-Zag	14
Gambar 2.12	Gerakan Alur Las Segitiga	15
Gambar 2.13	Diagram fase baja karbon	21
Gambar 2.14	Struktur mikro <i>ferrit</i>	22
Gambar 2.15	Struktur mikro <i>perlit</i>	22
Gambar 2.16	Struktur mikro <i>cementit</i>	23
Gambar 2.17	Struktur mikro <i>martensit</i>	24
Gambar 2.18	Alat Uji <i>Brinell</i>	25
Gambar 2.19	Alat Uji <i>Rockwell</i>	26
Gambar 2.20	Alat Uji <i>Vickers</i>	27
Gambar 2.21	Alat Uji Elastisitas	29
Gambar 2.22	Alat Uji <i>Yield Stress</i>	29
Gambar 2.23	Alat Uji Regangan	30
Gambar 2.24	Kurva Tegangan Terhadap Regangan	31
Gambar 3.1	Mesin Las TIG	33
Gambar 3.2	Gas Pelindung Argon	33
Gambar 3.3	Regulator dan <i>Flowmeter</i>	34
Gambar 3.4	Selang Las TIG	34
Gambar 3.5	Stang atau TIG <i>Torch</i>	35
Gambar 3.6	<i>Welding Shielding</i>	35
Gambar 3.7	<i>Welding Glove</i>	35
Gambar 3.8	Masker	36
Gambar 3.9	Sikat baja	36
Gambar 3.10	Gerinda	37
Gambar 3.11	Tang	37
Gambar 3.12	Baja Karbon Tinggi	37
Gambar 3.13	Filler TIG	38
Gambar 3.14	<i>Tungsten Welding</i>	38
Gambar 3.15	Bagan Alir Penelitian	39
Gambar 4.1	Bahan Spesimen	43
Gambar 4.2	Mengukur Dimensi Spesimen	43
Gambar 4.3	Potongan Spesimen	44
Gambar 4.4	Pembuatan Spesimen	44
Gambar 4.5	Pemotongan Dua Bagian Spesimen	45
Gambar 4.6	Pembuatan Sudut Kampuh Spesimen	45
Gambar 4.7	Pemilihan Arus DC	46

Gambar 4.8	<i>filler</i> Tungsten	46
Gambar 4.9	Katup Gas	47
Gambar 4.10	Penyetelan <i>Ampere</i>	47
Gambar 4.11	Proses Pengelasan	48
Gambar 4.12	Spesimen Standard ASTM E8	49
Gambar 4.13	Titik Pengujian Kekerasan	49
Gambar 4.14	Spesimen Pengujian Tarik	50
Gambar 4.15	Menjepit Spesimen Di Ragum	51
Gambar 4.16	Grafik Uji Tarik Spesimen 120 <i>Ampere</i>	52
Gambar 4.17	Grafik Uji Spesimen 130 <i>Ampere</i>	54
Gambar 4.18	Grafik Uji Spesimen 130 <i>Ampere</i>	55
Gambar 4.19	Spesimen Benda Uji Tarik Yang Sudah Putus	56
Gambar 4.20	Hasil Penetrasi Las <i>Ampere</i> Kecil	57
Gambar 4.21	Alat uji <i>Rockwell</i> (model mitutoyo HR-400)	58
Gambar 4.22	Spesimen Hasil Uji Kekerasan	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Arus Elektroda <i>Tungsten</i>	15
Tabel 2.2	Kode Warna <i>Tungsten</i>	17
Tabel 2.3	Klasifikasi Baja Karbon	20
Tabel 3.1	Waktu Pelaksanaan	32
Tabel 4.1	Data Pengelasan	50
Tabel 4.2	Hasil pengujian untuk kualitas kekuatan tarik pada baja karbon tinggi dengan variasi arus 120,130, dan 140 A.	56
Tabel 4.3	Hasil Data Uji Kekerasan	59

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
F	Force maksimal	kgf
Δl	Pertambahan panjang	mm
l_0	Panjang awal	mm
A_0	Luas penampang	mm ²
σ	Tegangan	N/mm ²
ε	Regangan	
E	Modulus Elastisitas	N/mm ²

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengelasan merupakan proses pengerjaan yang memegang peranan sangat penting dalam dunia rancang bangun. Saat ini hampir semua logam dapat dilas, karena telah banyak teknologi baru yang ditemukan dengan cara-cara pengelasan. Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan ketrampilan yang tinggi bagi pengelasannya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik.

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan tempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Mengelas adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian logam atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bias dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya. Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan las. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan. Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki.

Pada saat ini banyak jenis pengelasan yang digunakan. Salah satunya adalah *Tungsten Inert Gas* (TIG). TIG adalah suatu proses pengelasan dengan menggunakan busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap yang terbuat dari tungsten Sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang akan dilas dan terpisah dari pistol las. Gas pelindung yang

digunakan dalam pengelasan biasanya berupa gas kekal (99% Argon). Las TIG dapat menjangkau proses pengelasan yang luas dan mempunyai kemampuan yang tinggi untuk menyatukan logam, serta dapat pula mengelas pada segala posisi pengelasan dengan kepadatan yang tinggi.

Daya busurnya tidak bergantung pada bahan tambah yang diperlukan, sehingga las TIG dimungkinkan dipakai untuk mengelas berbagai jenis logam. Uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah untuk mengukur kekuatan tarik dan kekerasan las TIG (*Tungsten Inert Gas*) pada material baja karbon tinggi (AISI 1070).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis membuat tugas akhir (skripsi) dengan judul: “Analisa Kekuatan Uji Tarik Dan Kekerasan Hasil Pengelasan Baja Karbon Tinggi (AISI 1070) Pada Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) Dengan Variasi Arus 120, 130, 140 *Ampere*”.

1.1 . Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh kekuatan tarik dan kekerasan pada perbedaan variasi arus pada pengelasan TIG terhadap spesimen baja AISI 1070 ?.

1.3. Ruang Lingkup

Adapun hal-hal yang akan dibatasi dalam tugas akhir ini adalah:

1. Enam buah spesimen yang di las dengan menggunakan arus yang berbeda yaitu: 120,130,140 *Ampere*
2. Jenis guratan yang digunakan yaitu guratan V
3. Jenis *filler* yang digunakan yaitu type: *Filler ER70S-6*
4. Baja AISI 1070.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu tujuan umum dan tujuan khusus. Adapun sebagai berikut:

1.4.1. Tujuan Umum

Adapun tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan dan kekerasan yang didapat pada pengelasan dengan arus listrik yang berbeda.

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Untuk menguji spesimen baja karbon tinggi dengan arus yang berbeda pada pengelasan TIG
2. Untuk menganalisa kekuatan tarik dan kekerasan spesimen baja karbon tinggi dengan arus yang berbeda
3. Untuk menilai pengelasan specimen baja karbon tinggi yang lebih efektif dengan arus yang berbeda

1.5. Manfaat Penelitian

1. Dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan tentang pengelasan TIG
2. Memberikan informasi kepada masyarakat luas tentang pengelasan TIG dengan spesimen baja karbon tinggi dan dengan arus yang berbeda.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengelasan

Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tak terpisahkan dari proses manufaktur. Proses pengelasan yang pada prinsipnya adalah menyambungkan dua atau lebih komponen, lebih tepat ditujukan untuk merakit (*assembly*) beberapa komponen menjadi satu bentuk mesin. Mengelas tidak lain adalah pekerjaan penyambungan dua logam atau logam paduan dengan cara memberikan panas baik diatas atau dibawah titik cair logam. (Yuspian,Nanang,&Bayu, 2017)

Definisi pengelasan menurut DIN (*DeutscheIndustrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan tempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Mengelas adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian logam atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bias dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya. Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan las.

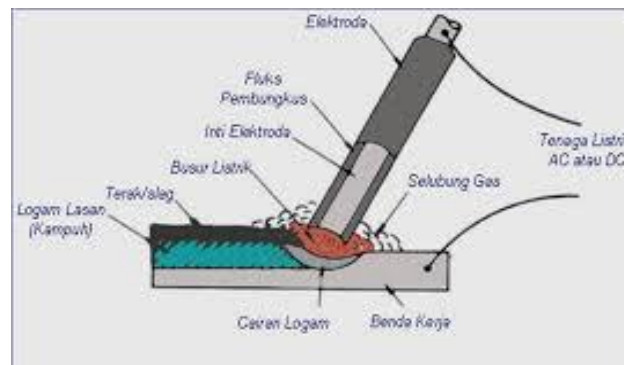
Proses pengelasan dibagi dalam dua katagori utama, yaitu pengelasan lebur dan pengelasan padat. Pengelasan lebur menggunakan panas untuk melebur permukaan yang akan disambung, beberapa operasi menggunakan logam pengisi dan yang lain tanpa logam pengisi. Pengelasan padat proses penyambungannya menggunakan panas dan/atau tekanan, tetapi tidak terjadi peleburan pada logam dasar dan tanpa penambahan logam pengisi.

Pengelasan lebur dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- pengelasan busur (*arc welding, AW*)
- pengelasan resistansi listrik (*resistance welding, RW*)
- pengelasan gas (*oxyfuel gas welding, OFW*)
- proses pengelasan lebur yang lain.

2.2. Macam-macam Pengelasan

2.2.1. Las Listrik SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)



Gambar 2.1 Busur Las SMAW

SMAW adalah salah satu jenis pengelasan yang menggunakan loncatan elektron (busur listrik) sebagai sumber panas untuk pencairan suhu busur dapat mencapai 3300°C , jauh diatas titik lebur baja sehingga karenanya dapat mencairkan baja secara merata (*Instant*) SMAW dapat menggunakan arus listrik bolak-balik ($\text{AC}=\text{Alternating Current}$) maupun arus searah ($\text{DC}=\text{Direct Current}$) Jika arus bolak-balik yang digunakan tidak ada katup katup, sebaliknya apabila arus searah yang digunakan maka digunakan katup (-) katup (+) dan kondisi ini disebut polaritas terdapat dua jenis polaritas untuk pengelasan, yakni polaritas lurus dimana elektroda bermuatan dan bahan induk bermuatan (+) dan polaritas terbalik, dimana elektroda bermuatan (+) dan bahan induk bermuatan. Elektroda dibuat dengan karakter khusus, ada yang hanya menggunakan AC, ada yang menggunakan DC polaritas lurus atau lazim dibuat DCSP (*Direct Current Straight Polarity*) atau juga disebut DCEN (*Direct Current Electrode Negative*) ada yang menggunakan DC polaritas terbalik atau disebut DCEP (*Direct Current Elektrode Positive*).

Fungsi dan Kegunaan *Coating* atau Salut Elektroda

1. Mencair dan menampung diatas kolom las sehingga melindungi cairan baja dari reaksi dengan zat asam menjadi oksida.
2. Cairan *coating* (*Fluks*) membeku diatas lajur las membentuk *slag* atau kerak dan berfungsi untuk melindungi lajur las panas dari reaksi dengan zat asam.

3. *Coating* sewaktu mencair juga menghasilkan asap yang berfungsi mengusir udara dari lingkungan busur las.
4. *Coating* juga berfungsi untuk menstabilkan busur karena proses ionisasi yang terjadi.

SMAW menggunakan elektroda batang (*Stick Electrode*) yang berselaput untuk mengetahui sifat mekanis bahan las maka oleh AWS (*American Welding Society*) dibuat sistem identifikasi yang tertulis pada *coating*. Jika ditinjau dari kekuatan tarik bahan elektroda maka jenis-jenis stick elektroda ini dapat dikelompokkan menjadi:

- Kelompok E 60.....yang berkuat tarik 60.000 psi
- Kelompok E 70.....yang berkuat tarik 70.000 psi
- Kelompok E 80.....yang berkuat tarik 80.000 psi
- Kelompok E 90.....yang berkuat tarik 90.000 psi
- Kelompok E 100....yang berkuat tarik 100.000 psi

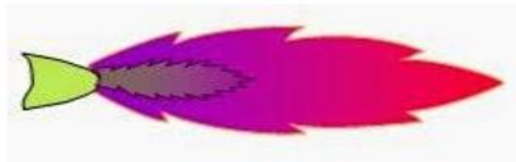
Masing masing elektroda memiliki karakteristik khusus sesuai dengan maksud dan tujuan dibuatnya selanjutnya untuk keperluan kualifikasi las.

2.2.2. Las OAW (*Oxy acetylene welding*)

Pengelasan dengan *oxy acetylene* adalah proses pengelasan secara manual dengan pemanasan permukaan logam yang akan dilas atau disambung sampai mencair oleh nyala gas asitilin melalui pembakaran dengan gas O^2 . Dengan atau tanpa logam pengisi proses penyambungan dapat dilakukan dengan tekanan (ditekan) sangat tinggi sehingga dapat mencairkan logam.

a. Nyala Api Las OAW (*Oxy Acetylene Welding*)

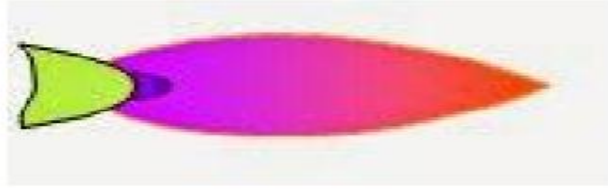
1. Nyala Api Netral



Gambar 2.2. Nyala Api Las Netral

Kegunaan dari nyala api netral ini untuk *Heat Treatment* nyala api kerucut dalam berwarna putih menyala nyala api kerucut antara tidak ada nyala api kerucut luar berwarna kuning

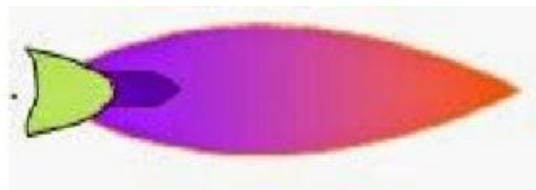
2. Nyala Api Oksidasi atau Oksigen lebih



Gambar 2.3. Nyala Api Las Oksigen Berlebih / Api Oksidasi

Sering digunakan untuk pengelasan logam perunggu dan kuningan setelah dicapai nyala api netral kemudian kita kurangi aliran gas asitilin maka kita akan dapatkan nyala api oksigen lebih nyala apinya pendek dan berwarna ungu nyala kerucut luarnya juga pendek. Fungsi dan kegunaan dari nyala api ini yaitu : Untuk pemotongan material logam dan pengelasan jenis perunggu dan kuningan.

