



universitas
MALIKUSSALEH

TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

**PENGARUH VARIASI ALIRAN GAS PELINDUNG PADA
PROSES PENGELASAN TIG MENGGUNAKAN MATERIAL
*STAINLESS STEEL 304***

**Diajukan sebagai syarat-syarat diperlukan
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Disusun Oleh:

**SOFIYAN RANGKUTI
190120068**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
LHOKSEUMAWE
2024**

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya dengan ini bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sofiyan Rangkuti

Nim : 190120068

Jurusan/Prodi/Bidang : Teknik Mesin/Teknik Mesin/Manufaktur

Dengan ini menyatakan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh variasi aliran gas pelindung pada proses pengelasan TIG menggunakan material *Stainless Steel* 304 adalah hasil kerja tulisan saya sendiri didampingi dosen pembimbing bukan hasil plagiat dari karya tulis ilmiah orang lain. Tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari sumber lain yang saya kutip tanpa saya sebutan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan plagiarisme.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, jika dikemudian hari ternyata terbukti bahwa skripsi yang saya tulis adalah plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku, dan saya bertanggung jawab secara mandiri tidak ada sangkut pautnya dengan dosen pembimbing dan kelembagaan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.

Lhokseumawe, 1 Februari 2024

Penulis

Sofiyan Rangkuti

NIM. 190120068

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Judul Proposal TGA (Skripsi) : Pengaruh Variasi Aliran Gas Pelindung Pada Proses Pengelasan Tig menggunakan material *Stainless Steel* 304

Nama : Sofiyan Rangkuti

NIM : 190120068

Jurusan/Prodi/Bidang : Teknik Mesin / Teknik Mesin / Manufaktur

Tanggal Sidang : 29 Januari 2024

Lhokseumawe, 1 Februari 2024

Menyetujui:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Aljufri, S.T., M.T., IPM
NIP.196801102002121001

Reza Putra, S.T., M.Eng., IPM
NIP.197806292005011004

Pembahas Utama

Pembahas Pendamping

Zulmiardi, S.T., M.T
NIP. 196712062002121001

Suryadi, S.T., M.Eng
NIP. 198005192008121001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Abdul Rahman, S.T., M.Eng
NIP. 19681120200312100

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Berdasarkan hasil ujian Sidang Tugas Akhir Program Studi Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh pada tanggal 1 Februari 2024 dengan ini dinyatakan telah memenuhi persyaratan akademik:

Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Pengaruh Variasi Aliran Gas Pelindung Pada Proses Pengelasan TIG menggunakan material *Stainless Steel* 304
Nama Mahasiswa : Sofiyan Rangkuti
NIM : 190120068
Tempat/Tanggal Lahir : Aek Nabara, 6 Maret 2001
Program Studi/Bidang : Teknik Mesin/Teknik Manufaktur
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Malikussaleh
Pembimbing Utama : Aljufri, S.T., M.T .IPM
Pembimbing Pendamping : Reza Putra, S.T., M.Eng., IPM
Ketua Penguji : Zulmiardi, S.T., M.T
Anggota Penguji : Suryadi, S.T., M.Eng

Lhokseumawe, 1 Februari 2024
Penulis,

Sofiyan Rangkuti
NIM. 190120068

Menyetujui:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Aljufri, S.T., M.T., IPM
NIP. 196801102002121001

Reza Putra, S.T., M.Eng., IPM
NIP. 197806292005011004

Mengetahui:

Ketua Jurusan,

Ketua Program Studi,

Asnawi, S.T., M.Sc.
NIP. 198002272006041010

Abdul Rahman, S.T., M.Eng.
NIP. 196811202003121001

ABSTRAK

Pada dunia industri yang mengalami perkembangan sangat modern seperti saat ini tidak bisa diabaikan dengan proses sambungan las karena memiliki satu kontribusi vital dalam konstruksi baja dan manufaktur. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh pada hasil pengelasan akibat proses variasi aliran gas pelindung 8 Liter/menit, 13 Liter/menit, 18 liter/menit yang dilakukan menggunakan pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) terhadap sifat mekanik pada plat Stainless Steel 304 dan dapat menghasilkan sambungan las yang baik. Pengujian uji tarik dilakukan menggunakan standar ASTM E8. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan mesin Brinell type Hardness Tester FB-3000LC, metode Brinell, mata indentor bola baja 5 mm dengan skala HBW dengan beban 125 KgF. Pada aliran gas pelindung 8 liter/menit nilai rata-rata tegangan tarik $44,72 \text{ N/mm}^2$, regangan 0,177, modulus elastisitas 2518 MPa, dan kekerasan 99,712 HBW. Aliran gas pelindung 13 liter/menit nilai rata-rata tegangan tarik $47,50 \text{ N/mm}^2$, regangan 0,189, modulus elastisitas 2525 MPa, dan kekerasan 105,522 HBW. Aliran gas pelindung 18 liter/menit nilai rata-rata tegangan tarik $49,69 \text{ N/mm}^2$, regangan 0,192, modulus elastisitas 2597 MPa, dan kekerasan 106,704 HBW. Dari hasil penelitian pada pengelasan TIG untuk material Stainless Steel 304, pada bagian daerah lasan mengalami kenaikan nilai kekerasan yang diakibatkan panas yang dihasilkan dari proses pengelasan. Penggunaan aliran gas pelindung pada pengelasan ini dinilai dapat menghasilkan sambungan las yang baik karena patahan yang terjadi setelah proses uji tarik tidak terletak pada bagian daerah lasan dan gas pelindung yang digunakan sesuai dengan dimensi plat material yang digunakan.

Kata Kunci : *Pengelasan, Aliran Gas Pelindung, Kekuatan Tarik, Kekerasan.*

KATA PENGANTAR

Segala puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH Subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan limpahan rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tidak lupa shalawat dan salam penulis sanjung sajikan kepada keharibaan Nabi Muhammad Shalallahu alaihi wassalam, yang telah membawa kita dari zaman kebodohan ke zaman berilmu pengetahuan dan teknologi seperti yang kita rasakan pada saat ini. Adapun judul Tugas Akhir yang diambil penulis yaitu “Pengaruh Variasi Aliran Gas Pelindung Pada Proses Pengelasan TIG Menggunakan Material *Stainless Steel* 304”. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mahasiswa dalam menyelesaikan masa studi di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Prodi Teknik Mesin Universitas Malikussaleh. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapat masukan dan bimbingan dari berbagai pihak terutama kepada orang tua saya, Ayahanda Mhd Ali Hasan Rangkuti dan Ibunda Sukanti yang telah memberi semangat dan dukungan kepada saya, maka dengan kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Fithra, M.T., IPM., ASEAN., Eng selaku rektor Universitas Malikussaleh.
2. Bapak Dr. Muhammad Daud, S.T., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
3. Bapak Asnawi, S.T., M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
4. Bapak Abdul Rahman, S.T., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh
5. Bapak Nurul Islami, S.T., M.Sc selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
6. Bapak Alchalil, S.T., M.T selaku Ketua Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh

7. Bapak Edy Yusuf, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh
 8. Bapak Aljufri, S.T., M.T., IPM selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah membimbing penulis dan memberikan masukan dalam Tugas Akhir ini.
 9. Bapak Reza Putra, S.T., M.Eng., IPM selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah membimbing penulis dan memberikan masukan dalam Tugas Akhir ini.
 10. Bapak Zulmiardi, S.T., M.T, Selaku Dosen Pembahas Utama Tugas Akhir.
 11. Bapak Suryadi, S.T., M.Eng, Selaku Dosen Pembahas Pendamping Proposal Tugas Akhir.
 12. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh yang telah memberikan ilmunya kepada saya
- Penulis menyadari bahwasanya masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis mengharapkan kritik serta saran dari semua pihak yang sifatnya membangun demi perbaikan kedepannya. Besar harapan penulis semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Lhokseumawe, 29 Januari 2024

Penulis,

Sofiyan Rangkuti
NIM. 190120068

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan bismillahirrahmanirrahim, saya panjatkan puji syukur kepada ALLAH SWT, yang telah memberikan nikmat, hidayah, dan taufik-Nya kepada saya sehingga skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan kehariban Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan skripsi ini kepada:

Ayahanda, Ibunda dan Orang Tercinta

Bapak Mhd Alihasan Rangkuti dan Ibu Sukanti yang senantiasa memberikan ketenangan, motivasi, doa terbaik, dan telah menyisihkan finansialnya, sehingga saya dapat menyelesaikan masa studi saya. Adik saya Rafli Ahmad Rangkuti, terimakasih atas semangat dan dukungannya, dan kepada Anita Karolina Sinulingga, A.Md. Farm yang selalu memberikan semangat dan mendengarkan keluh kesah saya. Semoga ALLAH SWT membalas semua kebaikan kalian dengan pahala yang berlipat ganda, Aamiin. Aku sayang kalian.

Dosen pembimbing dan Penguji

Ucapan terimakasih kepada Bapak Aljufri, S.T., M.T., IPM dan Bapak Reza Putra, S.T., M.Eng., IPM yang telah memberikan tenaga, waktu, dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan skripsi saya hingga saya dinyatakan lulus.

Saya juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak Zulmiardi, S.T., M.T, dan Bapak Suryadi, S.T., M.Eng selaku dosen penguji atas masukan dan saran yang dapat membangun dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Teman-teman seperjuangan

Saya persembahkan juga skripsi ini kepada teman-teman seperjuangan terutama angkatan Mesin 2019 yang telah bersama-sama berbagi ilmu, pengalaman dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL TUGAS AKHIR	i
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Landasan Teori	5
2.2 Pengelasan	6
2.3 Jenis Jenis Pengelasan	7
2.4 Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas)	9
2.5 Klasifikasi Cara – Cara Pengelasan	13
2.5.1 Pengelasan Cair	13
2.5.2 Pengelasan Tekan	14
2.5.3 Pematrian (Brazing)	14
2.6 Daerah Pengaruh Panas (HAZ)	15
2.7 Kampuh	16
2.7.1 Jenis-Jenis Kampuh Las	17

2.8	<i>Shielding Gas</i> (Gas Pelindung)	19
2.8.1	Argon (Ar)	20
2.8.2	Helium (He)	20
2.8.3	Campuran Argon (Ar) Dan Helium (He)	21
2.8.4	Karbon Dioksida (CO ₂)	21
2.9	<i>Stainless Steel</i> (Baja Tahan Karat)	21
2.9.1	<i>Austenitic Stainless Steel</i>	22
2.9.2	<i>Ferritic Stainless Steel</i>	22
2.9.3	<i>Martensitic Stainless Steel</i>	23
2.9.4	<i>Duplex Stainless Steel</i>	23
2.10	<i>Stainless Steel 304</i>	24
2.11	Pengujian Tarik	26
2.12	<i>Standard</i> Spesimen Uji Tarik	28
2.13	Spesimen Bentuk Pelat (Plate Form)	29
2.14	Mesin Uji Tarik	30
2.15	Kekerasan Material	31
2.16	Uji Kekerasan (Hardness Test)	32
	BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	36
3.1.1	Tempat Penelitian	36
3.1.2	Waktu Penelitian	36
3.2	Bahan dan Peralatan	37
3.2.1	Bahan	37
3.2.2	Peralatan	37
3.3	Variabel Penelitian	37
3.4	Prosedur Penelitian	38
3.4.1	Proses Pengelasan	38
3.4.2	Pembuatan Spesimen Uji Tarik	39
3.4.3	Pengujian Tarik	41
3.4.4	Pembuatan Spesimen Uji Kekerasan Brinell	42
3.4.5	Pengujian Kekerasan Brinell	42
3.4.6	<i>Flowchart</i> Prosedur Penelitian	44
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45

4.1	Data Hasil Pengelasan	45
4.2	Data Pengujian Spesimen Menggunakan Uji Tarik	49
4.2.1	Perhitungan Nilai Tegangan Tarik	51
4.2.2	Perhitungan Nilai Regangan	52
4.2.3	Perhitungan Nilai Modulus Elastisitas	52
4.3	Data Pengujian Spesimen Menggunakan Uji Kekerasan Brinell	53
4.3.1	Pengujian Nilai Kekerasan <i>Brinell</i>	54
4.4	Hasil Perhitungan Nilai Tegangan Tarik Pada Aliran Gas Pelindung	55
4.4.1	Perbandingan Hasil Tegangan Tarik Terhadap Aliran Gas Pelindung	57
4.5	Hasil Perhitungan Nilai Regangan Pada Aliran Gas Pelindung	58
4.5.1	Perbandingan Hasil Regangan Tarik Terhadap Aliran Gas Pelindung	60
4.6	Hasil Perhitungan Nilai Modulus Elastisitas pada Aliran Gas Pelindung	61
4.6.1	Perbandingan Hasil Nilai Modulus Elastisitas Terhadap Aliran Gas Pelindung	62
4.7	Hasil Perhitungan Nilai Kekerasan Brinell Pada Aliran Gas Pelindung	63
4.7.1	Perbandingan Hasil Nilai Kekerasan Brinell Terhadap Aliran Gas Pelindung	64
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran	66
	DAFTAR PUSTAKA	67
	LAMPIRAN	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Las Shield Metal Arc	7
Gambar 2.2 Gas Metal Arc Welding	8
Gambar 2.3 Las Gas Tungsten Arc Welding	9
Gambar 2. 4 Proses Pengelasan TIG	9
Gambar 2. 5 Elektroda	11
Gambar 2. 6 Tabung Gas Argon	11
Gambar 2. 7 Torch	12
Gambar 2. 8 Kawat Las	12
Gambar 2. 9 Mesin Las TIG	13
Gambar 2.10 Heat Affected Zone	15
Gambar 2. 11 Sambungan Butt Joint	17
Gambar 2. 12 Sambungan Las Fillet	18
Gambar 2. 13 Sambungan Las Corner Joint	18
Gambar 2. 14 Sambungan Lap Joint	19
Gambar 2. 15 Spesimen Uji Tarik	29
Gambar 2. 16 Mesin Uji Tarik	31
Gambar 2. 17 Metode Brinell	33
Gambar 2. 18 Prinsip Kerja Brinell	34
Gambar 3. 1 Spesimen Penelitian	39
Gambar 3. 2 Kampuh V Tunggal	40
Gambar 3. 3 Spesimen Uji Tarik ASTM E-8	41
Gambar 3. 4 Spesimen uji kekerasan Brinell ASTM E10	42
Gambar 3. 5 Prosedur Penelitian	44
Gambar 4.1 Hasil Pengelasan aliran gas pelindung 8 Liter/menit	45
Gambar 4.2 Hasil Pengelasan aliran gas pelindung 13 Liter/menit	46
Gambar 4. 3Hasil Pengelasan aliran gas pelindung 18 Liter/menit	47
Gambar 4. 4 Patahan setelah dilakukan uji tarik aliran gas 8 Liter/menit	49
Gambar 4.5 Patahan setelah dilakukan uji tarik aliran gas 13 Liter/menit	50
Gambar 4. 6 Patahan setelah dilakukan uji tarik aliran gas 18 Liter/menit	51

Gambar 4. 7 Spesimen pengujian Kekerasan	54
Gambar 4. 8 nilai tegangan tarik pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit	55
Gambar 4.9 nilai tegangan tarik pada aliran gas pelindung 13 Liter/menit	56
Gambar 4.10 nilai tegangan tarik pada aliran gas pelindung 18 Liter/menit	56
Gambar 4.11 Grafik Nilai Rata-rata Tegangan Tarik aliran gas pelindung	57
Gambar 4.12 nilai regangan tarik pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit	58
Gambar 4.13 Nilai regangan tarik pada aliran gas pelindung 13 Liter/menit	59
Gambar 4.14 Nilai regangan tarik pada aliran gas pelindung 18 Liter/menit	59
Gambar 4.15 Grafik Nilai Rata-rata regangan Tarik aliran gas pelindung	60
Gambar 4.16 Nilai modulus elastisitas aliran gas pelindung 8 Liter/menit	61
Gambar 4.17 Nilai modulus elastisitas aliran gas pelindung 13 Liter/menit	61
Gambar 4.18 Nilai modulus elastisitas aliran gas pelindung 18 Liter/menit	62
Gambar 4.19 Grafik Nilai Rata-rata Modulus elastisitas aliran gas pelindung	62
Gambar 4.20 Perbandingan nilai kekerasan pada aliran gas pelindung	63
Gambar 4.21 Grafik Nilai Rata-rata Kekerasan Brinell aliran gas pelindung	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Warna HAZ (Bontong, 2019)	16
Tabel 2. 2 Jenis Gas Pelindung (Hilmy dkk, 2018)	20
Tabel 2.3 Komposisi kimia Stainless Stell 304 (Huang dkk, 2019)	25
Tabel 2.4 Mechanical Properties Stainless Steel 304	26
Tabel 2. 5 Sifat Fisik Stainless Steel 304	26
Tabel 2.6 Standar Spesimen ASTM E8	30
Tabel 3. 1 Tempat Kegiatan Penelitian	36
Tabel 3. 2 Tahapan Waktu Penelitian	36
Tabel 3. 3 Peralatan Penelitian	37
Tabel 4.1 Ukuran Spesimen Pengelasan Ukuran gas 8 Liter/menit	45
Tabel 4.2 Ukuran Spesimen Pengelasan Ukuran gas 13 Liter/menit	46
Tabel 4.3 Ukuran Spesimen Pengelasan Ukuran gas 18 Liter/menit	47
Tabel 4. 4 Data arus Pengelasan TIG	48
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian tarik aliran gas 8Liter/menit	49
Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian tarik aliran gas 13 Liter/menit	50
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian tarik aliran gas 18 Liter/menit	51
Tabel 4.8 Data hasil perhitungan uji tarik aliran gas 8 Liter/menit	52
Tabel 4.9 Data hasil perhitungan uji tarik aliran gas 13 Liter/menit	53
Tabel 4.10 Data hasil perhitungan uji tarik aliran gas 18 Liter/menit	53
Tabel 4.11 Data hasil pengujian kekerasan brinell	54

DAFTAR NOTASI

σ	: Tegangan tarik maksimum	N/m ²
P	: Beban Maksimum	N
Ao	: Luas Penampang Mulamula	mm ²
Li	: Panjang sesudah patah	mm
Lo	: Panjang mula-mula	mm
e	: Regangan	%
E	: Modulus elastisitas	MPa
σ	: Tegangan Maksimum	N/mm ²
e	: Regangan	%
HBW	: Kekerasan Brinell	kg/mm ²
P	: Beban	kg
D	: Diameter Indentor	mm
d	: Diameter jejak	mm
F	: gaya tekan	kgf
D	: diameter Indenter	mm

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Surat Penunjukan pembimbing tugas akhir
- Lampiran 2 Hasil Test Report Uji Tarik
- Lampiran 3 Perhitungan Hasil Uji Tarik
- Lampiran 4 Proses Pemotongan Material Stainless Steel 304
- Lampiran 5 Proses Pembuatan Sudut Kampuh Pengelasan
- Lampiran 6 Proses Pengelasan
- Lampiran 7 Pemeriksaan Cacat Las
- Lampiran 8 Proses Pengujian Tarik
- Lampiran 9 Proses Pengujian Kekerasan
- Lampiran 10 Hasil pengujian kekerasan
- Lampiran 11 Sertifikat material Stainless Steel 304
- Lampiran 12 Lembar Konsultasi Tugas Akhir
- Lampiran 13 *Curriculum Vitae*
- Lampiran 14 Sertifikat *toefl*
- Lampiran 15 Submit jurnal

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada dunia industri yang mengalami perkembangan sangat modern seperti saat ini tidak bisa dihindarkan dengan proses sambungan las karena memiliki satu kontribusi vital dalam konstruksi baja dan manufaktur. Pengelasan pada saat ini banyak sekali digunakan, karena sambungan las memiliki kelebihan relatif lebih cepat dan kuat. Cakupan penerapan sambungan las dalam manufaktur sangat banyak diantaranya kapal laut, konstruksi, otomotif, perpipaan, dan industri kereta api (Tohari, 2021). Tetapi sebenarnya didalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan berbagai macam pengetahuan. Oleh sebab itu pengelasan menjadi sangat penting dan membutuhkan penanganan yang serius dalam penggunaannya.

Didalam dunia teknik penyambungan logam atau pengelasan pemilihan material berpengaruh kualitas suatu hasil pengelasan. Material disesuaikan dengan kriteria metode jenis pengelasan yang digunakan. Logam akan mengalami perubahan struktur mikro pada daerah las akibat proses pemanasan. Adanya energi panas yang diterima oleh logam pada proses pengelasan mengakibatkan perubahan-perubahan mulai dari struktur mikro sampai dengan ekspansi dan kontraksi secara mikro. Perubahan struktur mikro ini, akan berpengaruh pada sifat-sifat mekanik logam tersebut (Habibi dkk, 2015).

Zona yang terkena dampak panas adalah wilayah logam yang tidak meleleh di mana paparan suhu tinggi telah menyebabkan karakteristik material berubah. Pengelasan atau pemotongan panas tinggi biasanya menjadi penyebab perubahan karakteristik material ini. Karena logam adalah penghantar panas yang sangat baik, panas ini menyebar dari ujung melalui badan logam (Asiri dkk, 2020). Antara logam cair dan logam dasar yang terkena dampak, terbentuk zona. Tergantung pada seberapa dekat panas dari pemotongan atau pengelasan diterapkan pada material. *Heat Affected Zona (HAZ)* memiliki area yang berbeda.

Kemudian logam las dan *Heat Affected Zone* (HAZ) tersebut, dimana jika gas pelindung tidak tepat melindungi logam las mempengaruhi struktur mikro pada daerah lasan karena semakin panas saat proses pengelasan maka daerah pengelasan atau disebut sebagai daerah HAZ akan membuat pengaruh rekristalisasi yaitu menyebabkan terjadinya butirbutir pada daerah HAZ semakin bertambah cacat las seperti porositas. Jika butiran ini semakin besar maka akan mengalami perubahan sifat mekanik hasil lasan (Junus, 2018).

Kerusakan yang sering terjadi pada sambungan las merupakan suatu kasus yang sering terjadi pada peralatan pembangkit, demikian juga dengan MHE (Main Heat Exchanger), pada saat beroperasi MHE selalu diamati dan dipelajari seluruh parameternya. Perubahan tekanan dan perubahan unsur metana pada MCR (Multi Componen Refrigeran) ini akan diketahui bahwa MHE telah mengalami kerusakan dan perlu dilakukan perbaikan, karena pengaruh kondisi operasi kerusakan yang terjadi seperti retak dan bocor. Pipa penghubung adalah bagian luar MHE terbuat dari material *Stainless stell*. Berdasarkan penelitian bahwa kebocoran dan keretakan pada pipa penghubung akibat pengelasan. (Sunandrio, 2018). Akibat dari kegagalan pada daerah lasan pada pipa tersebut seperti mengalami korosi pada permukaan material akibat laju aliran fluida yang terus menerus mengalir pada saat beroperasi atau penyebab lainnya seperti debit gas pelindung yang tidak sesuai dengan standar material yang di las.

Debit Gas pelindung Salah satu faktor penyebab yang mempengaruhi kegagalan pada sambungan las. Karena debit gas pelindung yang digunakan memiliki pengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis sambungan las yang mempengaruhi pembentukan busur listrik yang terjadi antara elektroda dan benda kerja. Debit gas yang semakin besar akan berakibat busur listrik yang dihasilkan semakin stabil sehingga efek panas yang di timbulkan semakin tinggi.(Prasetya, 2017). Sebelum pengelasan dilakukan debit gas pelindung harus melalui tahap pengerjaan awal untuk memperoleh pembakaran yang sempurna, gas pelindung tidak tepat melindungi las logam cair maka akan dihasilkan cacat las. Juga akan menyebabkan perubahan nilai kekerasan pada logam hasil las.

Dalam latar belakang diatas bertujuan untuk mengetahui pengaruh debit aliran gas pelindung pada hasil pengelasan. Timbul pemikiran untuk melakukan penelitian pengaruh debit aliran gas pelindung pada sambungan las pada HAZ.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi laju aliran gas terhadap sifat mekanik pada material *Stainless stell* 304 pada pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG)?
2. Apakah Penggunaan variasi laju aliran gas pelindung dapat menghasilkan hasil pengelasan terbaik?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak menyimpang dari rumusan masalah yang ada, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah plat *Stainless stell* 304
2. Jenis pengelasan yang digunakan adalah pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG)
3. Kampuh yang digunakan adalah kampuh V tunggal
4. Hasil pengelasan dengan menggunakan pengujian kekuatan uji tarik dan kekerasan *brinell*
5. Hanya menggunakan variasi laju aliran gas pelindung.
6. Variasi aliran gas pelindung yang digunakan 8 liter/menit, 13 liter/menit, 18 liter/menit.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan Yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui penggunaan laju aliran gas pelindung yang mempunyai sifat mekanik yang paling baik.
2. Dapat mengetahui dan laju alir gas pelindung argon pada pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) terhadap kekuatan hasil pengelasan pada *Stainless Steel*

3. Mendapatkan kekuatan sifat mekanik yang optimal pada pengelasan *Stainless Steel* 304 pengelasan menggunakan jenis laju aliran gas pelindung

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diambil dalam penelitian ini adalah :

1. Memberikan sumbangan pemikiran tentang pengaruh aliran gas pelindung pengelasan pada mesin las *Tungsten Inert Gas* (TIG) terhadap sifat fisik dan mekanik pada logam.
2. Menambah Pengetahuan akademik tentang mesin las yaitu mengetahui beberapa parameter-parameter dasar, cara pengoperasian pada jenis pengelasan *tungsten Inert Gas* (TIG).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Dalam penulisan proposal peneliti menggali fakta berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya sebagai bahan perbandingan, baik itu tentang kekurangan atau kelebihan yang ada. Selain itu peneliti menggali fakta berdasarkan buku-buku, jurnal juga skripsi dalam rangka mendapatkan suatu fakta yang terdapat sebelumnya mengenai teori yang berkaitan dengan judul yang dipakai untuk memperoleh landasan teori ilmiah. Adapun kajian pustaka sebagai bahan referensi penulis adalah sebagai berikut

Rudy dkk (2018), telah meneliti tentang pengaruh parameter pengelasan GTAW pada Stainless Steel 304 terhadap sifat mekanis dan Struktur mikro yang mana hasil penelitian diperoleh dari Parameter yang terbaik terhadap pengujian tarik sambungan lasan terdapat pada aliran gas 17 liter/menit, arus 70 A dan jenis elektroda EWTh-2, Parameter yang terbaik terhadap kekerasan *Rockwell* daerah weld metal dan daerah HAZ terdapat pada dengan aliran gas 17 liter/menit dan arus 180 A serta jenis elektroda EWLa-1.5, Struktur mikro pada pengelasan dengan parameter aliran gas, arus dan jenis elektroda menghasilkan struktur yang sama, yaitu terdapatnya fasa *austenite* dan unsur *chrome*, nikel dan karbida *chrome*.