3. Nyala Api Karburasi Asitilin Lebih



Gambar 2.4. Nyala las Api Karburasi Asitilin Lebih

Setelah dicapai nyala api netral kemudian kita mengurangi aliran gas oksigen nyala api menampakkan kerucut api dalam dan antara nyala api luar berwarna biru. Fungsi dan kegunaan dari nyala api yaitu: Untuk pengelasan bahan logam monel, nikel dan berbagai jenis baja.

b. Kelebihan dan Kekurangan Las OAW (*Oxy acetylene welding*)

Kelebihan

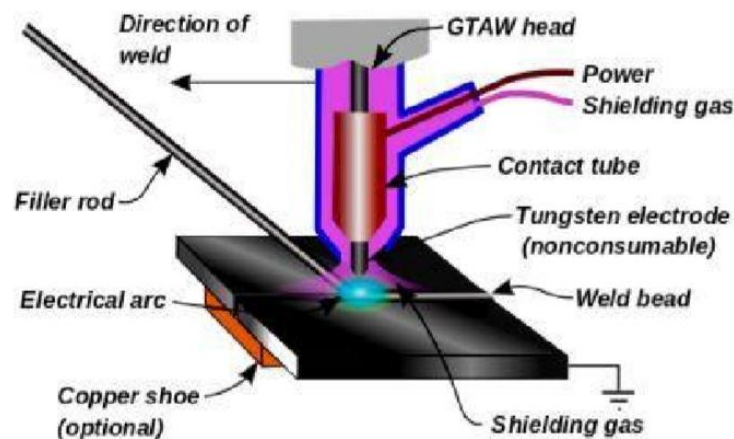
1. Efisiensi sambungan yang baik dapat digunakan pada temperatur tinggi dan tidak ada batas ketebalan logam induk.
2. Geometri sambungan yang lebih sederhana dengan kekedapan udara, air dan minyak yang sempurna.
3. Produksi lebih murah, meningkatkan nilai ekonomis, produktivitas, berat yang lebih ringan.

Kekurangan

1. Kualitas logam las berbeda dengan logam induk, dan kualitas dari logam induk pada daerah yang tidak terpengaruh panas ke bagian logam las berubah secara kontinu.
2. Terjadinya distorsi dan perubahan bentuk (Deformasi) oleh pemanasan dan pendinginan cepat.

2.2.3. Pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*)

Gas tungsten arc welding atau *tungsten inert gas* (TIG) adalah jenis las listrik yang menggunakan bahan tungsten sebagai elektroda tidak terkonsumsi, elektroda ini digunakan hanya untuk busur nyala listrik bahan penambah berupa batang las (*Rod*) yang dicairkan oleh busur nyala tersebut mengisi kampuh bahan induk sementara untuk mencegah oksidasi digunakan gas mulia seperti (*Argon, Helium, Freon*) dan CO^2 sebagai gas pelindung.



Gambar 2.5. Proses Las TIG

Jenis las ini bisa digunakan dengan bahan penambah atau tanpa bahan penambah las ini menghasilkan sambungan las yang bermutu tinggi panas dari busur terjadi diantara elektroda tungsten dan logam induk akan meleburkan logam pengisi ke logam induk di mana busurnya dilindungi oleh gas mulia (*Argon*). Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan bahan dasar merupakan sumber panas untuk pengelasan titik cair elektroda sedemikian tingginya sampai 3410°C , sehingga tidak ikut mencair pada saat terjadi busur listrik sebagian bahan

tambah dipakai elektroda tanpa selaput yang digerakkan dan didekatkan ke busur yang terjadi antara elektroda dengan bahan dasar.

a. Pembakar las GTAW (*Gas tungsten arc welding*)

1. Penyedia arus
2. Penyedia Gas Argon
3. Elektroda *Tungsten*
4. Semburan Gas Pelindung

b. Karak

Mesin las AC/DC merupakan mesin las pembangkit arus AC/DC yang digunakan pada proses las GTAW, Sekarang ini teknologi pengelasan telah berkembang pesat termasuk pada mesin-mesin las sekarang yang telah canggih ada beberapa yang masih manual tapi dewasa ini mesin las telah banyak yang otomatis.

c. Pengaplikasian las GTAW (*Gas tungsten arc welding*)

1. Las TIG sering digunakan di industri otomotif terutamanya pada pelat tipis pembuatan bodi-bodi kendaraan mobil
2. Sangat baik untuk digunakan dalam pengelasan tembusan (*Rod*)
3. Untuk pembuatan pagar yang difokuskan pada bahan stainless atau aluminium.

d. Kelebihan dan Kekurangan las GTAW (*Gas tungsten arc welding*)

Kelebihan

1. Hasil pengelasan tidak perlu dibersihkan karena tidak menghasilkan *slag*.
2. Hasil lasan lebih kuat karena dapat penetrasi yang dalam dan ketahanan korosi lebih tinggi.
3. Hasil pengelasan sangat bersih.
4. roses pengelasan dapat diamati dengan mudah, asap yang timbul tidak banyak.
5. .Tidak menghasilkan *spatter* atau percikan las sehingga lasan lebih bersih.

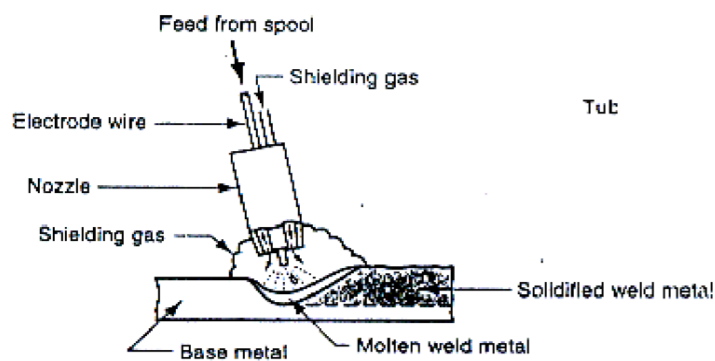
Kekurangan

1. Untuk efisiensi kecepatan las TIG rendah.
2. Saat proses pengelasan berlangsung dapat terjadi *Burnback*.

3. Cacat las porositas atau lubang-lubang kecil sering terjadi jika gas pelindung permukaan pengelasan tidak dapat melindungi secara maksimal.

2.2.4. Pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)

Pengelasan ini merupakan proses pengelasan busur yang menggunakan elektrode terumpan dalam bentuk kawat, seperti ditunjukkan dalam gambar 2.6.



Gambar 2.6. Proses Las GMAW

Selama proses pengelasan berlangsung, gas dihembuskan ke daerah lasan untuk melindungi busur dan logam yang mencair terhadap atmosfer. Diameter kawat yang digunakan berkisar antara $1/32$ sampai $1/4$ in. (0,8 sampai 6,4 mm), tergantung pada ketebalan bagian logam yang akan disambung. Gas pelindung yang digunakan adalah gas mulia seperti argon, helium, dan karbon dioksida. Pemilihan gas yang akan digunakan tergantung pada logam yang akan dilas, dan juga faktor-faktor yang lain. Gas mulia digunakan untuk pengelasan paduan aluminium dan baja anti karat, sedang CO^2 biasanya digunakan untuk pengelasan baja karbon rendah atau medium. Pengelasan busur logam gas banyak digunakan dalam pabrik untuk mengelas berbagai jenis logam *ferrous* dan *nonferrous*. Keuntungan pengelasan GMAW dibandingkan pengelasan manual adalah :

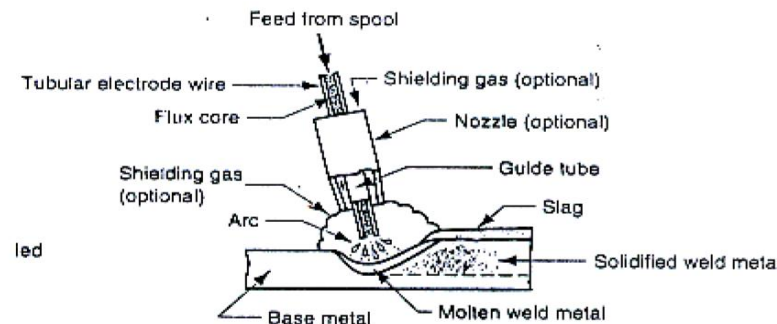
- Waktu busur lebih besar,
- Pengelasan biasanya dilakukan secara otomatis,
- Sampah sisa logam pengisi jauh lebih sedikit,
- Terak yang ditimbulkan lebih sedikit karena tidak memakai *fluks*,
- Laju pengelasan lebih tinggi, dan
- Kualitas daerah las-an sangat baik.

2.2.5. Pengelasan FCAW (*Fluks-Cored Arc Welding*)

Proses pengelasan busur ini dikembangkan untuk mengatasi kekurangan elektrode terbungkus yang memiliki panjang batang terbatas. Pengelasan busur inti-*fluks* menggunakan elektrode tabung dengan inti *fluks* dan ditambah unsur-unsur lain. Unsur-unsur lain yang ditambahkan dalam inti *fluks* tersebut adalah :

- unsur-unsur deoksidiser, dan
- unsur-unsur pepadu (*alloying*).

Kawat inti-*fluks* tabular sangat lentur/ fleksibel sehingga dapat digulung dan diumpankan secara kontinu melalui pistol las busur (*arc welding gun*), seperti ditunjukkan dalam gambar 2.7.



Gambar 2.7. Pengelasan FCAW

Terdapat dua jenis pengelasan busur inti-*fluks*, yaitu :

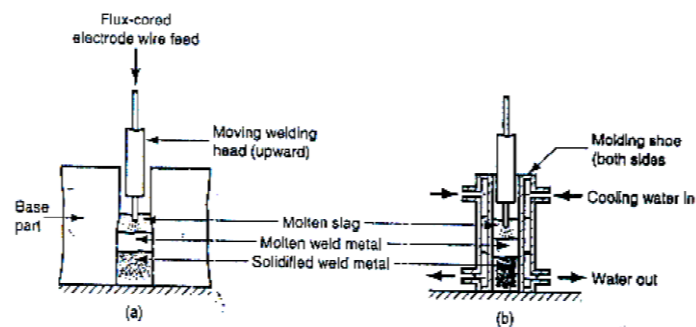
- Pelindung sendiri (*self shielded*), dan
- Pelindung gas (*gas shielded*).

Pengelasan busur inti-*fluks* dengan pelindung sendiri di dalam inti kawat terdapat *fluks* dan unsur lain yang dapat menghasilkan gas untuk melindungi busur dari pengaruh atmosfer. Pengelasan busur inti-*fluks* dengan pelindung gas, di dalam inti kawat tidak ditambahkan unsur penghasil gas. Gas pelindung ditambahkan secara terpisah, sama seperti pada pengelasan busur logam gas. Keuntungan pengelasan inti-*fluks*, adalah :

- elektrode dapat diumpankan secara kontinu, dan
- kualitas lasan sangat baik, sambungan lasan halus dan seragam.

2.2.6. Pengelasan EGW (*Electro Gas Welding*)

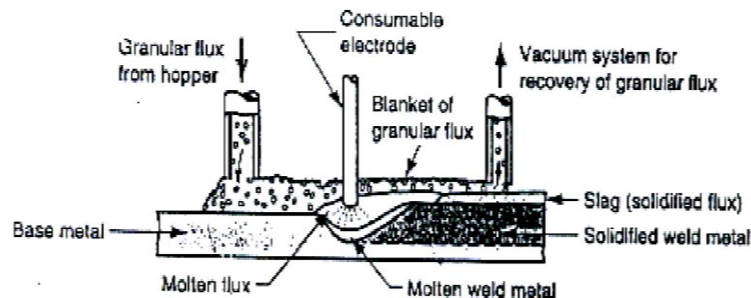
Pengelasan elektrogas adalah proses pengelasan busur yang menggunakan elektrode terdamp secara kontinu, baik menggunakan kawat inti-*fluks* atau kawat elektrode telanjang (*bare electrode wire*) dengan pelindung gas yang ditambahkan dari luar. Proses pengelasan ini terutama digunakan dalam las tumpu vertikal, seperti ditunjukkan dalam gambar 2.8. Kedua bagian logam yang akan disambung dijepit dengan sepatu cetak yang didinginkan dengan air agar dapat menahan panas logam cair. Sepatu cetak, bersama-sama dengan kedua ujung logam yang akan dilas, membentuk rongga cetak. Kawat elektroda dalam proses pengelasan ini biasanya diumpankan secara otomatis. Busur terjadi antara elektrode dan logam dasar sehingga logam cair yang dihasilkan akan mengisi rongga cetak secara bertahap. Pada saat logam las-an membeku sepatu cetak secara otomatis bergerak ke atas.



Gambar 2.8. Pengelasan elektrogas (a) Pandangan depan, (b) Pandangan samping

2.2.7. Pengelasan SAW (*Submerged Arc Welding*)

Pengelasan busur rendam adalah proses pengelasan busur yang menggunakan elektrode kawat telanjang yang diumpankan secara kontinu, dan busur las ditutup dengan serbuk *fluks*, seperti ditunjukkan dalam gambar 2.9.