Wisnaningsih dkk (2023), telah meneliti tentang pengaruh variasi debit aliran gas argon terhadap laju korosi pada material *Stainless Steel* 304 dengan larutan $C_6H_8O_7$ (Asam Sitrat) yang mana hasil yang diperoleh pada penelitian pada spesimen I, II dan III, laju korosi rata-rata pada spesimen I 40A = 1.452,34 gram/dm²/minggu, spesimen II 60A = 1.452,93 gram/dm²/minggu, spesimen III 80A = 1.162,34 gram/dm²/bulan. Ketiga spesimen tersebut direndam dalam larutan Asam Sitrat pH 0,5. Pengelasan TIG yang dilakukan pada spesimen I II dan III ternyata tidak merusak *Stainless Steel*, sehingga tetap tahan terhadap korosi dalam larutan asam.

Faizin dkk (2022), telah meneliti tentang variasi Gas pelindung pada TIG *Brazing* antara *Cemented Carbide* dan baja karbon terhadap kekuatan geser dan struktur mikro yang mana hasil yang diperoleh pada penelitian pada *Cemented Carbide* dan baja pada laju aliran gas pelindung 5 L/menit memiliki nilai tegangan geser sebesar 108 N/mm^2 , dibandingkan dengan laju aliran gas 10 L/menit yang memiliki nilai tegangan geser sebesar 97 N/mm^2 , sedangkan pada laju aliran gas pelindung 15 L/menit memiliki nilai tegangan geser yang paling terendah sebesar 76 N/mm^2 , untuk pengamatan struktur mikro pada spesimen menunjukkan bahwa penurunan hasil uji geser disebabkan karena penurunan jumlah unsur Si pada spesimen variasi 15 L/menit.

2.2 Pengelasan

Pengelasan merupakan suatu proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Berdasarkan definisi dari *American Welding Society* (AWS) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair.. Pengelasan menurut DIN (Deutsche Industrie Norman) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair (Wiryo Sumarto, dan Okumura 2000). Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. (Aditia, dan Adi 2019).

Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, kendaraan rel dan lain sebagainya. Sambungan Las merupakan salah satu proses pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi dan keahlian yang mumpuni bagi seorang welder agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik (Aljufri, 2020.).

Adapun kegagalan yang sering terjadi proses pengelasan cacat porositas dimana suatu rongga yang terjadi pada logam akibat kontaminasi yang terjadi pada penyambungan, jika porositas tidak dilihat maka akan mengakibatkan mempercepat rusak pada daerah sambungan las. (Aljufri, dan Reza 2018)

dilakukan oleh orang yang kompeten atau berkualifikasi dan profesional pada bidangnya.

2.3 Jenis Jenis Pengelasan

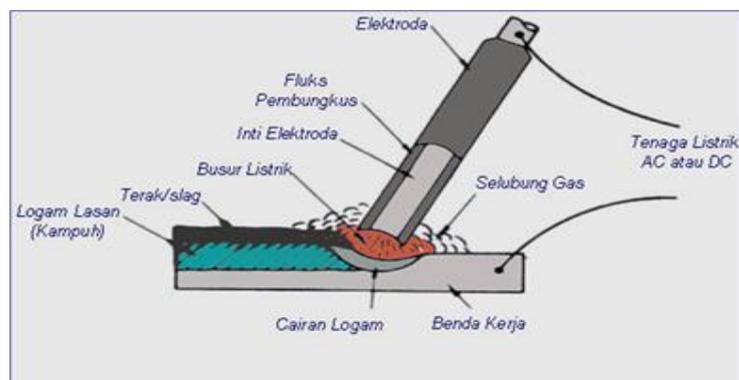
Pengelasan terdiri dari berbagai banyak jenis, namun pada laporan ini penulis hanya berfokus pada jenis pengelasan yang akan di lakukan untuk diteliti, berikut masing-masing jenis penjelasan, yaitu

1. SMAW

Pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) adalah sebuah proses pengelasan yang sumber panasnya diperoleh dari energi listrik sebagai penyambung dua komponen atau lebih yang berbahan logam, dan lain-lain, dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan benda kerja yang ingin disambung (Munawar dkk, 2023).

Proses las SMAW terdiri dari pembungkus elektroda, sumbu kawat, daerah sekitar busur (arc), gas perisai, logam yang diendapkan dan terak (slag) yang telah mengeras., dapat dikendalikan oleh tangan dan sangat praktis. Proses las listrik ini dapat digunakan untuk mengelas semua jenis bangunan logam dari yang tipis sampai yang tebal dengan pengelasan sistem *single pass* atau *multi pass*.

Untuk las biasa mutu lasan antara harus searah dengan arus bolak-balik tidak jauh berbeda. Kecepatan pengelasan dan keserbagunaan mesin las arus bolak-balik dan arus searah hampir sama, namun untuk pengelasan logam tebal, las arus bolak-balik lebih tepat. Adapun las *Shield Metal Arc* ditunjukkan pada Gambar 2.1.

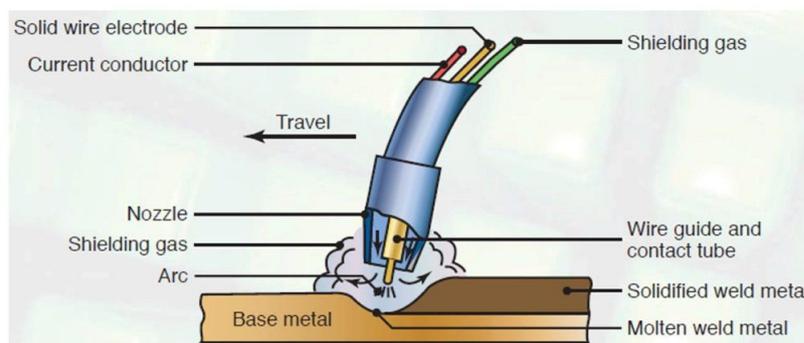


Gambar 2.1 Las *Shield Metal Arc*
(Munawar 2023)

2. GMAW

Gas Metal arc Welding merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih yang sejenis dengan menggunakan bahan tambah yang berupa kawat gulungan dan gas pelindung melalui proses pencairan. Gas pelindung dalam proses pengelasan ini berfungsi sebagai pelindung dari proses oksidasi, yaitu pengaruh udara luar yang dapat mempengaruhi kualitas las. Gas yang digunakan dalam proses pengelasan ini dapat menggunakan gas Argon.

Proses pengelasan GMAW memiliki banyak moda transfer *seperti spray, pulse, globular, dan short circuit*. Moda transfer yang biasanya tidak digunakan oleh perusahaan fabrikasi dan pengelasan adalah *short circuit* karena memberikan resiko tinggi terhadap *spatter* dan busur yang tidak stabil sehingga berdampak pada menurunnya tingkat efisiensi pekerjaan karena membutuhkan perbaikan dan proses *grinding* ekstra pada *spatter*. (Hilmy dkk 2018). Untuk pengelasan *Gas Metal Arc welding* dapat dilihat pada Gambar 2.2

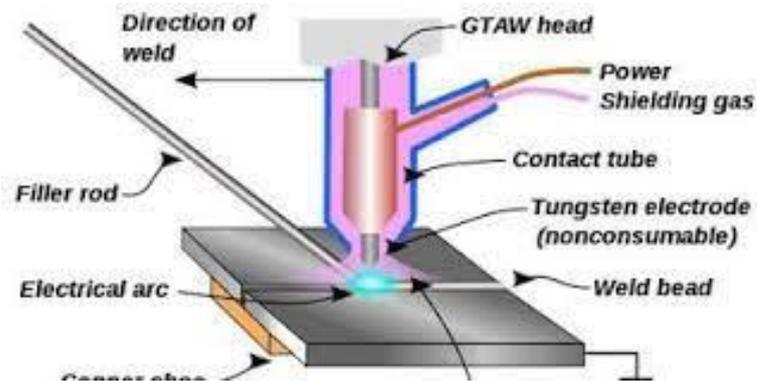


Gambar 2.2 Gas Metal Arc Welding
(Hilmy 2018)

3. GTAW atau TIG

Gas Tungsten Arc Welding suatu proses pengelasan dengan menggunakan busur nyala yang dihasilkan oleh elektroda tetap yang terbuat dari tungsten. GTAW adalah suatu proses pengelasan busur listrik elektroda tidak terumpan, dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung terhadap pengaruh udara luar. Pada proses pengelasan GTAW peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan logam induk.

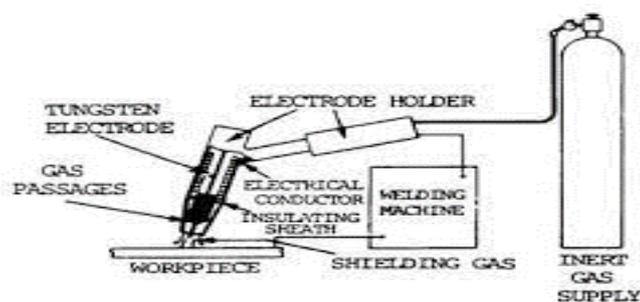
Bahan yang akan dilas dan terpisah dari pistol las. Bahan penambah las GTAW, berupa batang las (rod) yang dicairkan oleh busur nyala tersebut dan mengisi kampuh bahan induk.(Reymond dkk, 2021). Las Gas *Tungsten Arc Welding* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Las Gas *Tungsten Arc Welding*
(Reymond 2021)

2.4 Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas)

Proses pengelasan (Welding) merupakan salah satu proses penyambungan material (material joining). Adapun definisi proses pengelasan yang mengacu pada AWS (American Welding Society). adapun untuk mendapatkan hasil pengelasan sesuai standar yang ditentukan sebelum melakukan pengelasan. Dilihat Pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Proses Pengelasan TIG
(Wiryosumarto, dan Okumura 2000)

Menentukan metode yang digunakan pengelasan harus mempertimbangkan kebutuhan las serta material yang akan di las. Pada penelitian ini dilakukan proses pengelasan dengan metode pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG).

Berikut kelebihan dari metode pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) memiliki kelebihan dan kekurangan. Adapun kelebihan las TIG ini adalah sebagai berikut:(Anwar, 2018).

- a. Menghasilkan sambungan bermutu tinggi, biasanya bebas cacat
- b. Bebas dari terbentuknya percikan las (*spatter*).
- c. Dapat digunakan dengan atau bahan tambahan (*Filler metal*)
- d. Penetrasi (*penembusan*) pengelasan akan dapat dikendalikan dengan baik.
- e. Dapat digunakan hampir pada semua jenis metal.
- f. Memungkinkan pengendalian mandiri sumber panas maupun penambahan *filler metal*

Adapun kekurangan dari las TIG adalah sebagai berikut: (Anwar, 2018).

- a. Laju deposisi material lebih rendah dibandingkan pengelasan dengan elektroda terkonsumsi
- b. Untuk penyambungan bahan $> 3/8$ (10 mm), GTAW lebih mahal dibandingkan dengan las dengan elektroda terkonsumsi.
- c. Jika kondisi lingkungan terdapat angin yang cukup kencang, fungsi gas pelindung akan berkurang karena terhembus angin.

Las gas *tungsten arc welding* (GTAW) adalah pengelasan dengan memakai busur nyala api yang menghasilkan elektroda tetap yang terbuat dari *tungsten* (*wolfram*), sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari *torch*. Untuk mencegah oksidasi, maka dipakai gas pelindung yang keluar dari *torch* biasanya berupa gas argon dengan kemurnian mencapai 99,99%. Pada proses pengelasan ini peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dan logam induk.(Apriadi dan Duniawan, 2017).

Hal-hal yang diperlukan pada peralatan dalam pengelasan TIG antara lain:

- a. Elektroda

Ujung elektroda biasanya di grinding dengan sudut 60° sampai 90° untuk pengelasan manual, terlepas dari diameter elektroda. Untuk aplikasi mekanik, sudut ujung menentukan bentuk busur dan mempengaruhi profil penetrasi *weld pool*, harus diperhatikan konsistensi dalam ujung grinding dan diperiksa kondisi antara

lasan. Untuk arus AC, elektroda merupakan tungsten murni. Biasanya ujungnya mengadopsi profil berbentuk bola karena panas yang dihasilkan di elektroda selama elektroda berjalan setengah siklus positif. Elektroda yang digunakan pada pengelasan TIG dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Elektroda

b. Tabung Gas

Tabung gas pada pengelasan mempunyai fungsi sebagai penyimpanan gas pelindung yang digunakan sebagai proses pengelasan TIG. Untuk mencegah kontaminasi dari ruang *welding*, TIG *welding* menggunakan shielding gas. Pada pengelasan ini juga menggunakan gas pelindung, yaitu gas pelindung Argon, Helium, atau Argon dicampur dengan Helium. Argon merupakan yang paling umum, tabung gas argon pada Gambar 2.6



Gambar 2. 6 Tabung Gas Argon

Terutama pada arus bolak balik. Sedangkan Helium digunakan pada penetrasi las yang lebih dalam. Pemilihan gas ini tergantung pada aplikasi. Pada saat

proses pengelasan tabung gas dibuka bersamaan dengan regulatornya kemudian gas tersebut akan disalurkan melalui selang menuju ke *welding torch*.

c. *Torch*

Torch memiliki mode otomatis atau manual. Pada dasarnya *welding torch* memiliki pegangan, dan otomatis memiliki rak *mounting*. Didalam *welding torch* ada *tungsten elektroda non-consumable*, ruang untuk *shielding* gas dan paduan konduktif. Komponen *welding torch* terbuat dari isolasi plastik. *Torch* dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 *Torch*

d. *Welding Rod*

Kawat las yang digunakan untuk pengelasan ini ada berbagai macam, ada tipe ER 70 S, ER 308 L-16, ER 309 Mo L, ER 309 Mo L-16/17, ER 316 L-16, ER 312-16. Semua jenis *welding rod* ini dapat diaplikasikan pada pengelasan material yang tahan korosi. *Welding Rod* atau kawat las dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Kawat Las

e. Mesin Las TIG

Mesin las TIG merupakan sumber energi yang digunakan untuk menyalakan busur listrik dalam pengelasan TIG listrik yang berasal dari stop kontak dirubah oleh rangkaian transformer *step up* sehingga memiliki tegangan dan arus listrik yang cukup tinggi untuk digunakan dalam proses pengelasan. *Output* dari mesin las bisa bermacam – macam tergantung dari tipenya. Mesin Las TIG dapat dilihat Pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Mesin Las TIG

2.5 Klasifikasi Cara – Cara Pengelasan

Berbagai proses pengelasan telah dikembangkan menurut cara pemanasan dan peralatan yang digunakan serta cara kerjanya, berdasarkan cara kerjanya pengelasan dibagi menjadi tiga bagian utama,(Hanggara dan Harahap, 2019) yaitu:

2.5.1 Pengelasan Cair

Adalah pengelasan dimana sambungan dipanaskan hingga mencair dengan sumber panas dari busur listrik semburan api yang terbakar. Elektroda dipanaskan sampai cair dan diendapkan pada logam yang akan disambung sehingga terbentuk sambungan las. Mula-mula elektroda kontak/bersinggungan dengan logam yang dilas sehingga terjadi aliran arus listrik, kemudian elektroda diangkat sedikit sehingga timbullah busur. Panas pada busur bisa mencapai 5.500 °C Las busur bisa menggunakan arus searah maupun arus bolak- balik.

2.5.2 Pengelasan Tekan

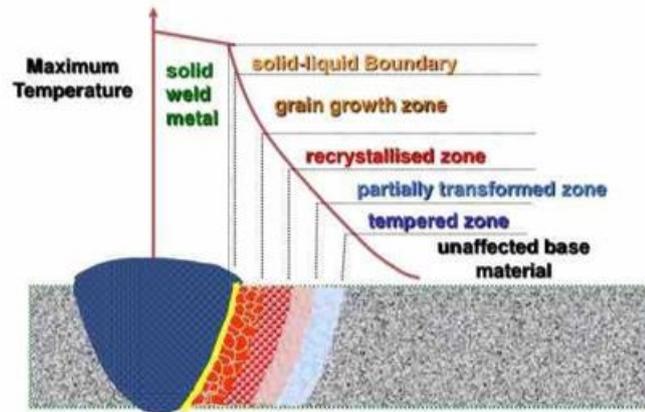
cara pengelasan dimana sambungan di panaskan kemudian ditekan hingga menjadi satu. Proses pengelasan tempa adalah pengelasan yang dilakukan dengan cara memanaskan logam yang kemudian ditempa (tekan) sehingga terjadi penyambungan. Pemanasan dilakukan di dalam dapur kokas atau pada dapur minyak ataupun gas. Sebelum disambung, kedua ujung dibentuk terlebih dahulu, sedemikian sehingga bila disambungkan keduanya akan bersambung ditengah-tengah terlebih dahulu. Penempaan kemudian dilakukan mulai dari tengah menuju sisi, dengan demikian oksida-oksida atau kotoran-kotoran lainnya tertekan ke luar. Proses ini disebut *scarfing*.

2.5.3 Pematrian (Brazing)

pengelasan dimana sambungan disatukan oleh paduan logam yang bertitik cair rendah, dalam hal ini logam induk tidak ikut mencair. Solder dan patri merupakan proses penyambungan logam dimana digunakan logam penyambung lainnya dalam keadaan cair yang kemudian membeku. Penyolderan adalah proses penyambungan dua keping logam dengan logam yang berbeda yang dituangkan dalam keadaan cair dengan suhu tidak melebihi 430 °C diantara kedua keping tersebut. Paduan logam penyambung/pengisi yang banyak digunakan adalah paduan timbal dan timah yang mempunyai titik cair antara 180 - 370 °C. Komposisi 50% Pb dan 50% Sn paling banyak digunakan untuk timah solder dimana paduan ini mempunyai titik cair pada 220 °C.

2.6 Daerah Pengaruh Panas (HAZ)

Adapun varian daerah *Heat Affected Zone* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Heat Affected Zone*
(Hanggara dan Harahap 2019)

Tiga daerah hasil pengelasan yang akan kita temui bila kita melakukan pengelasan daerah yang pertama yaitu logam las adalah daerah dimana terjadi pencairan logam dan dengan cepat kemudian membeku. Daerah yang kedua yaitu daerah logam induk yang mengalami perubahan struktur atau susunan dari logam akibat panas dari pengelasan. Daerah yang kedua ini sering disebut dengan *Heat Affected Zone (HAZ)*. Daerah yang ketiga adalah daerah logam itu sendiri yang tidak mengalami perubahan struktur.

Daerah HAZ adalah logam yang bersentuhan dengan logam lain pada proses pengelasan, dimana pada proses pengelasan akan terjadi siklus termal dan pendinginan cepat pada sambungan las. Siklus termal akan mempengaruhi struktur mikro dan HAZ, Pada daerah HAZ butir-butir mengalami deformasi pada daerah *base metal*. Bentuk butir pada daerah *Weld metal* lebih besar daripada ukuran butir pada daerah HAZ dan *base metal* hal ini dikarenakan pada daerah *weld metal* menerima panas masuk yang lebih besar daripada pada daerah HAZ dan *base metal*.

Daerah HAZ daerah dimana logam induk mengalami pemanasan dan pendinginan cepat disebut daerah pengaruh panas. Struktur logam di daerah pengaruh panas berubah secara bertahap dari daerah induk ke daerah las. Perubahan struktur di daerah pengaruh panas biasanya bervariasi tergantung pada jumlah karbon dan unsur paduan lainnya yang ada dalam besi. Perubahan suhu di dekat

logam las juga berubah-ubah. Struktur dan sifat mekanis logam yang dipengaruhi panas juga berbeda.(Bontong, 2019).

Sebagai hasil daerah HAZ penggunaan suhu yang berbeda selama proses terjadi, beragam warna yang terdapat di HAZ. Berbagai macam warna ini berkisar dari kuning muda ke biru tua dengan urutan temperatur yang meningkat. Warna pita dalam urutan perkembangan suhu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Warna HAZ (Bontong, 2019)

Warna	Suhu Pemotongan
Kuning Muda	290°C
Kuning Tua	340°C
Kuning	370°C
Coklat	390°C
Coklat Tua	420°C
Ungu Tua	450°C
Biru	540°C
Biru Tua	600°C

2.7 Kampuh

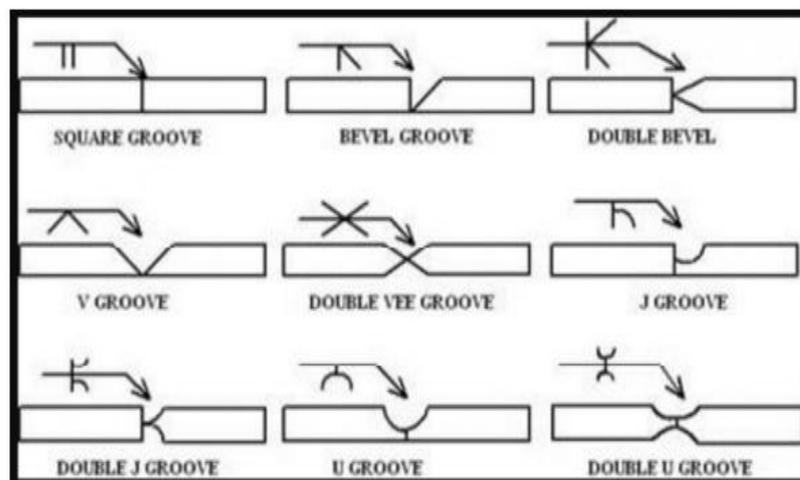
Kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang akan diisi oleh logam las, kampuh las awalnya adalah berupa kubungan las yang kemudian diisi dengan logam las. Sambungan las dengan menggunakan alur kampuh dikategorikan kedalam sambungan las tumpul. Sambungan las tumpul adalah jenis sambungan paling efisien.

2.7.1 Jenis-Jenis Kampuh Las

Jenis kampuh yang dipilih berkaitan dengan metode pengelasan dan ketebalan pelat. Ideal sendi menyediakan kekuatan struktural yang di perlukan dan kualitas tanpa perlu besar volume bersama. Biaya las meningkat dengan ukuran sendi, dan masukan panas yang lebih tinggi akan menimbulkan masalah dengan kekuatan pengelasan. Jenis sambungan adalah tipe sambungan material atau plat yang digunakan untuk proses pengelasan. Jenis sambungan mempunyai beberapa macam yang menjadi jenis sambungan utama yaitu *Butt Joint*, *Fillet (T) Joint*, *Corner Joint*, *lap Joint*, dan *Edge Joint*.

a. *Butt Joint*

Sambungan butt joint adalah jenis sambungan tumpul, dalam aplikasinya jenis sambungan ini tedapat berbagai macam jenis kampuh atau *groove* yaitu *V groove* (kampuh V), *Single Bevel*, *J Groove*, *U Groove*, *Square Groove* untuk melihat macam-macam kampuh las lebih detail silahkan lihat Gambar 2.11.

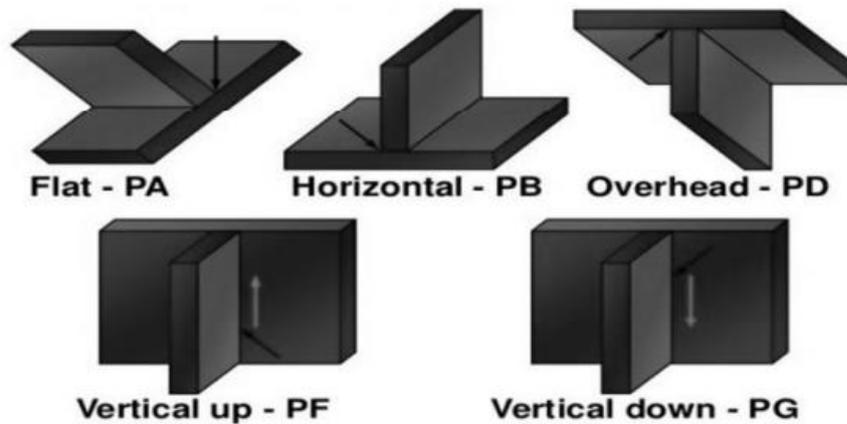


Gambar 2. 11 Sambungan *Butt Joint*
(Wiryosumarto dan Okumura, 2000)

b. T (Fillet) *Joint*

T *Joint* adalah jenis sambungan yang berbentuk seperti huruf T, tipe sambungan ini banyak diaplikasikan untuk kontruksi atap *konveyor* dan jenis konrtuksi lainnya. Untuk tipe *groove* juga terkadang digunakan untuk sambungan *fillet* adalah *double bevel*, namun hal tersebut sangat jarang kecuali pelat atau materialnya sangat tebal.

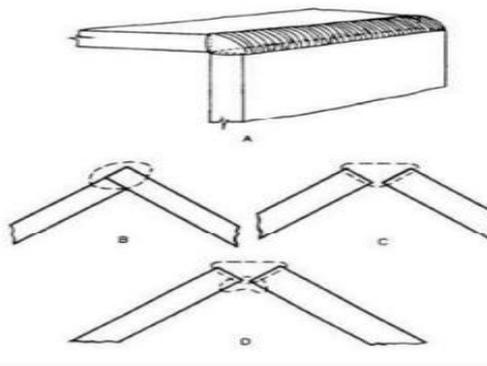
Berikut ini lah sambungan T pada pengelasan. Adapun Sambungan *Fillet* dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Sambungan Las *Fillet*

c. *Corner Joint*

Corner Joint mempunyai desain sambungan yang hampir sama dengan *T Joint*, namun yang membedakannya adalah letak dari materialnya, pada sambungan ini materialnya yang disambung adalah bagian dengan ujung. Ada dua jenis *corner joint*, yaitu *close* dan *open*. Untuk detailnya silahkan lihat pada Gambar 2.13.