Gambar 2.9. Pengelasan SAW

Kawat elektrode diumpankan secara otomatis dari gulungan ke busur. *Fluks* dituangkan melalui suatu tabung pengumpan di depan elektroda, sehingga busur listrik yang timbul antara elektrode dengan logam dasar terendam oleh serbuk fluks sepanjang alur las-an. Panas yang ditimbulkan oleh busur mencairkan logam dan serbuk *fluks*.

Fluks cair akan mengapung di atas logam cair, membentuk selubung yang dapat mencegah percikan dan terjadinya oksidasi. Setelah dingin, terak membeku dan mudah dihilangkan, sedang serbuk yang tersisa dihisap dengan sistem vakum dan dapat dimanfaatkan kembali.

Keuntungan penggunaan pengelasan busur rendam adalah karena serbuk fluks menutup seluruh operasi pengelasan, sehingga:

- Dapat menghindarkan terjadinya percikan dan semburan nyala api, radiasi, dan hal-hal berbahaya lainnya.
- Tidak perlu menggunakan kaca pengaman,
- Pendinginan berjalan dengan lambat, sehingga kualitas sambungan lasan sangat baik, memiliki ketangguhan dan keuletan yang tinggi.

Sifat-sifat yang merugikan adalah :

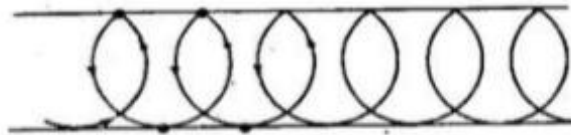
- Karena busur tidak tampak, maka penentuan pengelasan yang salah dapat menggagalkan seluruh hasil pengelasan,
 - Pengelasan terbatas hanya pada posisi horisontal.
- pengelasan busur rendam banyak digunakan dalam pabrik untuk pengelasan ;
- Bentuk-bentuk profil, seperti *i-beam*, *t-beam*, dan sebagainya;
 - Kampuh memanjang dan melingkar dengan diameter besar seperti pipa,tangki, dan tabung tekanan tinggi.

2.3. Gerakan Elektroda atau Alur Las

Gerakan elektroda pada saat pengelasan ada tiga macam yaitu :

1. Gerakan arah turun sepanjang sumbu elektroda gerakan ini dilakukan untuk mengatur jarak busur listrik agar tetap.
2. Gerakan ayunan elektroda gerakan ini diperlukan untuk mengatur lebar
3. Jalur las yang dikehendaki ayunan keatas menghasilkan alur las yang kecil, ayunan segitiga dipakai pada jenis elektroda *Hydrogen* rendah untuk mendapatkan penembusan las yang baik diantara dua celah pelat.

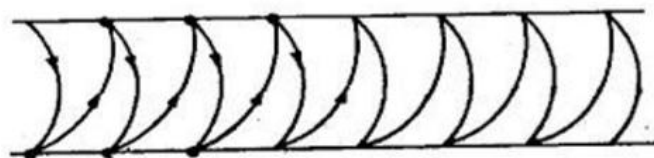
Alur Spiral



Gambar 2.10. Alur Las Spiral

Pada gerakan las dengan menggunakan metode spiral umumnya banyak digunakan pada posisi 1G hasil las yang bagus dan penetrasi yang baik.

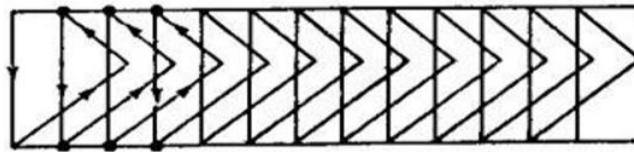
Alur Zig-zag



Gambar 2.11. Alur Las Zig-Zag

Untuk metode gerakan Zig-zag banyak digunakan pada posisi pengelasan 2G dan 3G pada metode ini biasanya hasil las lebih rapi dalam rigi-riginya dikarenakan pada gerakan ini kanan dan kirinya akan lebih terisi lelehan pada elektroda las.

Alur Segitiga



Gambar 2.12. Gerakan Alur Las Segitiga

Sementara dengan menggunakan metode segitiga jarang sekali digunakan, karena pada proses ini sangat lama yang bisa mengakibatkan benda kerja meleleh dengan cepat akibatnya hasil las bolong, dikarenakan gerakan yang terlalu rumit.

2.4. Elektroda

Bahan elektroda adalah *Tungsten* murni dan paduan *Tungsten*, bahan ini tidak terkonsumsi dalam pengelasan apabila diperlukan secara benar dan hati-hati adapun fungsinya adalah sebagai salah satu terminal busur nyala listrik yang menghasilkan panas untuk mencairkan bahan kawat las dan bahan induk. Titik lebur *Metal Tungsten* adalah 3410°C pada *Tungsten* mendekati suhu ini, sifatnya menjadi *Thermionic* (sumber pemasok elektron) suhu tersebut di atas dihasilkan melalui tahanan listrik, jika saja bukan karena pengaruh pendinginan dari penguapan elektron yang keluar dari ujung elektroda. (Santoso Joko, 2006)

1. Tabel Arus Elektroda *Tungsten* dan Tutup Gas:

Tabel 2.1. Arus Elektroda *Tungsten* (Sumber: Wiryosumarto, H 2004)

Garis Tengah Elektroda		Garis Tengah Digunakan (Inci)	Arus Searah (A)		Arus Bolak Balik (A)	
Inci	Mm		Polaritas Lurus (Dcen) (B)	Polaritas Terbalik (Dcep) (B)	Gelombang Tidak Balans (C)	Gelombang Balans (C)
0,010	0,25	1/4	Hingga 15	-	Hingga 15	Hingga 15
0,020	0,50	1/4	5~20	-	5~15	10~20

0,040	1,00	3/8	15~80	-	10~60	20~30
1/16	1,6	3/8	70~150	10~20	50~100	30~80
3/32	2,4	1/2	150~250	15~30	100~160	60~130
1/8	3,2	1/2	250~400	25~40	150~210	100~180
5/32	4,0	1/2	400~500	40~55	200~275	160~240
3/16	4,8	5/8	500~750	55~80	250~350	190~300

a. Elektroda dan Tabel Kode

Elektroda diproduksi dengan permukaan halus atau tergerinda, elektroda dengan permukaan halus telah dibersihkan secara kimiawi, sedangkan elektroda yang permukaan di gerinda pembersih *Impurities* dilakukan dengan gerinda. Identifikasi Warna dan Elemen Paduan:

Tabel 2.2. Kode Warna *Tungsten*

Klasifikasi Aws	Warna (S)	Elemen Pemadu	Oksida Pemadu	Nominal Dari Oksida Pemadu (%)
Ewp	Hijau	-	-	-
Ew Ce-2	Jingga	<i>Cerium</i>	Caco2	2
Ew La-1	Hitam	<i>Lathinum</i>	La2 O3	1
Ew Th-1	Kuning	<i>Thorium</i>	Th O2	1
Ew Th-2	Merah	<i>Thorium</i>	Th O2	2
Ew Zr-1	Coklat	<i>Zirconium</i>	Zr O2	0,25

b. *Thorium Tungsten*

Thoriated Tungsten merupakan elektroda yang sangat umum digunakan, Untuk paduan *Thorium 2%* diberi kode warna merah. Kelebihannya adalah memberi keuntungan pada saat mulainya penyalaan busur dan menghasilkan kapasitas arus listrik yang kuat dapat digunakan untuk pengelasan arus DC pada material baja karbon, *Stainless Steel*, paduan Nikel dan Titanium.

c. *Tungsten + 0,8 Zirconium*

Paduan *Zirconium* dengan *Tungsten*, biasanya digunakan pada pengelasan AC. Memiliki busur yang lebih stabil dibandingkan *tungsten* murni dan memberikan tahanan yang tinggi bila terjadi kontaminasi dalam pengelasan dengan menggunakan AC, Digunakan untuk pengelasan aluminium dan paduan Magnesium.

d. *Lanthinum Tungsten*

Lanthanated Tungsten mempunyai konduktivitas yang sama dengan 2% *Thoriated Tungsten*, sehingga *welder* dapat mengganti 2% *Thoriated Tungsten* dengan *Lanthanated Tungsten* tanpa mengubah parameter lasnya *Lanthanated Tungsten* baik untuk pengelasan DC tetapi dapat juga digunakan untuk pengelasan AC.

e. *Cerium Tungsten*

Ceriated Tungsten Digunakan untuk pengelasan DC dengan arus rendah, sangat mudah dinyalakan biasanya membutuhkan arus 10% dari arus yang biasa digunakan untuk *Thoriated Tungsten*. Biasa digunakan untuk pengelasan pipa, komponen yang kecil dan siklus pengelasan yang pendek.

2.5 Macam-macam *Filler* Pada Las TIG (*Tungsten Inert Gas*)

Filler Rod merupakan logam pengisi kampuh las (*Filler Metal*) pada proses las TIG. Pemilihan bahan tambah TIG tergantung dari logam dasar (*Base Metal*) yang akan dilas biasanya *filler rod* dibuat dari logam yang komposisinya lebih unggul dibanding logam dasar mengingat dalam proses pengelasan ada beberapa unsur logam yang berkurang atau bertransformasi strukturnya sehingga berdampak pada pengurangan sifat-sifat mekanik logam.

Ada banyak sekali bahan tambah las TIG, yang mana macamnya tergantung dari macam logam induk yang akan dilas untuk memudahkan pemilihan dan menstandarkan kebutuhan bahan tambah las TIG maka dibuat kodefikasi.

Berikut macam-macam kodefikasi *Filler* dan kegunaannya:

1. ER70S-6 dan ER70S

Kode ER70S-2, ER70S-6 dan beberapa pilihan ER70S seri lainnya dengan angka yang berbeda di akhir klasifikasi *Filler Rod* diatas digunakan untuk mengelas pipa berdiameter kecil dan pelat baja, maupun lajur akar (*Root Pass*) pada pengelasan pipa.

2. ER 308 dan ER 308 L

Merupakan *Filler Rod* yang paling umum digunakan untuk mengelas *Stainless Steel* tipe 304 maupun tipe seri 300 lainnya yang secara luas digunakan di bidang manufaktur.

3. ER 309 dan ER 309 L

Digunakan untuk pengelasan logam induk yang berbeda disimilar dapat menangani panas tinggi serta memiliki ketahanan korosi yang baik .

4. ER 316 dan ER 316 L

Umumnya digunakan untuk bejana tekan, katup, peralatan kimia dan aplikasi dilarut huruf " L " mengacu pada ekstra karbon rendah dalam batang (kurang dari 0,8%) yang membantu bahkan lebih dalam mencegah korosi .

5. ER-4043 dan ER 5356

Filler Rod dengan kode ER4043 digunakan untuk mengelas paduan aluminium seri 6000, bersama dengan sebagian besar paduan cor lainnya cocok digunakan untuk mengelas komponen otomotif seperti rangka, poros penggerak, dan rangka sepeda, ER 5356 Merupakan *Filler Rod* paduan aluminium Magnesium yang baik digunakan untuk mengelas paduan aluminium cor dan tempa umumnya direkomendasikan untuk pengelasan paduan aluminium seri 5000 atau 2000.

2.6. Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, oleh karena itu baja ini dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3%, baja karbon sedang mengandung kadar karbon 0,3% -0,6% dan baja karbon tinggi mengandung kadar karbon 0,6% -1,7%. Bila kadar karbon naik, maka kekuatan dan kekerasannya juga bertambah tinggi tetapi perpanjangannya menurun (Wiryosumarto, 2000).

a. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon dibawah 0,3%. Baja karbon rendah sering disebut dengan baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas. Jenis baja yang umum dan banyak digunakan adalah jenis *cold roll steel* dengan kandungan karbon 0,08%-0,3% yang biasa digunakan untuk body kendaraan .

b. Baja Karbon sedang

Baja karbon sedang merupakan baja yang memiliki kandungan karbon 0,3% -0,6%. Baja karbon sedang memiliki kekuatan yang lebih baik dari baja karbon rendah dan memiliki kualitas perlakuan panas yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan untuk pengelasan dan dapat dikeraskan dengan baik. Baja karbon sedang banyak digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi dan lain-lain .

c. Baja Karbon Tinggi

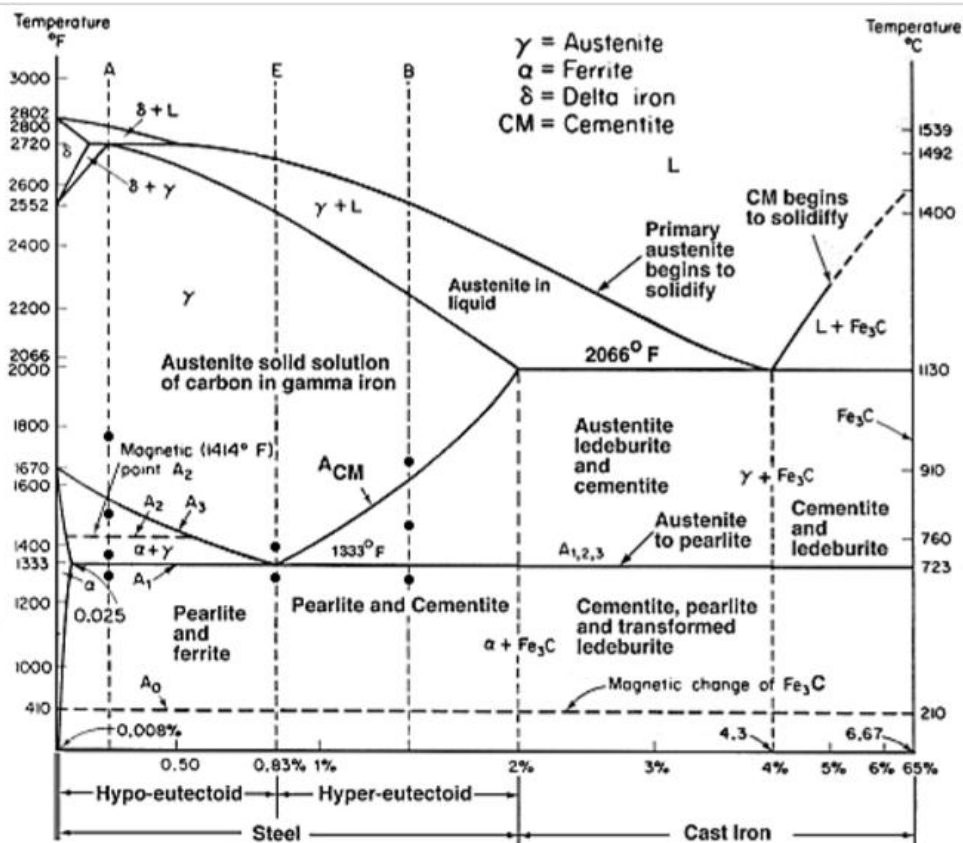
Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon paling tinggi jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan baja karbon sedang, yakni memiliki kandungan karbon 0,6% -1,7%. Pada umumnya, baja karbon tinggi lebih sukar dalam proses pengelasan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan sedang, karena keuletan yang berkurang dan sukar dibentuk.