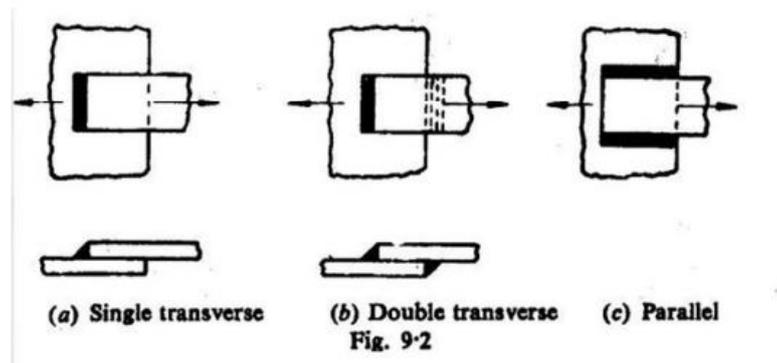


Gambar 2. 13 Sambungan Las *Corner Joint*
(Wirjosumarto dan Okumura, 2000)

d. *Lap Joint*

Tipe sambungan las yang sering digunakan untuk pengelasan *spot* atau *seam*. Karena materialnya ini ditumpuk atau disusun sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada bagian *body* kereta dan cenderung untuk plat-plat tipis. Jika

menggunakan proses las SMAW, GMAW, atau GTAW pengelasannya sama dengan sambungan *fillet*. Sambungan Lap Joint dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Sambungan *Lap Joint*
(Wiryosumarto dan Okumura, 2000)

2.8 *Shielding Gas* (Gas Pelindung)

Gas pelindung adalah komponen dari proses pengelasan yang melindungi proses pengelasan *weld metal* dan *weld pool* dari kontaminasi udara sekitar (oksigen dan nitrogen). Argon memiliki potensial ionisasi yang rendah sehingga busur las yang dihasilkan stabil serta sedikit *spatter*, karbondioksida menghasilkan konduktivitas termal yang tinggi dan penetrasi yang dalam hal ini dikarenakan karbon dioksida memiliki potensial ionisasi yang tinggi sehingga busur las yang dihasilkan tidak stabil dan menimbulkan banyak *spatter* (Hilmy dkk, 2018). Adapun fungsi utama dari gas pelindung adalah untuk menghindari terjadinya oksidasi dari udaral uar terhadap cairan akan mengakibatkan kurang sempurnanya perpaduan antara bahan tambah (*filler rod*) dengan cairan bahan yang disambung. Disamping fungsi tersebut, gas lindung juga berfungsi:

1. Mempengaruhi sifat busur
2. Moda transfer metal
3. Penetrasi dan profil Jalur las
4. Kecepatan las
5. Kecenderungan untuk sisi *undercut*
6. Aksi pembersihan
7. Sifat mekanis bahan las

2.8.1 Argon (Ar)

Adalah gas inert yang monoatomik dengan berat molekul 40 yang dapat diperoleh dengan mencairkan udara. Digunakan untuk pengelasan merupakan gas argon murni (min 99,95 %) untuk metal yang tidak reaktif, namun untuk metal yang reaktif dan metal tahan panas, tingkat kemurniannya lebih tinggi (99,997%). Adapun karakteristik dan jenis gas pelindung yang digunakan pada metode pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Jenis Gas Pelindung (Hilmy dkk, 2018)

Gas	Chemical Symbol	Molecular Weight	Specific Gravity	Density (g/l)	Ionization Potensial
Argon	AR	39,95	1,38	1,784	15,7
Carbon dioxide	CO ₂	44,01	1,53	1,978	14,4
Helium	HE	4,00	0,1368	0,178	24,5
Hydrogen	H ₂	2,016	0,0695	0,090	13,5
Nitrogen	N ₂	28,01	0,967	12,5	14,5
Oxygen	O ₂	32,0	1,105	1,43	13,2

2.8.2 Helium (He)

Helium ialah gas *inert* yang monoatomik dan sangat ringan, memiliki berat denga atom 4, didapat dari pemisahan gas alam, jika digunakan pada pengelasan harus dimurnikan menjadi 99,99%. Lebih banyak menghantarkan panas daripada argon. Dengan tenaga panas yang lebih tinggi tersebut, helium banyak digunakan untuk pengelasan menggunakan tenaga mekanis. Gas pelindung helium jika digunakan sendiri tanpa dicampur dengan gas argon dapat menghasilkan voltase busur yang lebih tinggi jika *variable* lainnya di pertahankan tetap, hal ini disebabkan oleh potensi ionisasi yang lebih tinggi pula Busur yang dihasilkan dengan pemakaian gas pelindung helium tidak menghasilkan transfer semprot aksial yang sebenarnya pada besaran arus mana saja dengan stabilitas busur yang terbatas. Akibatnya terdapat banyak percikan (spatter) pada jalur las.

Namun untuk beberapa pada pengelasan tertentu justru diperlukan penggunaan helium murni agar didapatkan penetrasi yang dalam, jalur las yang lebar dan melengkung/parabol. Penggunaan gas helium murni juga menyebabkan sulitnya penyalaan awal elektroda.

2.8.3 Campuran Argon (Ar) Dan Helium (He)

Argon mempunyai berat sekitar 10 x helium, karena beratnya begitu meninggalkan moncong obor, gas argon akan langsung menyelimuti jalur cairan logam yang di las, sedangkan helium yang lebih ringan dari argon akan naik keatas menghalangi penetrasi udaraluar ke dalam daerah nyala las.

Jadi dengan dikombinasikannya kedua jenis gas ini akan menghasilkan campuran yang fungsi lindungnya sangat optimal. Campuran gas argon dan helium (80% argon, 20% helium), apabila arus mencapai di atas nilai transisi dan penetrasi yang dalam serta jalur las yang lebar dan parabol. Pada pengelasan yang menggunakan teknik transfer arus pendek dimana diperlukan masukan panas (heat input) yang besar agar terjadi fusi yang baik, disarankan agar digunakan gas lindung campuran antara argon dan helium (60 hingga 90% helium).

2.8.4 Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon Dioksida memiliki sifat perpindahan panas yang baik. Menghasilkan penetrasi las sangat dalam tetapi dengan busur yang tidak stabil dan, karena kereaktifannya banyak terdapat percikan atau spatter. Karbon dioksida dapat digunakan murni (only for short-circuiting) atau atau campuran dengan 5 sampai 25 argon%, kadang-kadang sampai dengan 50%. Meningkatnya persentase karbon dioksida meningkatkan lebar dan kedalaman penetrasi las. Untuk pengelasan baja tahan karat di mana karbon mengontrol konten yang diperlukan, sebuah argon-helium dicampur dengan 1- 2% karbon dioksida juga dapat digunakan

2.9 *Stainless Steel* (Baja Tahan Karat)

Stainless steel merupakan bahan kelompok baja paduan tinggi berdasarkan Fe-Cr, Fe-Cr-C dan Fe-Cr-Ni. Untuk menjadi baja tahan karat, baja ini harus terdiri

minimal 10,5% Cr. Beberapa baja tahan karat mengandung lebih dari 30% Cr atau kurang 50% Fe. Kemampuan tahan karat. Meskipun seluruh kategori SS didasarkan pada kandungan krom (Cr), namun unsur paduan lainnya ditambahkan untuk memperbaiki sifat-sifat SS sesuai aplikasinya. Kategori SS tidak halnya seperti baja lain yang didasarkan pada persentase karbon tetapi didasarkan pada struktur metalurginya. Menurut sifat kimia dari *stainless steel* lima golongan utama SS adalah *Austenitic*, *Ferritic*, *Martensitic*, *Duplex* dan *Precipitation Hardening* SS Adapun Jenis Stainless steel sebagai berikut.

2.9.1 *Austenitic Stainless Steel*

Austenitic SS mengandung sedikitnya 16% Krom dan 6% Nikel (grade standar untuk 304), sampai ke *grade Super Austenitic* SS seperti 904L (dengan kadar Krom dan Nikel lebih tinggi serta unsur tambahan Mo sampai 6%). *Molybdenum* (Mo), *Titanium* (Ti) atau *Copper* (Co) berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap temperatur serta korosi. *Austenitic* cocok juga untuk aplikasi *temperature* rendah disebabkan unsur Nikel membuat SS tidak menjadi rapuh pada temperatur rendah

Sifat-Sifat Dasar Baja *Austenitic*:

1. Daya tahan korosi yang sangat bagus dalam asam organik, industri, dan lingkungan laut
2. Dapat dikeraskan hanya dengan dibentuk profil logam dengan temperatur dingin (logam-logam campuran ini tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas) Pemakaian Umum

2.9.2 *Ferritic Stainless Steel*

Kelompok logam campuran ini biasanya hanya mengandung Kromium, dengan keseimbangan kebanyakan Fe. Logam-logam campuran ini merupakan baja-baja *stainless* Kromium yang sederhana dengan kandungan Kromium 10,5 – 18 % seperti grade 430 dan 409. Jenis *Ferritic* agak sedikit kurang mempunyai sifat kenyal daripada jenis *austenitic*. Ketahanan korosi tidak begitu istimewa dan relatif

lebih sulit di fabrikasi / *machining*. Tetapi kekurangan ini telah diperbaiki pada *grade* 434 dan 444 dan secara khusus pada *grade* 3Cr12.

Sifat-Sifat Dasar Baja *Ferritic*:

1. Cukup untuk peningkatan daya tahan korosi yang bagus dengan kandungan Chromium
2. Tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas dan selalu digunakan dalam magnet yang dikuatkan
3. Kemampuan mengelasnya sedikit

2.9.3 *Martensitic Stainless Steel*

SS jenis ini memiliki unsur utama Krom (masih lebih sedikit jika dibanding *Ferritic SS*) dan kadar karbon relatif tinggi (0,1 – 1,2%) misal *grade* 410 dan 416. *Grade* 431 memiliki Krom sampai 16% tetapi mikrostrukturnya masih *martensitic* disebabkan hanya memiliki Nikel 2%. Merupakan baja pertama yang dikembangkan secara komersial (sebagai cutlery).

Sifat-Sifat Dasar Baja *Martensitic*:

1. Dapat dikeraskan dengan perlakuan panas dan oleh karena itu tingkat kekerasan dan daya tahannya tinggi
2. Daya tahan korosinya sedang

2.9.4 *Duplex Stainless Steel*

Duplex dikarenakan kandungan Nikel tidak cukup untuk menghasilkan susunan *austenitic* secara penuh dan hasil kombinasi susunan *ferritic* dan *austenitic*. Duplex SS seperti 2304 dan 2205 (dua angka pertama menyatakan persentase Krom dan dua angka terakhir menyatakan persentase Nikel) memiliki bentuk mikrostruktur campuran *austenitic* dan *ferritic*. *Duplex ferritic-austenitic* memiliki kombinasi sifat tahan korosi dan temperatur relatif tinggi atau secara khusus tahan terhadap *Stress Corrosion Cracking*. Meskipun kemampuan *Stress Corrosion Cracking*-nya tidak sebaik *ferritic SS* tetapi ketangguhannya jauh lebih baik jika dibandingkan dengan *ferritic SS* dan lebih buruk dibanding *austenitic SS*. Sementara kekuatannya lebih baik dibanding *austenitic SS* (yang di *annealing*) kira-kira 2 kali lipat. Sebagai tambahan, *Duplex SS* ketahanan korosinya sedikit lebih

baik dibanding 304 dan 316 tetapi ketahanan terhadap pitting corrosion jauh lebih baik dibanding 316. Ketangguhannya *Duplex SS* akan menurun pada temperatur dibawah – 50 oC dan diatas 300 oC. Kebanyakan baja *Duplex* mengandung Mo dalam jarak 2,5-4%.

Sifat-sifat Dasar Baja *Duplex*:

1. Daya tahan yang dinaikkan pada serangan ion Klorida Perenggangan dan kuat luluh yang lebih tinggi dari baja-baja *austenitic* dan *ferritic*
2. Kemampuan peleburan, kemampuan membentuk yang baik Pemakaian Umum Penerapan di laut, terutama sekali pada suhu-suhu yang dinaikkan dengan rendah (eksplorasi gas lepas pantai) Instalasi penghilangan zat garam / rasa asin Perubah panas Instalasi petro kimia

2.10 *Stainless Steel 304*

Stainless steel tipe 304 merupakan jenis baja tahan karat yang serbaguna dan paling banyak digunakan. Komposisi kimia, kekuatan mekanik, kemampuan las dan ketahanan korosinya sangat baik dengan harga yang *relativ* terjangkau. *Stainless steel* tipe 304 ini banyak digunakan dalam dunia industri maupun skala kecil. Penggunaannya antara lain untuk: tanki dan *container* untuk berbagai macam cairan dan padatan, peralatan pertambangan, kimia, makanan, dan industri farmasi (Sumarji, 2011).

Stainless Steel merupakan jenis logam yang paling umum digunakan karena memiliki kombinasi sifat mekanik yang paling bagus dan ketahanan terhadap korosi. Paduan SS 304 dan SS 304L adalah austenitik SS yang sangat umum digunakan. SS 304L digunakan sebagai material pertahanan dan bidang nuklir karena ketahanan korosi pada lingkungan air laut yang sangat bagus. Sifat seperti itu dikarenakan memiliki kandungan *molybdenum* untuk mencegah korosi karena unsur klorida.

Selain itu kandungan karbon yang rendah dapat meningkatkan ketahanan pada korosi batas butir (*intergranular corrosion*). Rendahnya kadar karbon *Stainless Steel 304* sebesar 0,03 wt% menyebabkan sedikit presipitasi karbida yang terbentuk.