Tabel 2.3. Klasifikasi Baja Karbon (Wirjosumarto, 2000).

Jenis	Kadar Karbon (%)	Kekuatan Luluh (Kg/Mm ²)	Kekuatan Tarik (Kg/Mm ²)	Kekuatan <i>Brinel</i>	Penggunaan
Baja Karbon Rendah:					
Baja Lunak Khusus	0,08	18–28	32 – 36	95 – 100	Pelat Tipis
Baja Sangat Lunak	0,08–0,12	20–29	36 – 42	80 – 120	Batang, Kawat
Baja Lunak Khusus	0,12–0,2	22–30	38 – 48	100 – 130	Konstruksi Umum
Baja Setengah Lunak	0,2–0,3	24–36	44 - 45	112 – 145	Umum
Baja Karbon Sedang	0,3–0,5	30–40	50 - 60	140 - 170	Alat-Alat Mesin
Baja Karbon Tinggi:					
Baja Keras	0,5–0,6	34–46	58 – 70	160 – 200	Perkakas, Rel, Pegas
Baja Sangat Keras	0,6–0,8	36–47	36 - 47	180 – 235	Kawat Piano

2.6.1. Struktur Mikro Baja karbon

Siklus termal akan terjadi pada saat dilakukannya proses pengelasan baja karbon. Siklus thermal adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi di daerah pengelasan. Pada gambar menunjukkan diagram fase baja karbon yang menampilkan hubungan antara temperatur dengan perubahan fase selama proses pemanasan dan pendinginan yang lambat (Wiriyosumarto, 2000).



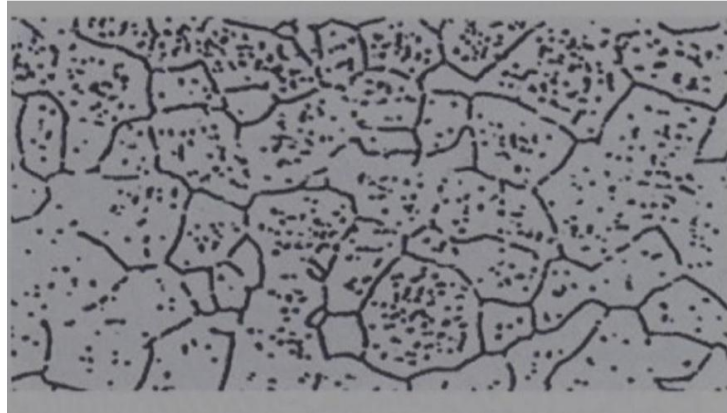
Gambar 2.13. Diagram fase baja karbon

Fase-fase yang ada pada diagram fase besi karbon dapat dijelaskan sebagai berikut (Suratman, 1994):

a. Ferit

Fase ferit memiliki bentuk sel satuan BCC, fase ini terbentuk pada proses pendinginan yang lambat dari *austenite* baja *hipoeutektoid* (baja dengan kandungan karbon < 0,8%) yang bersifat lunak, ulet dan memiliki kekerasan (70 –100) BHN dan konduktivitas termalnya tinggi. Jika *austenite* didinginkan di bawah A3, *austenite* yang memiliki kadar karbon yang sangat rendah akan

bertransformasi menjadi ferit yang memiliki kelarutan karbon maksimum sekitar 0,025% pada temperatur 523°C

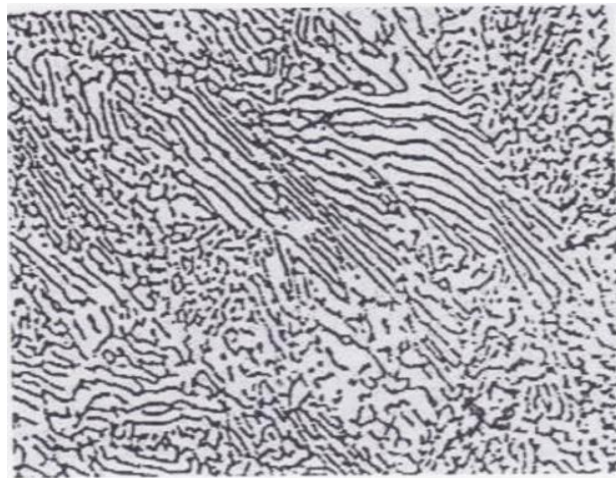


Gambar 2.14. Struktur mikro *ferrit*

b. *Perlit*

Perlit merupakan campuran ferit dan cementit yang berlapis dalam suatu struktur butir. Fase *perlit* memiliki nilai kekerasan (10–30)mHRC. Pada pendinginan lambat, menghasilkan struktur *perlit* kasar, sedangkan pada pendinginan yang cepat menghasilkan struktur *perlit* yang halus. Baja yang memiliki struktur *perlit* kasar kekuatannya lebih rendah jika dibandingkan dengan baja yang memiliki struktur *perlit* halus.

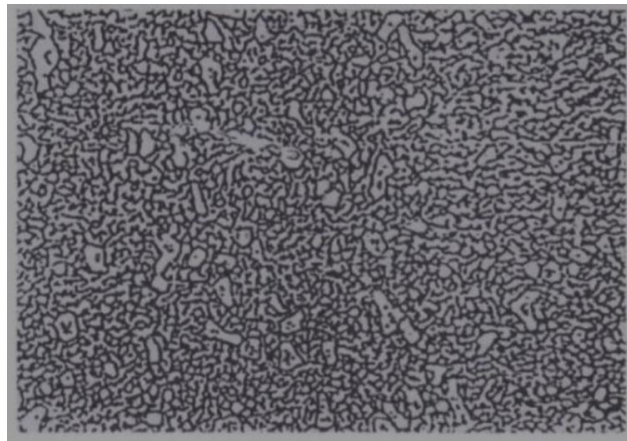
Pada baja *hypoeutectoid*, struktur mikro baja akan terdiri dari daerah–daerah perlit yang dikelilingi oleh *ferit*. Sedangkan pada baja *hypereutectoid*, pada saat didinginkan dari austenitnya, sejumlah *proeutectoid* akan terbentuk sebelum *perlit* tumbuh dibekas batas butir *austenite*.



Gambar 2.15. Struktur mikro *perlit*

c. Cementit

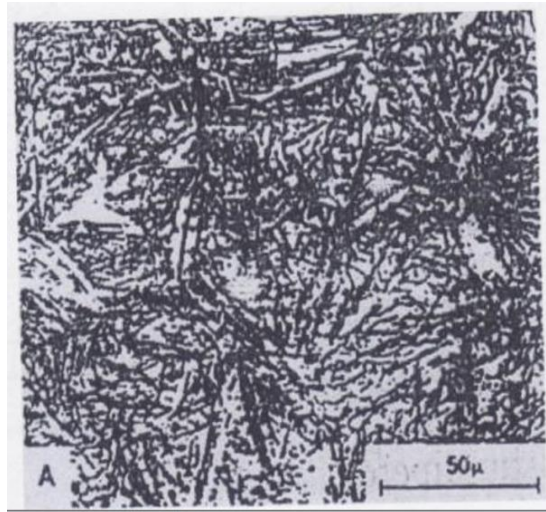
Cementit merupakan senyawa besi dengan karbon, *cementit* umumnya dikenal sebagai karbida besi dengan rumus kimia Fe_3C , fasa ini memiliki bentuk sel satuan *ortorombik* dan bersifat keras (65 –68) HRC. Pada struktur hasil *anil karbida* tersebut, akan berbentuk bulat dan tertanam dalam matrix *ferit* yang lunak dan dapat berfungsi sebagai pemotong geram, sehingga dapat meningkatkan mampu mesin dari baja yang bersangkutan. Keberadaan karbida pada baja yang dikeraskan terutama HH dan baja *cold work* dapat meningkatkan ketahanan aus.



Gambar 2.16. Struktur mikro *cementit*

d. Martensit

Martensit terbentuk dari pendinginan cepat dari fase *austenite*, sehingga mengakibatkan sel satuan FCC bertransformasi secara cepat menjadi BCC, unsur karbon yang larut dalam BCC terperangkap dan tetap berada dalam sel satuan itu. Hal tersebut menyebabkan terjadinya distorsi sel satuan, sehingga sel satuan BCC berubah menjadi BCT. Struktur mikro *martensit* berbentuk seperti jarum – jarum halus, bersifat keras (20 – 67) HRC dan getas. Dalam paduan besi karbon dan baja, *austenite* merupakan fase induk dan bertransformasi menjadi *martensit* pada saat pendinginan. Transformasi *martensit* berlangsung tanpa *difusi*, sehingga komposisi yang dimiliki oleh *martensit* sama dengan komposisi *austenite*, sesuai dengan komposisi paduannya, sel satuan *martensit* adalah BCT (*Body Centra Tetragonal*). Pembentukan martensit berbeda dengan pembentukan *perlit* dan *bainit* dan secara umum tidak tergantung pada waktu.



Gambar 2.17. Struktur mikro *martensit*

e. *Austenite*

Struktur mikro *austenite* memiliki bentuk sel satuan FCC yang mengandung unsur karbon hingga 1,7%. Dalam keadaan setimbang fase *austenite* ditemukan pada temperatur tinggi. Fase ini bersifat non magnetik dan ulet (*ductile*) pada temperatur tinggi. Kelarutan atom karbon di dalam larutan padat *austenite* lebih besar jika dibandingkan dengan kelarutan atom karbon pada fase *ferrite*. Secara geometri, dapat dihitung perbandingan besarnya ruang intertisi di dalam fase *austenite* (kristal FCC) dan fase *Ferrite* (kristal BCC)

2.7. Metode Pengujian

2.7.1. Uji Komposisi material

Pengujian komposisi bahan sangat penting adanya untuk mengetahui sifat kimia utama yang terkandung pada sebuah material, dalam material atau bahan ada banyak sekali macam macam dan tipenya oleh karena itu tujuan dari uji komposisi agar bisa mengetahui kandungan komposisi kima yang ada dalam material yang akan kita gunakan untuk sebuah penelitian. Hal ini pada penelitian yang akan saya lakukan adalah menentukan seberapa besar kandungan yang ada dalam baja karbon tinggi.

2.7.2. Pengujian dengan Metode Kekerasan

Kekerasan (*Hardness*) merupakan salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*Frictional force*). Kekerasan juga diartikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Didunia teknik umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan.

- *Brinell* (HB / BHN)
- *Rockwell* (HR / RHN)
- *Vickers* (HV / VHN)
- *Micro Hardness*

a. Pengujian Kekerasan *Brinell*

Pengujian *Brinell* merupakan salah satu cara pengujian kekerasan yang paling banyak digunakan pada pengujian *brinell* digunakan bola baja yang dikeraskan sebagai indentor.



Gambar 2.18. Alat Uji *Brinell*

Nilai kekerasan *Brinell*

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d})}$$

Dimana:

P = Gaya tekan (kg)

D = Diameter bola indenter (mm)

D = Diameter tampak tekan (mm)

b. Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Pada pengujian *Rockwell* pengukuran dilakukan oleh mesin, dan mesin langsung menunjukkan angka kekerasan dari bahan yang di uji. Cara ini lebih cepat dan lebih akurat. Pada cara *Rockwell* yang normal, permukaan logam yang di uji di tekan oleh indenter dengan gaya tekan 10 kg, beban awal (*minor load Po*) sehingga ujung indikator menembus permukaan sedalam H , selama itu penekanan di teruskan dengan memberikan beban utama di lepas, hanya tinggal beban awal pada saat ini kedalaman penetrasi ujung indenter adalah dengan cara *Rockwell* dapat digunakan beberapa skala tergantung pada kombinasi jenis indenter dan besar beban utama yang digunakan.