Hal tersebut membuat SS 304 L cocok untuk pengelasan dan digunakan sebagai aplikasi pembangkit tenaga (power plant)(Setyowati dan Widodo , 2017).

Komposisi kimia pada material sangat berkaitan dengan sifat mekanik bahan, semakin banyak kandungan kimia atau unsur-unsur yang terkandung pada material maka akan semakin besar sifat mekanik yang dihasilkan pada saat proses pengujian kekuatan sifat mekanik berlangsung.

Adapun Komposisi kandungan unsur kimia yang terdapat pada material *stainless steel* yang bertipe 304 dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komposisi kimia *Stainless Steel* 304 (Huang dkk, 2019)

Elemen Kimia	Massa (%)
C	0,043
Kr	19,56
Ni	9,66
Mo	0,89
MN	0,054
Ya	0,05
Cu	0,002
P	0,027
S	0,01
N	0,014
Fe	Balance

Pada komposisi kimia (chemical composition) zat-zat yang terkandung pada material *Stainless Steel* 304. Sifat mekanik suatu material biasanya dilihat dari nilai kekuatan tarik, kekerasan, dll. Berikut tabel yang menjelaskan sifat mekanik *Stainless Steel* 304. Dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 *Mechanical Properties Stainless Steel 304*

Yield Strength 0,2 % (Mpa) min	Tensile Strength (Mpa) min	Elongation (% in 50 mm)	Rockwell B (HR B) max	Brinell (HB) max
205	515	40	92	201

sifat fisik material adalah kelakuan atau sifat bahan yang bukan disebabkan oleh pembebanan seperti pengaruh pemanasan, pendinginan dan pengaruh arus listrik yang lebih mengarah pada struktur material.

Sifat fisik dapat diatur dengan serangkaian proses perlakuan fisik, dengan adanya sifat fisik akan membawa penyempurnaan dan pengembangan suatu material. Sifat fisik pada *Stainless Steel* pada Tabel 2.5

Tabel 2. 5 Sifat Fisik *Stainless Steel 304*

Density (Kg/m)	Elastic Modulus (Gpa)	Specific Heat 0-100°C (J/Kg.K)	Electrical Resistiv (n.m)
8000	193	500	720

2.11 Pengujian Tarik

Pengujian kekuatan tarik adalah salah satu cara untuk mengetahui sifat mekanik dari sebuah material menggunakan pengujian tarik atau *tensile strength*, Salah satu hal atau penyebab kegagalan elemen sebuah konstruksi mesin adalah besarnya beban yang bekerja atau mengenai material konstruksi melebihi batas maksimal kekuatan suatu material (Budiman, 2016). Untuk mengetahui seberapa besar beban yang bisa diterima oleh suatu material adalah dengan melakukan pengujian tarik yang nantinya akan dilakukan penarikan pada suatu material yang telah dibentuk menjadi spesimen hingga putus dan nantinya akan menghasilkan kurva yang baik.

Pada sambungan las, karakteristik tarik sangat mempengaruhi sifat dari logam induk, sifat daerah *HAZ*, sifat logam pengisi las, dan karakter dari dinamik sambungan berkaitan erat dengan bentuk dan tegangan dalam sambungan las, Pengujian tarik (*tensile test*) adalah dasar dari pengujian-pengujian mengenai sifat

mekanik maupun fisik suatu bahan, hal ini disebabkan beberapa alasan yaitu (Nofriady dan Peri, 2011).

- a. Mudah dilakukan
- b. Menghasilkan tegangan *uniform* pada batang.
- c. Kebanyakan bahan mempunyai kelemahan untuk menerima beban tarik yang *uniform* pada penampang.

Sifat-sifat dan besarnya yang dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

1. Tegangan tarik maksimum (σ)

Tegangan tarik maksimum (σ) Merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan (fracture).

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (2.1)$$

Dimana: σ = Tegangan tarik maksimum (N/mm²)

P = Beban Maksimum (N)

A₀ = Luas Penampang Mula-mula (mm²)

2. Regangan Maksimum (e)

Regangan maksimum (e) Regangan maksimum dapat menunjukkan pertambahan panjang dari suatu material setelah perpatahan terhadap panjang awalnya (Astamar, 2008).

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

$$e = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana: L_i = Panjang sesudah patah (mm)

L₀ = Panjang mula-mula (mm)

e = Regangan (%)

3. Modulus elastisitas (E)

Modulus elastisitas (E) Merupakan ukuran kekakuan suatu material pada grafik tegangan-regangan. Modulus elastisitas tersebut dapat dihitung dari *slope* kemiringan garis elastik yang linier. ASM (Aerospace Specification Metals). Melalui rumus persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (2.4)$$

Dimana: E = Modulus Elastisitas (Mpa)

σ = Tegangan Maksimum (N/mm²)

e = Regangan (%)

2.12 *Standard Spesimen Uji Tarik*

Standart pengujian tarik yang digunakan adalah *American Society for Testing Material (ASTM) E 8M* sebagai acuan metode pengujian standart pengujian tarik material logam dengan mengambil *standart* detail dari ASTM A370-03 yang merupakan metode pengujian standart untuk pengujian mekanik produk baja karena spesimen yang digunakan adalah baja.

Standar spesimen uji tarik diantaranya yaitu:

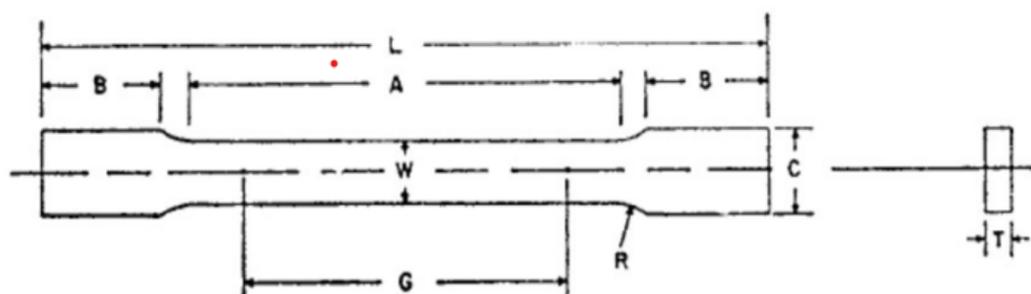
1. *Japan Industrial Standards Committee (JIS)*
2. *American Society For Testing and Material (ASTM)*
3. *Deutsches Intitut Fur Normung (DIN)*
4. *International Standards Organization (ISO)*
5. *British Standards (BS)*
6. *Standar Nasional Indonesia (SNI)*

Spesimen uji tarik terdiri dari berbagai banyak jenis, namun pada laporan ini penulis hanya berfokus pada jenis spesimen yang akan di lakukan untuk diteliti, berikut masing-masing penjelasannya, yaitu:

- a. Spesimen Bentuk pelat (Plate Form)
- b. Spesimen bentuk Silinder (Round Bar Form)
- c. Spesimen Bentuk baja Tulangan beton sirip

2.13 Spesimen Bentuk Pelat (Plate Form)

Spesimen uji harus memenuhi standar dan spesifikasi dari ASTM E8. Bentuk dari spesimen penting karena kita harus menghindari terjadinya patah atau retak pada daerah grip atau yang lainnya. Beban yang diberikan pada bahan yang di uji ditransmisikan pada pegangan bahan yang di uji. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan standart pengujian, Seperti yang dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Spesimen Uji Tarik

Dalam ASTM E8 (Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials) telah diatur mengenai bentuk spesimen uji tarik yang baku. Sebuah spesimen uji tarik harus memiliki spesifikasi tertentu meliputi *Gauge Length* (G), *Width* (W), *Thickness* (T), *Radius* (R), *Over all length* (L), *Length of Reduced* (A), *Length of Grip Section* (B), dan *Width of Grip Section* (C).

Uji tarik ASTM E8 dilakukan pada bahan logam pada suhu kamar. Ini adalah salah satu proses pengujian paling umum pada sampel logam. Standar ini mengacu pada berbagai jenis spesimen, seperti jenis pelat, jenis lembaran, bulat, lembaran, strip, kawat, kawat pipih, pelat, batang, persegi panjang, tabung, penempaan, pengecoran, besi lunak, dan spesimen metalurgi serbuk. Secara umum, jika bisnis telah menentukan jenis sampel yang akan diuji dan dimensi sampel seperti yang ditentukan dalam standar ASTM E8, relatif mudah untuk menentukan kerangka uji yang sesuai.

Dalam ASTM E8 juga diatur dimensi standar dari spesimen uji tarik berbentuk *Plate form*.

Pada spesimen yang panjang bagian tengahnya biasanya lebih kecil luas penampangnya dibandingkan kedua ujungnya, hal ini dilakukan agar patahan terjadi pada bagian tengah. Berikut terdapat ukuran standar spesimen pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Standar Spesimen ASTM E8

Dimensi			
	Standar Dimensi		Spesimen Ukuran Kecil
	Tipe plat, 40mm [1.500 in] lebar	Tipe lembar, 12,5mm [0.500 in] lebar	6 mm [0.250 in] lebar
	mm [in]	mm [in]	mm [in]
G-Panjang penampang	200.0 ± 0.2 [8.00 ± 0.01]	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	25.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.003]
W-Lebar	40.0 ± 2.0 [1.500 ± 0.250]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]
T-Tebal	Ketebalan dari material		
R-Jarak fillet, min	25 [1]	12.5 [0.500]	6 [0.250]
L-Panjang Keseluruhan, min	450 [8]	200 [8]	100 [4]
A-Pengurangan Panjang Penampang, min	225 [9]	57 [2.25]	32 [1.25]
B-Panjang Cekaman, min	75 [3]	50 [2]	30 [1.25]
C-Lebar bagian Cekaman section	50 [2]	20 [0.750]	10 0.375]

2.14 Mesin Uji Tarik

Universal *Testing Machine* adalah sebuah mesin pengujian untuk menguji tegangan tarik dan kekuatan tekan bahan atau material. *Testing Machine* biasanya juga dikenal sebagai Universal Tester, *Materials Testing Machine* atau *Materials Test Frame*. Mesin pengujian ini telah terbukti bahwa ia dapat melakukan tarik banyak standar dan tes kompresi pada bahan, komponen, dan struktur.

Cara penggunaan *Universal Testing Machine* adalah dengan memberikan gaya tekan atau gaya tarik kepada terhadap bahan yang diujikan. Untuk melaksanakan pengujian tekan atau tarik terhadap material, kita memerlukan benda uji yang lainnya. Benda uji itu dipasang pada mesin penguji dengan gaya tekan dan gaya tarik yang akan semakin bertambah besar akhirnya menekan dan menarik pada batang tersebut, maka batang ini akan menjadi pendek atau panjang (Surdia, 1985). *Universal Testing Machine* akan memberikan informasi mengenai seberapa besar pengukuran yang akan diuji terhadap bahan sehingga standarisasi yang diinginkan dapat tercapai dengan sempurna. Adapun alat uji tarik dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Mesin Uji Tarik

2.15 Kekerasan Material

Daerah pengelasan cenderung lebih getas (brittle) dibandingkan logam dasar (base metal), karena pada daerah tersebut akan mengalami perubahan ukuran butir yang akan menyebabkan material mengalami peningkatan kekerasan (hardness) karena kekerasan material di pengaruhi oleh besar kecilnya ukuran butir, semakin kecil atau halus ukuran butir maka akan semakin baik keuletannya sedangkan semakin besar ukuran butir maka akan semakin meningkat kekerasannya. (Indrayani dkk., 2020).

Kekerasan (Hardness) adalah salah satu sifat mekanik (Mechanical properties) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gaya gesekan (frictional force) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri 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 bentuknya semula.

2.16 Uji Kekerasan (Hardness Test)

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan logam terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen. Untuk para insinyur perancang, kekerasan sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam

Uji kekerasan adalah pengujian nilai kekerasan dari suatu material, yang mana pengujian ini dapat kita ketahui gambaran sifat mekanis dari suatu material atau bahan. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja. Nilai kekerasan akan memastikan, menggambarkan kekuatan dari suatu material tersebut. Dengan melakukan uji keras material tersebut, kita dapat mengetahui kekerasan, kekuatan dan sifat material: Getas, Kelenturan dan untuk analisa material lanjutan seperti kondisi struktur mikro dari logam material itu sendiri.

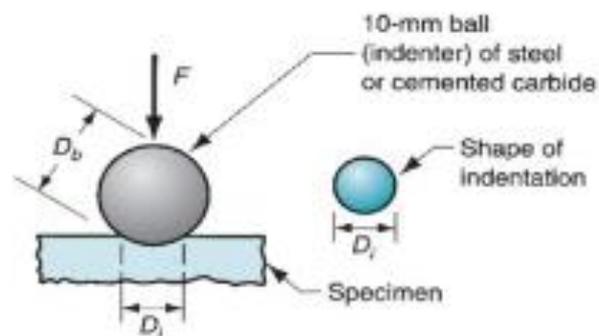
Tujuan dari uji kekerasan ini yaitu untuk mengukur tingkat ketahanan material terhadap deformasi plastik. Nilai dari pengujian ini tentunya akan sangat membantu untuk menentukan dan menganalisa kualitas material yang digunakan pada setiap jenis industri.