Gambar 2.19. Alat Uji *Rockwell*

c. Pengujian Kekerasan *Vickers*

Uji kekerasan *Vickers* ini juga didasarkan kepada penekanan sebuah indenter dengan suatu gaya tekan tertentu ke permukaan yang rata dan bersih dari suatu logam yang diuji kekerasannya. Setelah gaya tekan dikembalikan ke gaya minor maka yang dijadikan dasar perhitungan nilai kekerasan *Vickers* bukanlah hasil pengukuran diameter ataupun diagonal bekas lekukan tetapi justru “dalamnya bekas lekukan yang terjadi itu”



Gambar 2.20. Alat Uji *Vickers*

Inilah cara *Vickers* dibandingkan dengan cara pengujian kekerasan lainnya. Angka kekerasan dihitung dengan :

$$HV = \{2P \sin(\frac{\alpha}{2})\} / d^2 = 1,854 P / d^2$$

Dimana :

P = Gaya tekan (kg)

D = Diagonal tampak tekan rata rata (mm)

α = Sudut puncak indenter = 136

Hasil dari pengujian kekerasan *Vickers* ini tidak akan bergantung pada besar gaya tekan (tidak seperti pada *Brinell*), dengan gaya tekan yang berbeda akan menunjukkan hasil yang sama untuk bahan yang sama. dengan demikian *Vickers* dapat mengukur kekerasan bahan mulai dari yang sangat lunak (5HV) sampai yang sangat keras (1500HV) tanpa perlu mengganti gaya tekan.

2.7.3. Pengujian Metode Uji Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik pada daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok Raw Materials. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik bertujuan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Sedangkan Pembebanan tarik merupakan pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.(Barun Aznan,2004)

a). Elastisitas

Elastisitas merupakan kecenderungan suatu bahan padat untuk kembali ke bentuk aslinya yang berdeformasi sementara tanpa adanya perubahan secara permanen, yaitu sifat untuk melawan deformasi yang terjadi suatu bahan dapat nyatakan elastis sempurna jika sesudah gaya menyebabkan perubahan struktur atau perubahan bentuk pada bahan tersebut dan kemudian tiadakan maka bahan kemudian kembali ke posisi awalnya.

Meskipun tidak ada bahan yang memiliki sifat elastis sempurna akan tetapi hampir semua bahan memiliki sifat elastis sempurna yaitu hingga menuju ke deformasi yang terbatas disebut batas elastis jika suatu bahan berdeformasi diatas batas elastisnya, dan kemudian gaya yang dikenainya akan dihilangkan maka bahan tersebut tidak dapat kembali bentuk awalnya besar dan kecilnya deformasi yang terjadi pada bahan, yaitu merupakan perbedaan antara elastis dan plastis. Blatt (1986:179) menyebutkan suatu deformasi dinyatakan elastis jika deformasi memiliki keseimbangan dengan gaya penyebabnya dan bekerjanya gaya maka deformasi diabaikan.



Gambar 2.21. Alat Uji Elastisitas

b). Tegangan Luluh (*Yield Stress*)

Semua bahan akan berubah bentuk karena dipengaruhi oleh gaya, jika gaya dihilangkan maka bahan akan kembali ke bentuk semulanya dan ada pula yang mengalami perubahan struktur dengan sedikit maupun banyak serta adanya yang menetap. Maka deformasi bahan dapat dinyatakan oleh gaya per satuan luas dan bukan karena gaya.



Gambar 2.22. Alat Uji *Yield Stress*

Jika suatu batang tegar yang akan beri gaya tarik (F) ke atas dengan gaya dilakukan dengan sama tetapi bertolak belakang ke bawah maka gaya-gaya tersebut akan disalurkan secara seragam ke luas penampang batang perbandingan antara gaya (F) terhadap luas penampang (A) disebut kekuatan tarik, jika seluruh

batang dalam posisi mengalami tegangan, maka pemotongan dapat dilakukan disembarang titik terhadap batang ditulis pada persamaan berikut ini:

$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{f}{a}$$

Dimana:

(σ) = Tegangan Luluh (N/mm²)

F = Gaya Luluh (N)

A = Luas Penampang (mm²)

c). Regangan (*Strain*)

Regangan merupakan perpanjangan dari sebuah material ketika diuji tarik sampai patah. Regangan berguna dalam menentukan apakah suatu material itu ulet atau getas, jika nilai regangannya besar material tersebut bersifat ulet apabila nilai regangannya kecil maka material tersebut dikatakan getas.



Gambar 2.23. Alat Uji Regangan

$$\text{Regangan } (\epsilon) = \frac{L_i - L_o}{L_o} \times 100 \%$$

Dimana:

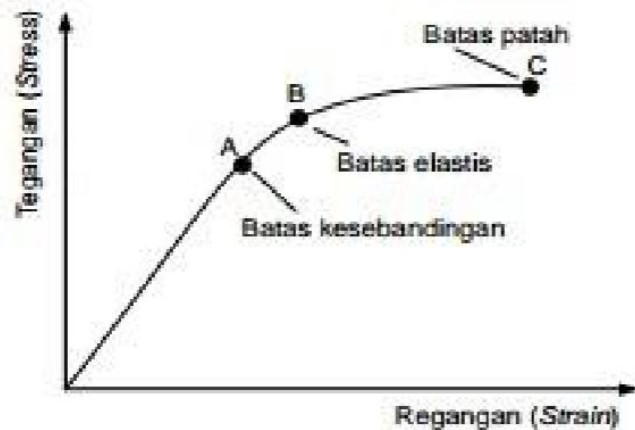
(ϵ) = Regangan (%)

L_o = Panjang Awal Penampang (mm)

L_i = Panjang Akhir Penampang (mm)

d) Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah nilai panjang yang didapat dari tegangan elastisitas dibagi regangan elastis yang ada atau yang bersangkutan. Dengan kata lain, modulus elastisitas adalah perkalian antara beban pada elastis dan panjang uji semula dibagi dengan perkalian antara luas penampang semula dan pertambahan panjang.



Gambar 2.24. Kurva Tegangan Terhadap Regangan

Pada gambar 2.24 menunjukkan daerah elastis bahwa kemiringan garis pada kurva tegangan terhadap regangan yang dinamakan dengan modulus *Young* (Y). Perbandingan antara tegangan terhadap regangan dalam daerah elastis pada grafik diatas disebut juga konstanta karakteristik atau modulus *Young* suatu bahan, dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F}{\Delta L/L_0}$$

Dimana:

Y = *Young* (N/mm²)

F = Tegangan (N/mm²)

ΔL = Perubahan Panjang (mm)

L₀ = Panjang Awal (mm)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Tempat penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara untuk pengujian kekerasannya, untuk pengujian tariknya dilaksanakan di laboratorium pengujian material Universitas Negeri Medan dan pengelasan spesimen dilaksanakan di bengkel bubut Anxory Bubut di jalan Gg. Mawar Medan Marelan.

3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan dengan waktu selama 6 bulan dimulai dari tanggal 14 November 2020. Diawali dengan disetujuinya proposal ini hingga selesai penelitian ini. Penelitian ini diawali oleh studi literature (tinjauan pustaka), kemudian pendesainan alat, pembuatan alat, pengujian alat yang dilakukan untuk mengambil data-data yang berhubungan dengan pengujian spesimen, serta analisa data, kesimpulan, dan juga saran. Adapun rincian dari penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Waktu Pelaksanaan

No	Uraian	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi <i>literature</i>						
2	Perancangan spesimen						
3	Pembuatan spesimen						
4	Pengujian spesimen						
5	Analisa data dan penyusunan laporan tugas akhir						
6	Seminar hasil						
7	Sidang meja hijau						

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang di perlukan untuk melakukan proses pengelasan baja karbon tinggi diantaranya yaitu:

1. Mesin las TIG (R ilon) 900 watt

Alat utama untuk penyambungan dua logam yang ingin di satukan, mesin ini juga memudahkan kita untuk men *Set-up Ampere, Voltase* sesuai kebutuhan.



Gambar 3.1. Mesin Las TIG

2. Gas Pelindung Argon

Untuk melindungi lasan pada saat busur api menyala agar terhindar dari cacat pengelasan.



Gambar 3.2. Gas Pelindung Argon

3. Regulator Gas Pelindung dan *Flowmeter*

Alat pengatur tekanan yang berfungsi sebagai penyalur dan mengatur serta menstabilkan tekanan gas yang keluar dari tabung supaya aliran gas menjadi konstan.



Gambar 3.3. Regulator dan *Flowmeter*

4. Selang

Berfungsi untuk mengalirkan gas yang keluar dari tabung menuju *Torch* (ujung pembakar) untuk memenuhi persyaratan keamanan, selang harus mampu menahan tekan kerja dan tidak mudah bocor.



Gambar 3.4. Selang Las TIG

5. Setang Las atau TIG *Torch*

TIG *torch* berfungsi untuk penyemburan las, didalam Tig *torch* ada elektroda *tungsten* dan aliran gas yang keluar bisa di *Setting* menyesuaikan keinginan



Gambar 3.5. Stang atau TIG *Torch*

6. *Welding Shielding* atau Kap Las

Berguna untuk pandangan kita pada saat proses las berlangsung dan menutupi muka kita dari asap dan pantulan sinar las.



Gambar 3.6. *Welding Shielding*

7. *Welding Glove* atau Sarung Tangan

Sarung tangan sangat berguna untuk melindungi tangan dari panas logam atau material yang tajam pada saat proses pengelasan berlangsung.



Gambar 3.7. *Welding Glove*

8. Masker

Masker sangat penting bagi pernafasan kita disaat proses pengelasan berlangsung yang sangat melindungi hidung dan pernapasan badan kita dari asap yang keluar dari busur las yang sangat berbahaya bagi tubuh.



Gambar 3.8. Masker

9. Sikat baja

Sikat baja berguna untuk membersihkan sisa-sisa kotoran pada material dan juga berfungsi membersihkan setelah terak las diangkat.



Gambar 3.9. Sikat baja

10. Gerinda

Gerinda berguna bagi kelangsungan proses pengelasan untuk membersihkan las yang ingin dibersihkan atau dibuang yang tidak diperlukan dan *Repair weld*.



Gambar 3.10. Gerinda

11. Tang

Tang sangat berguna pada saat proses pengelasan berlangsung untuk memotong *Filler* yang masih panjang untuk menyesuaikan kebutuhan dari pengelasan dan juga bisa untuk menjepit material benda uji yang masih panas.



Gambar 3.11. Tang

12. Baja Karbon Tinggi

Bahan atau benda kerja utama yang paling penting pada saat proses pengelasan berlangsung yang mana bahan baku akan di bentuk sesuai desain yang diinginkan.



Gambar 3.12. Baja Karbon Tinggi

13. *Filler ER70S-6*

Filler merupakan logam pengisi kempuh untuk mengisi *Rood filler* atau *Rood keeping*



Gambar 3.13. *Filler TIG*

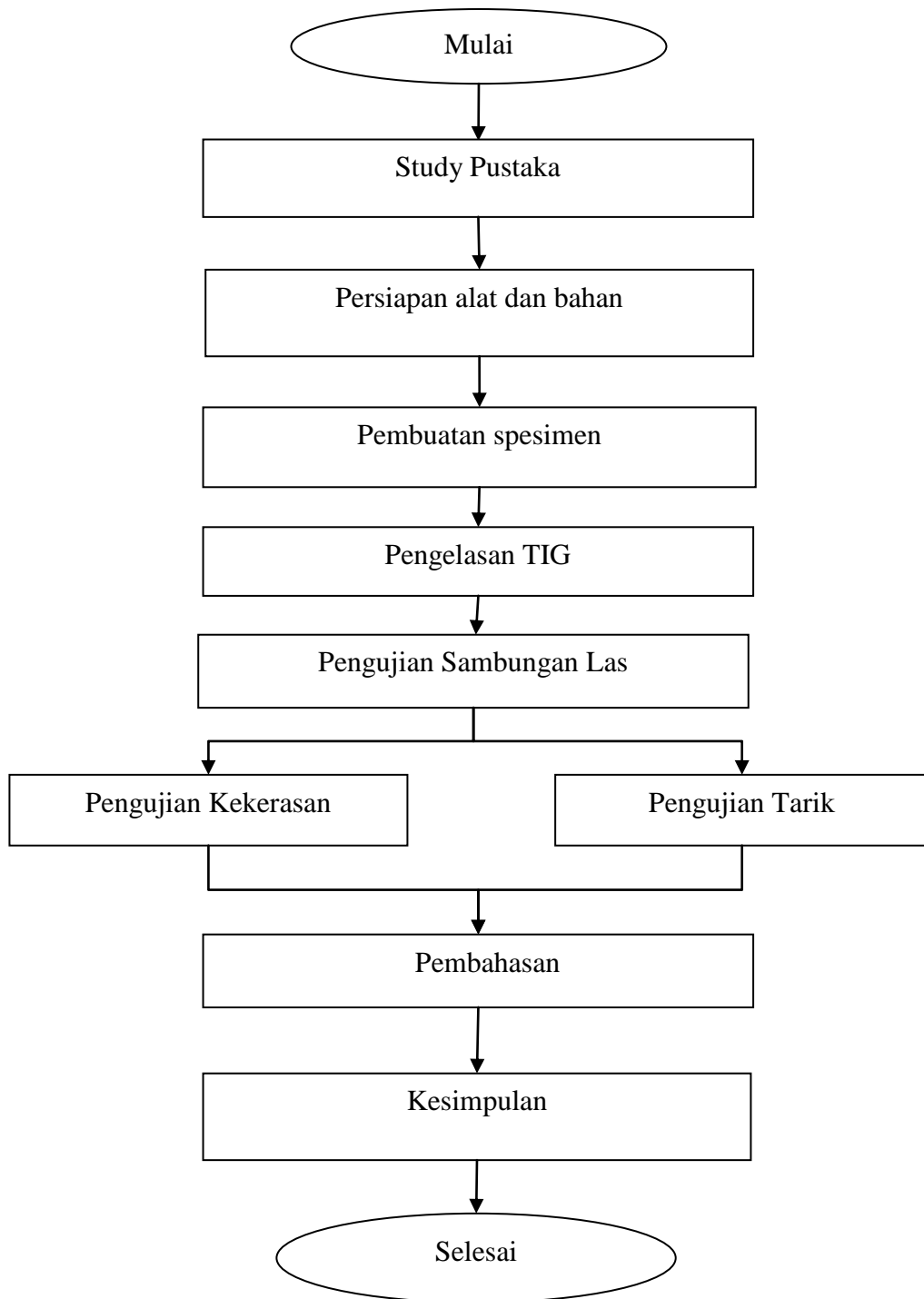
14. *Tungsten*

Elektroda *Tungsten* berguna pada saat pengelasan berlangsung, *Tungsten* ini berfungsi untuk melindungi cacat las, pemilihan elektroda *Tungsten* harus berdasarkan standarisasi agar hasil las baik.



Gambar 3.14. *Tungsten Welding*

3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.15. Bagan Alir Penelitian

3.4. Prosedur Pembuatan Spesimen

Adapun langkah-langkah pembuatan spesimen sebagai berikut :

1. Mempersiapkan bahan yang akan dibuat spesimen pengujian
2. Mengukur dimensi dari spesimen yaitu tebal lebar dan panjang sesuai dengan standar ASTM E8 Tandai atau gambar ukuran pada bahan yang akan di potong sesuai ukuran
3. Potong bahan tersebut sesuai dengan ukuran yang telah dibuat pada desain tersebut
4. Siapkan mesin bubut frais untuk membuat radius pada spesimen
5. Pasangkan bahan yang akan di bubut dengan mesin frais untuk membuat radius dengan 12,5 mm pada spesimen.
6. Potong spesimen menjadi dua bagian .
7. Persiapkan mesin gerinda untuk membuat sudut kampuh V.
8. Dan buat sudut kampuh V pada spesimen sebesar 60° .
9. Bersihkan sisa gram atau sisa kumparan bahan pada spesimen.

3.5. Prosedur Pengelasan Baja Karbon Tinggi Dengan Metode Las TIG

Adapun langkah-langkah pengujian ini sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat dan bahan
2. Pengecekan kondisi komponen perangkat las
3. Menghubungkan paket selang ke mesin las
4. Menghubungkan kabel masa ke mesin dan klem masa ke meja atau benda kerja
5. Memilih polaritas pengelasan, Pengelasan baja karbon tinggi tombol diarahkan ke arus searah DC.
6. Menyiapkan elektroda atau *Filler tungsten*
7. Menghubungkan konektor daya utama, memastikan daya tersambung dengan mesin.
8. Menghidupkan konektor daya utama, membuka katup gas, kemudian menyetel aliran gas.
9. Memastikan benda kerja untuk dilakukan uji coba, penyalaan busur dan penyetelan kuat arus.

10. Pastikan benda kerja yang mau dilas sudah bersih dan digerinda
11. Mengamati proses pengelasan agar sesuai keinginan dan hasil yang maksimal
12. Proses pengelasan menggunakan posisi 1G (posisi pengelasan datar)
13. sudut pengelasan sebaik dan senyaman mungkin
14. Lakukan pengelasan sesuai prosedur
15. Bersihkan sisa pengelasan
16. Matikan mesin las dan rapikan jika sudah selesai.

3.6. Prosedur pengujian tarik

Adapun prosedur pengujian tarik sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen yang akan dilakukan proses pengujian tarik sesuai dengan standar ASTM E8
2. Menyiapkan Komputer untuk melihat data uji
3. Benda uji dijepit pada ragum yang terdapat pada mesin uji,
4. Pastikan spesimen terjepit rapat agar tidak lepas dan terjadi kesalahan pada saat pengujian
5. Menghidupkan mesin uji tarik.
6. Mematikan mesin uji tarik pada saat spesimen patah.
7. Mencatat hasil nilai pada pengujian tarik
8. Lepas specimen dari cekam mesin uji tarik dan tandai spesimen sesuai ampere yang ditentukan.
9. Membersihkan alat uji
10. Selesai

3.7. Prosedur Pengujian Kekerasan

Adapun prosedur pengujian kekerasan sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen yang sudah dilakukan 3 titik titik pada bagian, HAZ kiri, Logam las, HAZ kanan
2. Mengatur beban pada mesin sebesar 60 kgf.
3. Mensejajarkan Logam titik mulai dari urutan HAZ kiri.
4. Memutar alat sampai indikator sudah penuh di layar.
5. Jika sudah penuh indikator bar di layar tekan tombol start dan tunggu sampai nilai atau angka hasil pengujian pada layar.
6. Lalu lakukan hal yang sama pada titik logam las dan HAZ kanan pada spesimen benda uji

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan Spesimen

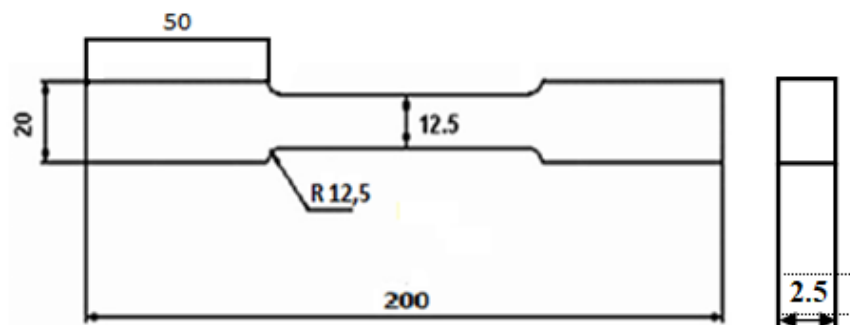
Adapun langkah-langkah pembuatan spesimen sebagai berikut :

1. Mempersiapkan bahan yang akan dibuat spesimen pengujian



Gambar 4.1. Bahan Spesimen

2. Mengukur dimensi dari spesimen yaitu tebal lebar dan panjang sesuai dengan standar ASTM E8



Gambar 4.2. Dimensi Spesimen

3. Tandai atau gambar ukuran pada bahan yang akan di potong sesuai ukuran
4. Potong bahan tersebut sesuai dengan ukuran yang telah dibuat pada desain tersebut



Gambar 4.3. Potongan Spesimen

5. Siapkan mesin bubut frais untuk membuat radius pada spesimen
6. Pasangkan bahan yang kan di bubut dengan mesin frais untuk membuat radius dengan jari-jari 13 mm pada spesimen.



Gambar 4.4. Pembuatan Spesimen

- Potong spesimen menjadi dua bagian .



Gambar 4.5. Pemotongan Dua Bagian Spesimen

- Persiapkan mesin gerinda untuk membuat sudut kampuh V.
- Dan buat sudut kampuh V pada spesimen sebesar 60° .



Gambar 4.6. Pembuatan Sudut Kampuh Spesimen

- Bersihkan sisa gram atau sisa kumparan bahan pada spesimen.

4.2. Proses Pengelasan Baja Karbon Tinggi Dengan Metode Las TIG

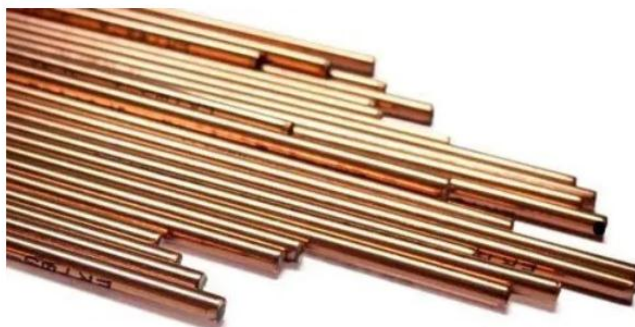
Adapun langkah-langkah pengujian ini sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat dan bahan
2. Pengecekan kondisi komponen perangkat las
3. Menghubungkan paket selang ke mesin las
4. Menghubungkan kabel masa ke mesin dan klem masa ke meja atau benda kerja
5. Memilih polaritas pengelasan, Pengelasan baja karbon tinggi tombol diarahkan ke arus searah DC.



Gambar 4.7. Pemilihan Arus DC

6. Menyiapkan elektroda atau *Filler tungsten*



Gambar 4.8. *filler Tungsten*

7. Menghubungkan konektor daya utama, memastikan daya tersambung dengan mesin.

8. Menghidupkan konektor daya utama, membuka katup gas, kemudian menyetel aliran gas.



Gambar 4.9. Katup Gas

9. Memastikan benda kerja untuk dilakukan uji coba, penyalaan busur dan penyetelan kuat arus.



Gambar 4.10. Penyetelan Ampere

10. Pastikan benda kerja yang mau dilas sudah bersih dan digerinda

11. Mengamati proses pengelasan agar sesuai keinginan dan hasil yang maksimal



Gambar 4.11. Proses Pengelasan

12. Proses pengelasan menggunakan posisi 1G (posisi pengelasan datar)
13. sudut pengelasan sebaik dan senyaman mungkin
14. Lakukan pengelasan sesuai prosedur
15. Bersihkan sisa pengelasan
16. Matikan mesin las dan rapikan jika sudah selesai

4.3. Pengujian Hasil Lasan

Pada bab ini menjelaskan hasil data kekuatan tekan hardness dan analisa data uji tarik. Dimana didapat data dari hasil pengujian tarik yang dilakukan terhadap 3 spesimen menggunakan spesimen baja karbon tinggi (AISI 1070) dengan variasi arus 120,130,140 A dan di uji tarik hingga putus atau patah.

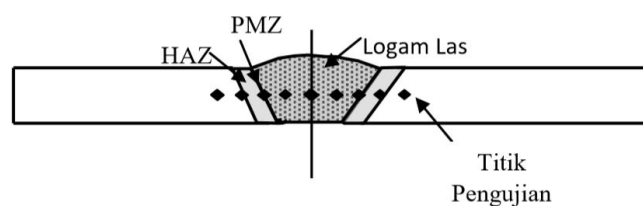
Adapun material dari pengujian hardness ini adalah 3 spesimen baja karbon tinggi (AISI 1070) dengan ketebalan 2,5 mm di las dengan mesin las TIG (*tungsten inert gas*) dengan variasi arus 120,130,140 A dengan *Filler ER70S-6* bentuk spesimen yang kan di las berukuran panjang 200 mm dan lebar 2,4 mm.

Pembuatan spesimen ini diuji tarik sesuai standar ASTM E8 dengan bentuk berikut ini:



Gambar 4.12. Spesimen Standard ASTM E8

Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui distribusi kekerasan pada logam las, daerah cair sebagian (*Partially Melted Zone*), daerah terpengaruh panas atau *Heat Affected Zone (HAZ)*, dan logam dasar. Pengujian kekerasan dilakukan pada arah Horizontal. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan mesin uji kekerasan *Rockwell Hardness*. Jarak antara titik pengujian adalah 14 mm. Garis tengah logam las (*Weld Metal*) dijadikan sebagai titik acuan (titik nol) dalam penentuan titik-titik pengujian.



Gambar 4.13. Titik Pengujian Kekerasan

4.4. Pengambilan Data

Data yang di ambil dalam proses pengelasan aluminium dengan tebal plat 3mm. Pada saat dilakukan proses pengelasan dilakukan pengambilan data yang meliputi Voltase, Ampere data yang sudah diambil akan di masukkan ke dalam tabel seperti berikut dan akan dilakukan pengambilan data melalui analisa yang di hasilkan :

Tabel 4.1. Data Pengelasan

Spesimen	Ampere (a)	Kekuatan Tarik (kgf)	Kekuatan Kekeraan (HRC)
1	120	718,38	52,6
2	130	805,32	60,0
3	140	823,62	54,2

4.5. Pengujian Tarik

Tujuan dari pengujian tarik yaitu untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik dari suatu bahan. Untuk melakukan proses pengujian tarik, spesimen pengujian dijepit pada mesin uji dengan pembebanan dimulai dari nol, kemudian bertambah perlahan-lahan hingga memperoleh beban maksimum dan akhirnya benda uji putus. Langkah-langkah dari pengujian tarik antara sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen yang akan dilakukan proses pengujian tarik sesuai dengan standar ASTM E8



Gambar 4.14. Spesimen Pengujian Tarik

2. Menyiapkan Komputer untuk melihat data uji
3. Benda uji dijepit pada ragum yang terdapat pada mesin uji,
4. Pastikan spesimen terjepit rapat agar tidak lepas dan terjadi kesalahan pada saat pengujian



Gambar 4.15. Menjepit Spesimen Di Ragum

5. Menghidupkan mesin uji tarik.
6. Mematikan mesin uji tarik pada saat spesimen patah.
7. Mencatat hasil nilai pada pengujian tarik
8. Lepas spesimen dari cekam mesin uji tarik dan tandai spesimen sesuai ampere yang ditentukan.
9. Membersihkan alat uji
10. Selesai

Spesimen pengujian terdiri dari pengujian tarik dan mendapatkan kualitas tarik atau gaya yang diterima pada Aluminium dari hasil pengelasan las TIG dengan menggunakan *Filler ER70S-6* dengan variasi arus pengelasan 120, 130, dan 140 A. berdasarkan uji tarik diperoleh nilai kekuatan tarik tertinggi dan juga nilai kekuatan tarik terendah.