Kekerasan didefinisikan Sebagai ketahanan suatu material terhadap indentasi atau penetrasi permanen akibat beban dinamis atau statis. Sifat kekerasan dapat diuji dengan berbagai metode seperti *Vickers*, *Rockwell*, *Brinnell* dan *Knoop*.

Pengujian ini dapat dikategorikan berdasarkan sasaran material yang akan diuji, yaitu:

- a. Mengukur kekerasan suatu material digunakan pengujian kekerasan *Brinell*, *Rockwell* dan *Vickers*.
- b. Untuk mengukur kekerasan fasa pada struktur mikro atau lapisan tipis dari suatu material digunakan *micro hardness test*.

Pada penelitian ini, pengujian kekerasan yang digunakan adalah metode *Brinell*. Pengujian kekerasan dengan metode *Brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian *Brinell* diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf. Identor (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten. Metode *Brinell* terdapat pada Gambar 2.17.



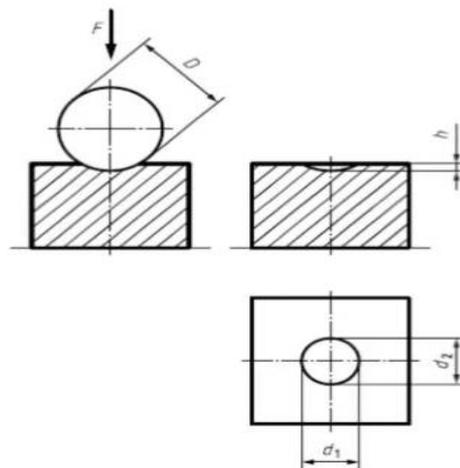
Gambar 2. 17 Metode *Brinell*

Cara ini dilakukan dengan jalan membebani permukaan material melalui indikator bola baja selama ± 20 detik meninggalkan jejak yang timbul bola diukur dimatinya dengan mikroskop tahanan permukaan yang diberikan oleh material terhadap tekanan bola baja adalah kekerasan dari logam tersebut.

Besarnya P tergantung dari bahan yang akan diuji, untuk baja $P D^2 = 30$ dan untuk logam-logam lunak digunakan $P D^2 = 5$. Diameter penekanan diukur dengan teliti dengan sebuah mikroskop. Kekurangan dari alat ini adalah bahwa bola baja mempunyai kekerasan terbatas hingga logam yang kekerasannya lebih tinggi tidak dapat diuji dengan cara ini, karena justru bola baja yang akan mengalami deformasi.

Penulisan nilai *Hardness Brinell* harus diikuti dengan simbol HBW atau HBS. dan jika diameter indenter dan beban yang digunakan tidak standar maka harus diikuti oleh kondisi pengujian yang meliputi diameter indenter yang digunakan, beban dan dwell time, jika waktu yang digunakan saat pembebanan di luar 10-15 detik.

Indenter bola karbida tungsten harus digunakan apabila material yang di uji memiliki kekerasan *Brinell* antara 451-650 BHN. Pengujian yang standar dilakukan dengan menggunakan diameter 10 mm bola baja atau karbida tungsten dengan beban 3000 kgf untuk logam keras, beban 1500 kgf untuk logam pertengahan, dan beban 500 kgf serta lebih rendah untuk material lunak. Prinsip kerja pada uji *Brinell* pada Gambar 2.18.



Gambar 2. 18 Prinsip Kerja *Brinell*

Indenter selain diameter 10 mm bisa digunakan, misal 5 mm, 2,5 mm dan 1 mm. Jika menggunakan diameter indenter selain 10 mm maka beban harus disesuaikan mengikuti formula $P D^2 = \text{konstan}$. Nilai konstanta tergantung dengan material yang di uji, 30 digunakan untuk baja dan paduannya, 10 digunakan untuk tembaga dan paduannya dan 5 digunakan untuk aluminium dan paduannya.

Nilai hardness Brinell (BHN/HBW/HBS) dapat dihitung sebagai:

$$HBS = \frac{2Fkgf}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2.5)$$

Dimana: F = gaya tekan (kgf)
D = diameter Indentor (mm)
d = diameter indentasi (mm).

HBW berarti *hardness Brinell* dengan indenter karbida tungsten, jika indenter yang digunakan bola baja (steel ball) maka kekerasan dinyatakan dengan HBS, atau secara umum biasanya dinyatakan dengan BHN. Jika diameter indenter yang digunakan, beban dan *dwel time*, jika waktu yang digunakan saat pembebanan diluar 10-15 detik.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Malikussaleh dan Politeknik Negeri Lhokseumawe, Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat berdasarkan tahapannya. Berikut Tabel 3.1 ialah Tempat Kegiatan Penelitian:

Tabel 3. 1 Tempat Kegiatan Penelitian

Tempat	Kegiatan
Politeknik Negeri Lhokseumawe	Pengelasan benda Kerja <i>Stainless Steel</i> 304 menggunakan las TIG dan Pengujian uji tarik (Tensile test)
Laboratorium Teknik Mesin Universitas Malikussaleh	Pemotongan Material <i>Stainless Steel</i> 304
Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan	Pengujian kekerasan (Hardness Test)

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian yang dilakukan kurang lebih selama 6 bulan dengan rincian yang ditampilkan pada Tabel 3.2:

Tabel 3. 2 Tahapan Waktu Penelitian

No.	Tahapan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1.	Studi Literatur						
2.	Pembuatan Proposal						
3.	Seminar Proposal Penelitian						
4.	Tahap Penelitian						
5.	Analisa Data dan Penulisan Laporan						
6.	Seminar Hasil dan Sidang Akhir						

3.2 Bahan dan Peralatan

Untuk mendukung dalam penelitian ini maka diperlukan bahan dan peralatan pengujian. Berikut bahan dan peralatan yang digunakan:

3.2.1 Bahan

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Stainless Steel* 304. Jenis material yang digunakan pada penelitian ini berbentuk pelat dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 20 mm, dan tebal plat 5 mm kemudian dipotong dan dibentuk menjadi spesimen uji tarik mengikuti standar ASTM E-8.

Jumlah spesimen pada pengujian ini adalah 15 spesimen, menggunakan kampuh v

- a. Kampuh V 40° dengan debit aliran gas pelindung 8 L/menit
- b. Kampuh V 40° dengan debit aliran gas pelindung 13 L/menit
- c. Kampuh V 40° dengan debit aliran gas pelindung 18 L/menit

3.2.2 Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Peralatan Penelitian

No	Peralatan	Jumlah
1	Mesin las TIG	1
2	Gerinda	1
3	Amplas	1
4	Jangka sorong	1
5	Penggaris	1
6	Bevel (pengukur sudut)	1
7	Kikir	1
8	Alat uji tarik	1

3.3 Variabel Penelitian

Yang menjadi variabel dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan variabel tetap. Kedua variabel tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang faktornya diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh yang disebabkan oleh variabel bebas. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi debit aliran gas pelindung.

b. Variabel Tetap

Variabel tetap adalah variabel yang konstan dan tidak berubah. Variabel yang akan digunakan adalah pengelasan TIG dengan menggunakan kampuh V tunggal, material *Stainless Steel* 304 dengan pengujian uji tarik pada hasil sambungan lasan.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Proses Pengelasan

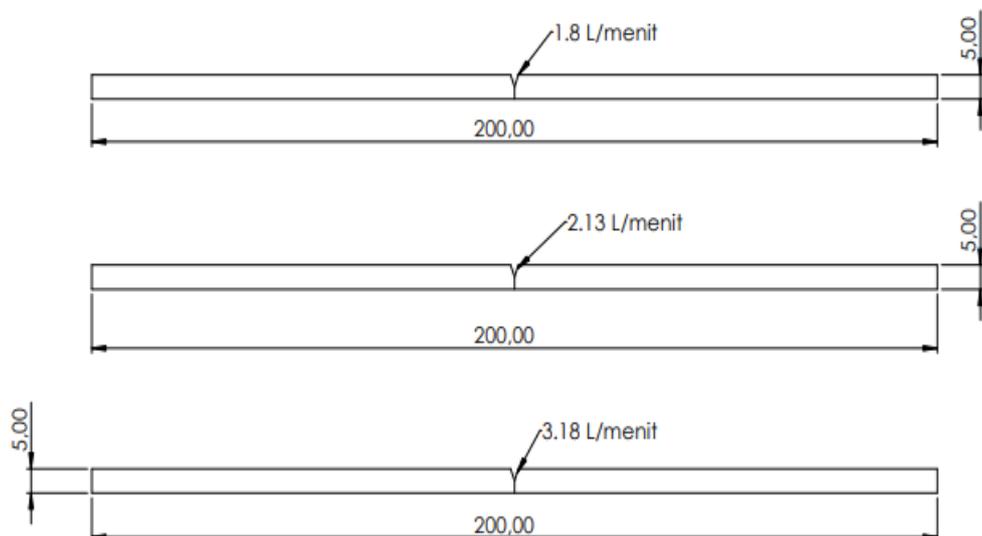
Langkah – langkah yang dilaksanakan dalam proses metode pengelasan TIG adalah sebagai berikut:

Langkah – langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan mesin las TIG
2. Mempersiapkan 2 buah plat baja *Stainless Steel* 304 dengan satu sisi plat yang telah di *bevel* 40° dengan debit aliran gas 8 L/menit, 2 buah plat baja *Stainless Steel* 304 dengan satu sisi plat yang telah di *bevel* 40° dengan debit aliran gas 13 L/menit, dan 2 buah plat baja *Stainless Steel* 304 dengan satu sisi plat yang telah di *bevel* 40° dengan debit aliran gas 18 L/menit.
3. Pastikan kabel utama pesawat las sudah terpasang dengan benar pada sumber listrik. Pada saat pemasangan kabel utama pada sumber arus kondisi pesawat las harus dalam kondisi *off*.
4. Lakukan pengecekan terhadap:
 - a. Saluran pendingin.
 - b. Tekanan gas
 - c. Volume campuran gas
5. Setel besar arus, misal 110 amper
6. Setel aliran gas pelindung 8 liter/menit, 13 liter/menit, 18 liter/menit.

7. Pakailah alat keselamatan kerja, seperti helm, kaca mata, sarung tangan dan baju las.
8. Siapkan benda kerja pada meja kerja
9. Jepitkan tang massa pada benda kerja atau meja kerja dengan kencang
10. Lakukan pembangkitan busur awal dengan menggosokkan ujung elektroda tungsten pada benda kerja (Striking Of Arc), hingga mendapat kan busur yang stabil, untuk mendapatkan busur yang stabil maka jarak ujung elektroda dan permukaan benda kerja di tahan pada 1,5 mm hingga 3 mm. Pegaturan jarak ini juga berlaku untuk semi otomatis atau otomatis penuh.
11. Posisi *torch* di tahan pada sudut 60-85 derajat, kemudian logam pengisi di umpan dari luar dengan gerakan melingkar memenuhi kampuh las membentuk rigi-rigi las.

Debit aliran gas pelindung yang digunakan pada penelitian ini adalah 8 liter/menit, 13 liter/menit, 18 liter/menit jenis gas pelindung yang digunakan adalah Argon. Spesimen Pengelasan ini menggunakan variasi debit aliran gas pelindung dapat dilihat pada Gambar 3.1.



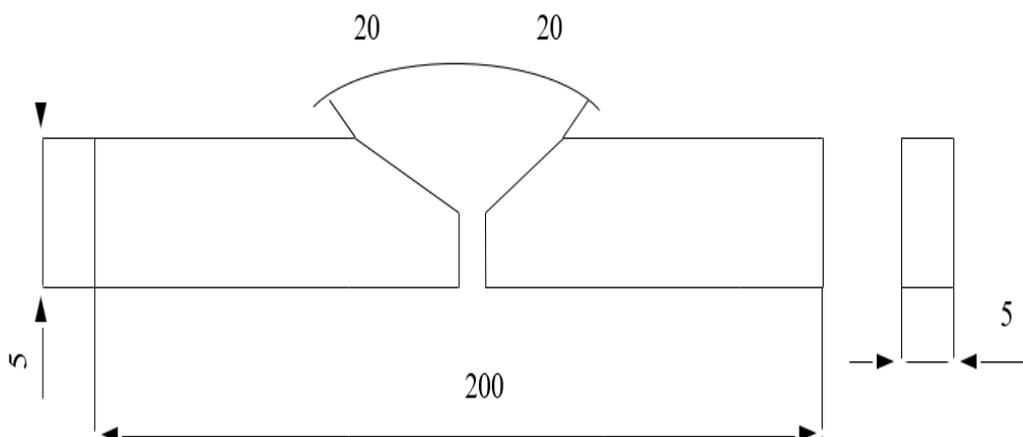
Gambar 3. 1 Spesimen Penelitian

3.4.2 Pembuatan Spesimen Uji Tarik

Spesimen uji tarik mengacu pada standar ASTM E8, yang nantinya akan diuji tarik. Spesimen yang sudah dilakukan pengelasan dengan variasi debit aliran

gas pelindung dengan besar debit aliran 8 L/menit, 13 L/menit, 18 L/menit. Selanjutnya dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui nilai kekuatan tarik pada spesimen tersebut. Spesimen uji tarik memiliki ukuran Panjang 200 mm, lebar 20 mm, dan tebal 5 mm. Setiap variasi sudut kampuh mempunyai jumlah spesimen untuk uji tarik berjumlah 5 spesimen. Jumlah spesimen yang harus dipersiapkan sebanyak 15 spesimen untuk tiga variasi debit aliran gas pelindung.