4.6. Analisa Data Pengujian Tarik

Pengujian tarik meliputi 3 spesimen yang sudah di las menggunakan las TIG (*Tungsten inner gas*) dengan arus 120, 130, 140, *Ampere* 3 diantaranya untuk pengujian tarik hingga spesimen patah. Adapun analisa data dari spesimen pengujian tarik sebagai berikut:

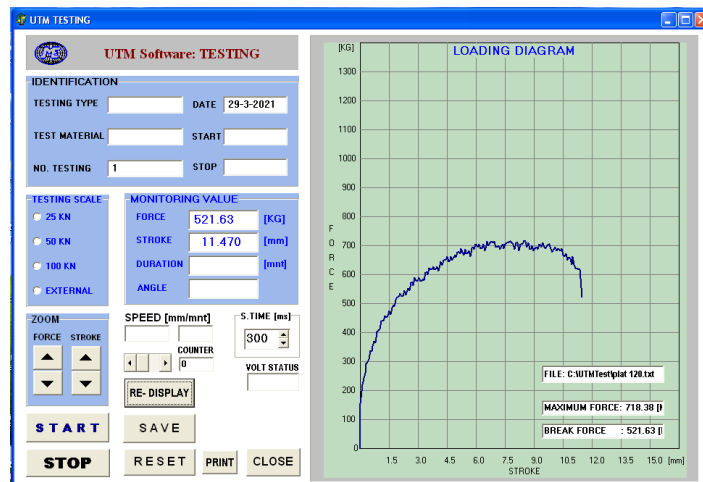
1. Spesimen pengujian dengan arus 120 A

$$F_{maks} = 718,38$$

$$\Delta l = 8,6 \text{ mm}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ N}$$



Gambar 4.16. Grafik Uji Tarik Spesimen 120 Ampere

Perhitungan luas penampang

$$A_0 = t \times l$$

$$\begin{aligned} A_0 &= 2,5 \text{ mm} \times 12,5 \text{ mm} \\ &= 31,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan (σ)

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

$$\sigma = \frac{718,38 \text{ kgf} \cdot 9,807 \text{ N}}{31,25 \text{ mm}^2} = 225,445 \text{ N/mm}^2$$

Regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{8,6 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 0,043$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{225,445}{0,043} = 5242,91 \text{ N/mm}^2$$

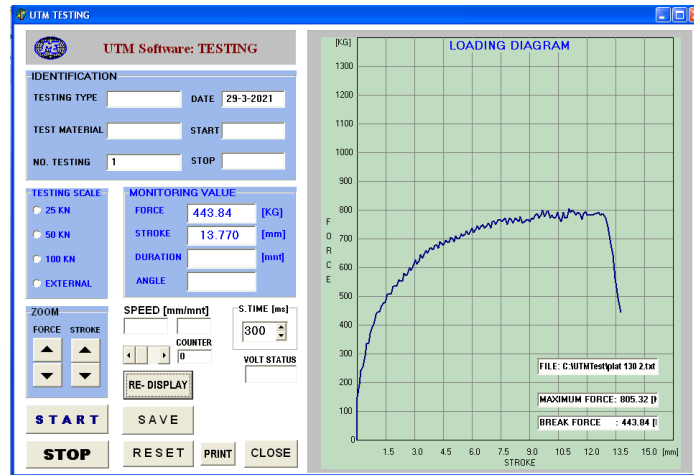
2. Spesimen pengujian dengan arus 130 A

$$F_{\text{maks}} = 805,32$$

$$\Delta l = 11 \text{ mm}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ N}$$



Gambar 4.17. Grafik Uji Spesimen 130 Ampere

Perhitungan luas penampang

$$A_0 = t \times l$$

$$A_0 = 2,5 \text{ mm} \times 12,5 \text{ mm}$$

$$= 31,25 \text{ mm}^2$$

Tegangan (σ)

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

$$\sigma = \frac{805,32 \text{ kgf} \cdot 9,807 \text{ N}}{31,25 \text{ mm}^2} = 252,729 \text{ N/mm}^2$$

Regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{11 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 0,055$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$E = \frac{252,729}{0,055} = 4595,072 \text{ N/mm}^2$$

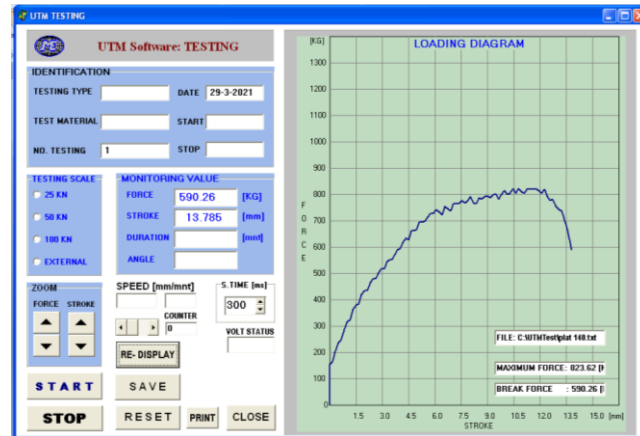
3. Spesimen pengujian dengan arus 140 A

$$F_{maks} = 823,62$$

$$\Delta l = 1,7 \text{ mm}$$

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ N}$$



Gambar 4.18. Grafik Uji Spesimen 140 Ampere

Perhitungan luas penampang

$$A_0 = t \times l$$

$$\begin{aligned} A_0 &= 2,5 \text{ mm} \times 12,5 \text{ mm} \\ &= 31,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan (σ)

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

$$\sigma = \frac{823,62 \text{ kgf} \cdot 9,807 \text{ N}}{31,25 \text{ mm}^2} = 258,472 \text{ N/mm}^2$$

Regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\epsilon = \frac{1,7 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 0,0085$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$E = \frac{258,472}{0,0085} = 30408,471 \text{ N/mm}^2$$

Data-data dari pengujian tarik pada baja karbon tinggi dengan menggunakan *Filler ER70S-6*

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Untuk Kualitas Kekuatan Tarik Pada Baja Karbon Tinggi Dengan Variasi Arus 120,130, Dan 140 A.

NO	Ampere	Force max
1	120 A	718,38 kgf
2	130 A	805,32kgf
3	140 A	823,62 kgf

Pada hasil tabel 4.2 nilai tertinggi *Force max* yaitu pada *ampere* 140 A dengan nilai kekuatan 823,62 kgf.



Gambar 4.19. Spesimen Benda Uji Tarik Yang Sudah Putus

Berdasarkan Tabel 4.2. bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi adalah menggunakan variasi arus 140 A memiliki tingkat kekuatan tertinggi yaitu 823,62 kgf. Pada ampere 130 A memiliki nilai kekuatan yaitu 805,32kgf. Sedangkan untuk ampere 120 A memiliki nilai paling rendah yaitu 718,38 kgf.

Pada penelitian ini kuat arus yang besar mengakibatkan *Heat Input* yang semakin besar pula sehingga lelehan las akan semakin cepat melebar dan juga panas yang berlebih, sehingga dapat menyebabkan *Crack* atau pecah pada benda kerja yang

dilas, semakin kecil *ampere* maka nilai pada uji tarik ini semakin rendah karena terjadi perubahan sifat mekanik pada baja karbon tinggi membuat nilai kekuatan yang relatif rendah dan lunak.



Gambar 4.20. Hasil Penetrasi Las *Ampere* Kecil

Pada gambar 4.20 bahwa penetrasi yang kurang akan berpengaruh pada hasil kedua sisi las yang tidak menyatu dengan sempurna mengakibatkan cacat las *Unwelded Zone* atau penetrasi las kurang, Hal ini diakibatkan logam las tidak berhasil menyambungkan permukaan akar kampuh secara keseluruhan, tidak itu saja desain sambungan yang kurang memadai juga akan berpengaruh pada penetrasi.

4.7 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan hasil las TIG material baja karbon tinggi dengan variasi arus 120,130 dan 140 A. menggunakan mesin *Rockwell tester* (model mitutoyo HR-400) menggunakan beban sebesar 60 kgf Pengujian dilakukan sebanyak tiga titik setiap spesimen pada daerah pengelasan yang bertujuan untuk melihat nilai kekerasan pada hasil lasan dengan menggunakan variasi arus yang berbeda. Langkah-langkah dari pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* antara sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen yang sudah dilakukan 3 titik titik pada bagian, HAZ kiri, Logam las, HAZ kanan
2. Mengatur beban pada mesin sebesar 60 kgf.

3. Mensejajarkan Logam titik mulai dari urutan HAZ kiri.
4. Memutar alat sampai indikator sudah penuh di layar.
5. Jika sudah penuh indikator bar di layar tekan tombol start dan tunggu sampai nilai atau angka hasil pengujian pada layar.
6. Lalu lakukan hal yang sama pada titik logam las dan HAZ kanan pada spesimen benda uji



Gambar 4.21. Alat uji *Rockwell* (model mitutoyo HR-400)



Gambar 4.22. Spesimen Hasil Uji Kekerasan

Pada analisa kekerasan ini ukuran panjang dari spesimen yang di uji yaitu 200 mm, diambil 3 titik titik tengah dengan ukuran 100 mm. lalu untuk sisi ukuran HAZ kiri yaitu 14 mm dari tengah dan ukuran, sedangkan ukuran HAZ kanan diambil 14 mm dari titik tengah.

Tabel 4.3. Hasil Data Uji Kekerasan

Ampere (A)	HAZ Kiri (HRC)	Logam Las (HRC)	HAZ Kanan (HRC)
120 A	45,2	45,8	52,6
130 A	60,0	47,1	43,8
140 A	46,1	54,2	43,0

Berdasarkan tabel 4.3 diatas didapatkan hasil spesimen dengan menggunakan variasi arus 130 A memiliki nilai kekerasan tertinggi yaitu 60,0 HRC pada HAZ kiri. Untuk hasil spesimen dengan menggunakan arus 140 A memiliki nilai kekerasan tertinggi 54,2 HRC pada daerah Logam Las. Sedangkan hasil spesimen dengan menggunakan arus 120 A memiliki nilai kekerasan tertinggi yang paling rendah yaitu 52,6 HRC pada HAZ Kanan.

Pada pengujian kekerasan untuk setiap spesimen yang ada terlihat bahwa nilai kekerasan cenderung semakin bertambah besar ketika titik uji kekerasan Rockwell berada di daerah HAZ, Ini terjadi ketika saat terjadinya proses pengelasan akan mengalami perubahan pemanasan dan perubahan sifat mekanik pada baja karbon tinggi.

Daerah HAZ merupakan daerah yang paling kritis dari sambungan las, Karena selain berubah strukturnya juga terjadi perubahan sifat pada daerah logam yang dilas.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil pengelasan baja karbon tinggi terhadap kekerasan dan kekuatan Tarik adalah sebagai berikut ;

1. Dari hasil pengujian Tarik yang telah dilaksanakan dapat membuktikan bahwa baja karbon tinggi dengan 140 A dilakukan proses pengelasan lebih tinggi kekuatannya dengan nilai 823,62 kgf dibandingkan dengan 120 A yang juga sudah dilakukan proses pengelasan lebih rendah kekuatannya dengan nilai 718,38 kgf.
2. Dari hasil pengujian kekerasan yang telah dilaksanakan dapat membuktikan bahwa pengelasan baja karbon tinggi lebih keras pada 130 A dibagian HAZ kiri dengan nilai 60,0 HRC dibandingkan dengan 140 A dibagian logam las dengan nilai 54,2 HRC dan yang paling rendah di 120 A pada bagian HAZ kiri dengan nilai 45,2 HRC.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian pengaruh pengelasan baja karbon tinggi terhadap kekerasan dan kekuatan tarik adalah;

1. Perlu dilakukan pengembangan dan perbaikan terhadap pengelasan spesimen yang harus disesuaikan kembali arus pengelasannya karena di penelitian ini arusnya tinggi menyebabkan pelelehan spesimen lebih besar sehingga harus dilakukan pengelasan berulang pada area kosong logam las.
2. Diharapkan pada pengujian selanjutnya dapat menggunakan spesimen yang lebih tebal dibandingkan dengan pengujian ini
3. Untuk pada pengujian kekerasan lebih baik ditambahkan dengan metode mikro struktur.
4. Sementara pada pengujian tarik agar baiknya dilakukan secara langsung Mengoperasikan sendiri

DAFTAR PUSTAKA

Hidayat,W., Nusrina Z., (2018). Analisa Kekuatan Uji Tarik Dan Kekerasan Hasil Pengelasan Aluminium 2024 Pada Las Tig Dengan Variasi Arus 60,70,80 A (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta).

Siswanto,R. (2018). BUKU AJAR TEKNOLOGI PENGELASAN HMKB791 (Doctoral dissertation, Universitas Lambung Mangkurat).

Andewi Linda, (2016), “Pengaruh Variasi Arus Pada Hasil Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Aluminium 6061”, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Siregar, A. M., & Nasution, J. F. (2018). Efek Kecepatan Pembebanan Pada Bahan Baja Terhadap Kekuatan Tarik Impak. MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 4(1).

Syahrani, A., Mustafa, M., & Oktavianus, O. (2017). Pengaruh variasi arus pengelasan GTAW terhadap sifat mekanis pada pipa baja karbon ASTM A 106. Jurnal Mekanikal, 8(1).

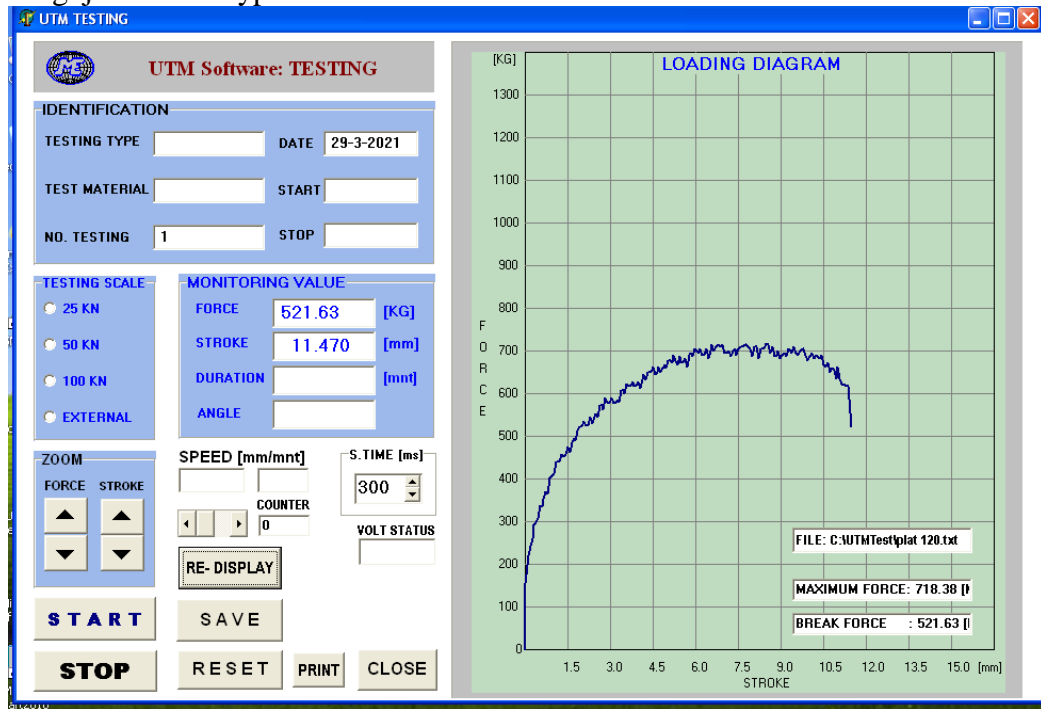
Younggi,D.(2015). Uji Kekerasan Rockwell Menurut Standar ASTM E18. Tulisan Pada <http://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2018/04/uji-kekerasanrockwell-menurut-standar-astm-e18>.

Modul panduan praktikum mekanika kekuatan material, Fakultas Teknik UMSU, Medan.

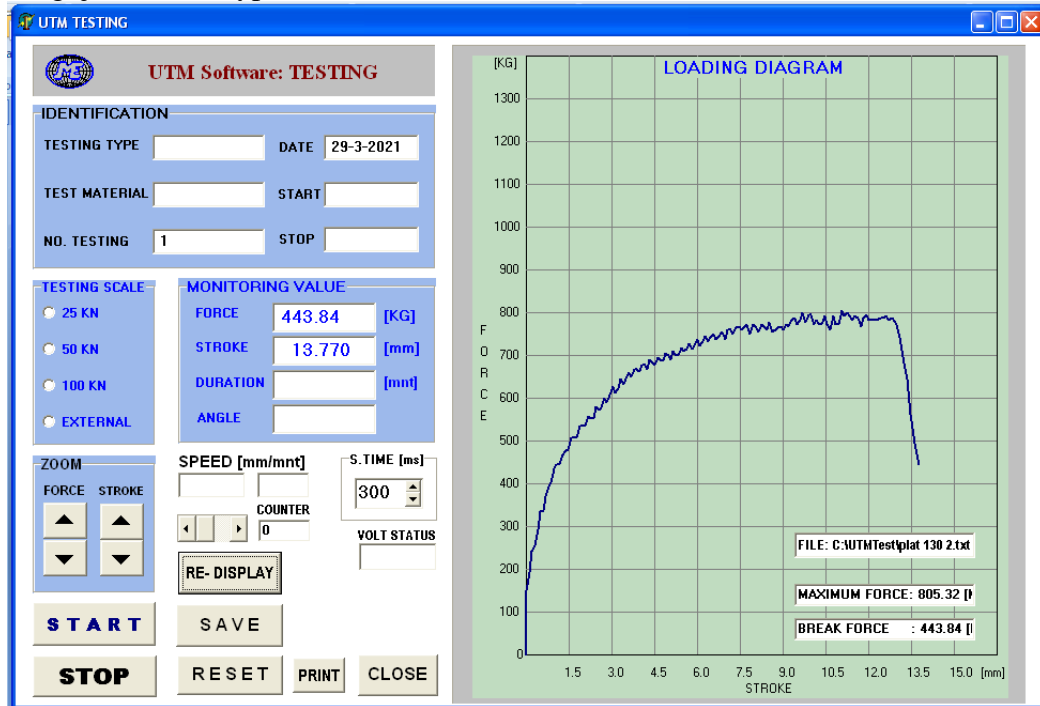
Nulhakim, R. (2020). Pengaruh Annealing Baja St37 Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik. Tugas Akhir, Fakultas Teknik, UMSU, Medan. Alat uji.com/article/detail/3/what-is-hardness-test-uji-kekerasan-

LAMPIRAN

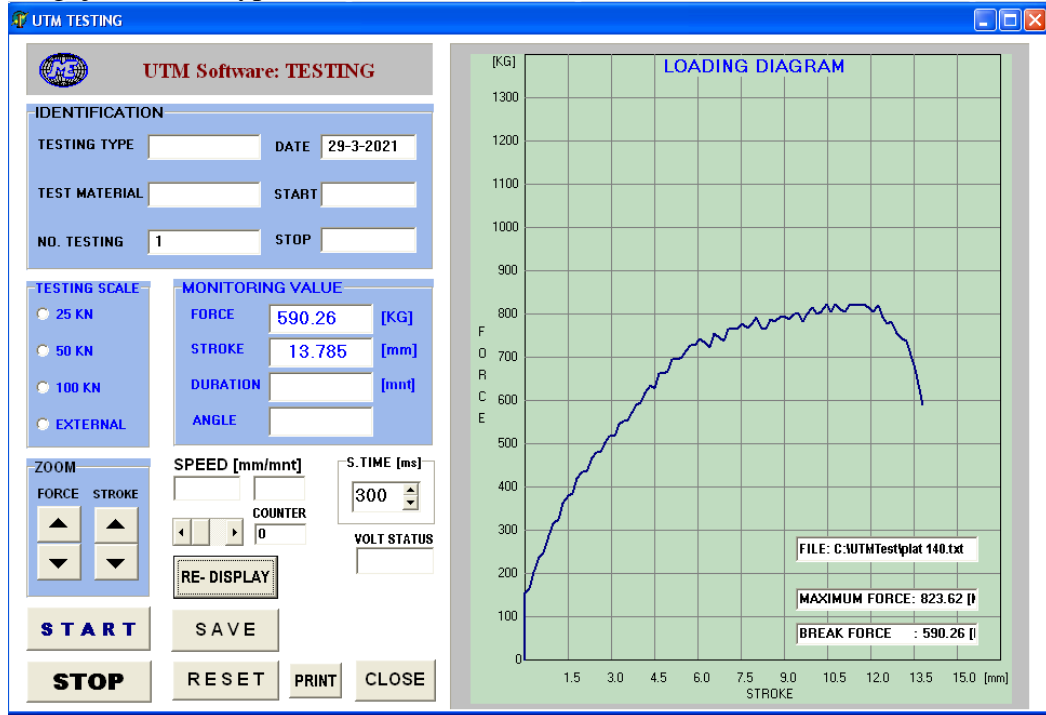
Pengujian Tarik Type Bahan 120 A



Pengujian Tarik Type Bahan 130 A



Pengujian Tarik Type Bahan 140 A



Pengujian Kekerasan Type Bahan 120 A



HAZ Kiri



Logam Las



HAZ Kanan

Pengujian Kekerasan Type Bahan 130 A



HAZ Kiri



Logam Las



HAZ Kanan

Pengujian Kekerasan Type Bahan 140 A



HAZ Kiri



Logam Las



HAZ Kanan

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Kekuatan Uji Tarik Dan Kekerasan Hasil Pengelasan Baja Karbon Tinggi (Baja Hitam) Pada las TIG Dengan Variasi Arus 120,130,140 Ampere.

Nama : Muhammad Ikhsan
NPM : 1507230244

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

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.		: Penyerahan Surat bimbingan	Af.
2.	2/12 2019	: Perbaiki bab 2 dan lanjut bab 3.	Af.
3.	Sabtu 10/1 2020	: - Perbaiki bab - 3 - tambah Diagram Alir - Tambah prosedur - Lanjut bab - 4.	} Af.
4.	Senin 5/4 2021	: Perbaiki bab 3 - Prosedur Pemasukan - Prosedur Pengujian.	} Af.
5.	Selasa 6/4 2021	: Jumpai Pembimbing 2.	Af.
6.		- Perbaiki foto hasil reformasi pd bab I - III.	Mjfr
7.		- Perbaiki bab III, tabel & flow chart.	Mjfr
8.		- Perbaiki abstrak & Himpunan pustaka Aec	Mjfr
9.	Rabu 21/4 2021	: persiapan seminar	Af.



UMSU
Majelis Pendidikan Tinggi Penelitian & Pengembangan
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
menyebut surat ini agar disebutkan
or dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUKUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor ;1624/II/AU/UMSU-07/F/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 13 November 2020 ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD IKHSAN
Npm : 1507230244
Program Study : TEKNIK Mesin
Semester : X1 (Sebelas)
Judul tugas akhir : ANALISA KEKUATAN UJI TARIK DAN KEKERASAN HASIL
PENGELASAN BAJA KARBON TINGGI (BAJA HITAM)
PADA LAS TIG DENGAN VARIASI ARUS 120 , 130 , 140
AMPERE .
Pembimbing 1 : AHMAD MARABDI SIREGAR ST.MT
Pembimbing 11 : M. YANI ST. MT

Dengan Demikian diizinkan untuk Menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Penulisan Tugas Akhir Dinyatakan batal setelah 1 (satu) tahun tanggal ditetapkan

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan 27 Rabiul Awal 1442 H
13 November 2020 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202

Cc. File



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL

Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan Estate 20221
Telp. (061) 6625971/ 081370000227



SURAT KETERANGAN
No. 18 /UN.33.8/LL/2020

Tentang Pengujian Material

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ir. Batumahadi Siregar, S.T.,M.T.,IPM
Jabatan : Kepala Laboratorium Pengujian Material
Teknik Mesin Unimed

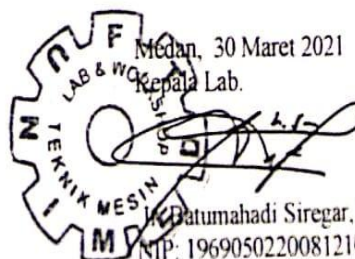
Menyatakan bahwa :

Nama : Muhammad Ikhsan
NIP : 1507230244
Isntitusi : Fakutas Teknik Mesin UMSU

Adalah benar nama tersebut diatas telah melakukan pengujian bahan Metode Uji Tarik (UTM) di Laboratorium Pengujian Material Teknik Mesin UNIMED dalam pelaksanaan penelitian TUGAS AKHIR yang berjudul tentang "Analisa Kekuatan Tarik dan Kekerasan Hasil Pengelasan Baja Karbon Tinggi (Baja Hitam) Pada Las Tlg Dengan Variasi Arus 120,130,140 Ampere", dengan dosen pembimbing,

1. Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T
2. M. Yani, S.T.,MT, dan hasil telampir.

Demikian surat keterangan ini dibuat, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



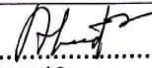
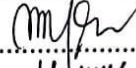

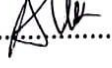
Medan, 30 Maret 2021
Kepala Lab.







Ir. Batumahadi Siregar, S.T.,M.T.,IPM
NIP: 196905022008121001

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**

Peserta seminar

Nama : Muhammad Ikhsan
 NPM : 1507230244
 Judul Tugas Akhir : Analisa Kekuatan Uji Tarik Dan Kekerasan Hasil Pengelasan Baja Karbon Tinggi (Baja Hitam) Pada Las TIG Dengan Variasi Arus-Izon 130 ,K 10 Ampeere.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	: 
Pembimbing – II : M.Yani.S.T.M.T	: 
Pemanding – I : Rahmatullah.S.T.M.Sc	: 
Pemanding – II : Sudirman Lubis.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230017	Tomy Sad Li	
2	1607230020	HERI SETIAWAN	
3	1507230236	ANWAR HAMZAH	
4	1507230241	Teja Kamadhan	
5	1407230158	Khalid arbar Tanjung	
6	1607230089	ZULHASBUN HIRAHIP	
7			
8			
9			
10			

Medan 18 Ramadhan 1442 H
30 April 2021 M

Ketua Program Studi Teknik Mesin



DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Muhammad Ikhsan
NPM : 1507230244
Judul T.Akhir : Analisa Kekuatan Uji Tarik Dan Kekerasan Hasil Pengelasan Baja Karbon Tinggi (Baja Hitam) Pada Las TIG Dengan Variasi Arus Izon K10 Ampere

Dosen Pembimbing – I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Rahmatullah.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T

KEPUTUSAN

- 2) Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Perbaiki semua koneksi pada ekspansi

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 18 Ramadhan 1442H
30 April 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- I

Rahmatullah.S.T.M.Sc

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

1. Nama : MUHAMMAD IKHSAN
2. JenisKelamin : Laki-laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Tanjungbalai , 09 – 09 – 1997
4. Kewarganegaraan : Indonesia
5. Status : BelumMenikah
6. Agama : Islam
7. Alamat : JalanAmalGg.Family, PuloBrayan,
Medan Timur,Kota Medan
8. No. HP : 081272305172
9. Email : ikhsanmuhammad9957@gmail.com

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2003 – 2009 : SD NEGERI 132413 TANJUNGBALAI
2. 2009 – 2012 : SMP NEGERI 1 TANJUNGBALAI
3. 2012 – 2015 : SMA NEGERI 1 TANJUNGBALAI
4. 2015 – 2021 : TeknikMesin, UniversitasMuhammadiyah
Sumatera Utara

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Muhammad Ikhsan
NPM : 1507230244
Judul T.Akhir : Analisa Kekuatan Uji Tarik Dan Kekerasan Hasil Pengelasan Baja Karbon Tinggi (Baja Hitam) Pada Las TIG Dengan Variasi Arus Izon K10 Ampere

Dosen Pembimbing – I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Rahmatullah.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ② 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Perbaiki data pribadi
 - Perbaiki isi surat izin
 -
 -
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 18 Ramadhan 1442H
30 April 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- II

(Handwritten signature)

Sudirman Lubis.S.T.M.T