Adapun cara pembuatan spesimen mengacu pada standar ASTM E8 untuk pengujian tarik. Sebelumnya kampuh yang digunakan pada penelitian ini ialah dengan jenis kampuh V tunggal dengan sudut kampuh 40° , dan jenis material yang digunakan penelitian ini ialah *Stainless Steel 304*. Pengelasan Menggunakan sudut kampuh V tunggal dilihat pada Gambar 3.2.



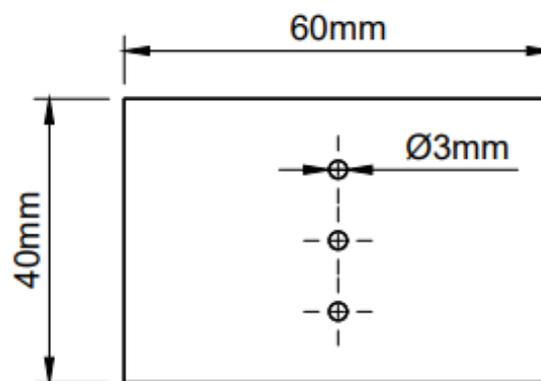
Gambar 3. 2 Kampuh V Tunggal

Setelah proses pengelasan selesai maka dilanjutkan pembuatan spesimen tersebut yang nantinya akan diuji tarik, langkah – langkah adalah sebagai berikut:

1. Meratakan alur hasil pengelasan dengan mesin frais.
2. Bahan dipotong potong dengan ukuran panjang 200 mm dan lebar 20 mm.
3. Membuat gambar pada kertas yang agak tebal atau mal mengacu ukuran standar ASTM E8.
4. Gambar atau mal ditempel pada bahan selanjutnya dilakukan pengefraisan sesuai bentuk gambar dengan menggunakan pisau frais diameter 60 mm.

3.4.4 Pembuatan Spesimen Uji Kekerasan Brinell

Spesimen uji kekerasan *Brinell* ini mengacu pada standar ASTM E10, dengan ketebalan spesimen 5 mm. Diameter bola indenter yang digunakan adalah 2,5 mm sehingga diameter dari tekukan pada penelitian adalah 1,5 mm. Lebar dari spesimen pada uji kekerasan *Brinell* adalah 40 mm dan panjang 60 mm. Spesimen uji kekerasan *Brinell* ASTM E10 pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Spesimen uji kekerasan *Brinell* ASTM E10

3.4.5 Pengujian Kekerasan Brinell

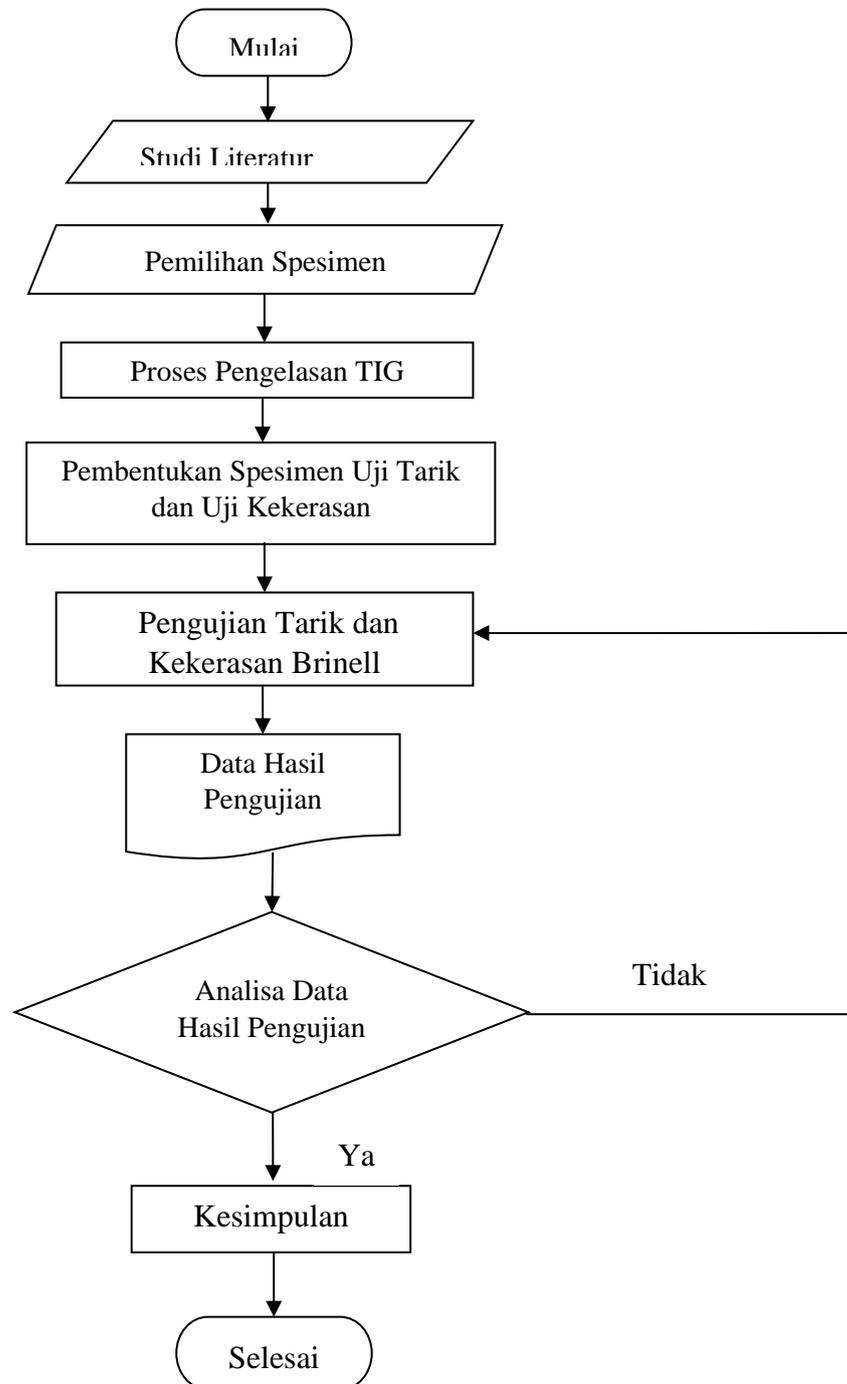
Langkah yang dilakukan dalam pengujian pada mesin uji kekerasan *brinell* adalah:

1. Persiapan material uji yang meliputi mempersiapkan bagian pada benda uji yang akan di beri pembebanan
2. Mempersiapkan indenter pada mesin *Hardness* dengan diameter indenter 2,5 mm
3. Mengatur besar pembebanan sebesar 62,5 Kgf
4. Mengatur pengaturan mesin *Hardness* pada *Brinell* dengan memindah posisi *handle* yang ada
5. Meletakkan spesimen uji pada mesin *hardness*
6. Melakukan proses pemberian beban pada benda uji dengan cara mendekatkan indenter pada benda uji, lalu *handle* dilepas sehingga indenter yang berupa bola baja menekan permukaan benda uji. Proses ini dilakukan selama 10-20 detik

7. Mengulangi langkah nomor 6 pada 2 titik berikutnya
8. Melakukan pengamatan diameter bekas penekanan indenter yang terdapat pada spesimen uji dengan menggunakan lensa dengan pembesaran 70x pada ketiga titik yang telah dilakukan uji *hardness Brinell*
9. Melakukan pengukuran besar diameter bekas indenter pada spesimen uji dengan cara diukur pada kedua sisi lingkaran yang tertera pada layar *Hardness Machine*
10. Dilakukan proses pencatatan diameter (d_1 dan d_2) pada ketiga titik bekas indenter pada spesimen uji.

3.4.6 Flowchart Prosedur Penelitian

Adapun Diagram alir penelitian penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3. 5 Prosedur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengelasan

Hasil dari Penelitian maka dapat dianalisa pengaruh variasi aliran gas pelindung yang digunakan pada proses pengelasan TIG terhadap kekuatan Tarik dan kekerasan material pada plat *stainless steel* 304. Hasil dari pengelasan yang dilakukan dengan variasi aliran gas pelindung. Adapun ukuran aliran gas pelindung 8 Liter/menit dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Ukuran Spesimen Pengelasan Ukuran gas 8 Liter/menit

No Spesimen	Ukuran Gas 8 Liter/menit		
	Panjang awal (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
1	200	20	5
2	200	20	5
3	200	20	5
4	200	20	5
5	200	20	5

Spesimen hasil dari pengelasan pada variasi aliran gas pelindung 8 Liter/menit dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Hasil Pengelasan aliran gas pelindung 8 Liter/menit

Berikut adalah ukuran dimensi spesimen aliran gas pelindung 13 Liter/menit dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Ukuran Spesimen Pengelasan Ukuran gas 13 Liter/menit

No Spesimen	Ukuran Gas 13 L/menit		
	Panjang awal (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
1	200	20	5
2	200	20	5
3	200	20	5
4	200	20	5
5	200	20	5

Spesimen hasil dari pengelasan pada variasi aliran gas pelindung 13 Liter/menit dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut:



Gambar 4.2 Hasil Pengelasan aliran gas pelindung 13 Liter/menit

Adapun dimensi spesimen hasil pengelasan aliran gas pelindung 18 Liter/menit dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Ukuran Spesimen Pengelasan Ukuran gas 18 Liter/menit

No Spesimen	Ukuran Gas 18 Liter/menit		
	Panjang awal (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
1	200	20	5
2	200	20	5
3	200	20	5
4	200	20	5
5	200	20	5

Spesimen hasil dari pengelasan pada variasi aliran gas pelindung 18 Liter/menit dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut:



Gambar 4. 3 Hasil Pengelasan aliran gas pelindung 18 Liter/menit

Data pada Saat proses pengelasan meliputi arus pengelasan dan aliran gas argon yang digunakan pada pengelasan karena parameter tersebut adalah dasar suatu proses pengelasan agar menghasilkan pengelasan yang baik, dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut:

A. Perhitungan gas parameter gas pelindung 8 liter/menit

$$\begin{aligned} V &= Q \times t \\ &= 8 \text{ liter} \times 7 \text{ menit} \\ &= 56 \text{ Liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{56 \text{ liter}}{7 \text{ menit}} \\ &= 8 \text{ liter/menit.} \end{aligned}$$

B. Perhitungan gas parameter gas pelindung 13 liter/menit

$$\begin{aligned} V &= Q \times t \\ &= 13 \text{ liter} \times 9 \text{ menit} \\ &= 117 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{117 \text{ liter}}{9 \text{ menit}} \\ &= 13 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

C. Perhitungan gas parameter gas pelindung 18 liter/menit

$$\begin{aligned} V &= Q \times t \\ &= 18 \text{ liter} \times 10 \\ &= 180 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{180 \text{ liter}}{10 \text{ menit}} \\ &= 18 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

Tabel 4. 4 Data arus Pengelasan TIG

Aliran Gas Pelindung (L/menit)	Sudut Kampuh	Kuat Arus (A)
8 Liter/menit	40°	100
13 Liter/menit	40°	100
18 Liter/menit	40°	100

4.2 Data Pengujian Spesimen Menggunakan Uji Tarik

Spesimen yang telah dilakukan pengelasan TIG pada material Stainless Steel 304 menggunakan elektroda Er 309 L dan telah dibentuk standar ASTM E8 untuk proses pengujian tarik selanjutnya dilakukan proses pengujian tarik.

Setelah dilakukan pengujian kemudian data-data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian tarik aliran gas 8Liter/menit

No Spesimen	Luas Penampang (mm ²)	Pertambahan Panjang (mm)	Panjang Akhir (mm)	Beban Maksimum (Kgf)
1	100	30	230	3865
2	100	38	238	4479
3	100	35	235	4626
4	100	40	240	4487
5	100	34	234	4462

Setelah dilakukan pengujian Tarik, hasil patahan yang terjadi pada spesimen dengan aliran gas pelindung 8 Liter/menit berada pada daerah material yang lemah terhadap perlakuan proses pengelasan dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut:



Gambar 4. 4 Patahan setelah dilakukan uji tarik aliran gas 8 Liter/menit

Setelah dilakukan pengujian kemudian data-data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut

Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian tarik aliran gas 13 Liter/menit

No Spesimen	Luas Penampang (mm ²)	Pertambahan Panjang (mm)	Panjang Akhir (mm)	Beban Maksimum (Kgf)
1	100	42	242	4836
2	100	39	239	4736
3	100	36	236	4504
4	100	33	233	4570
5	100	39	239	4632

Patahan yang terjadi pada spesimen dengan variasi aliran gas pelindung 13 Liter/menit dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut:



Gambar 4.5 Patahan setelah dilakukan uji tarik aliran gas 13 Liter/menit

Setelah dilakukan pengujian kemudian data-data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian tarik aliran gas 18 Liter/menit

No Spesimen	Luas Penampang (mm ²)	Pertambahan Panjang (mm)	Panjang Akhir (mm)	Beban Maksimum (Kgf)
1	100	39	239	4915
2	100	40	240	4954
3	100	39	239	4881
4	100	41	241	4991
5	100	33	233	4612

Patahan yang terjadi pada spesimen dengan variasi aliran gas pelindung 18 Liter/menit dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut:



Gambar 4. 6 Patahan setelah dilakukan uji tarik aliran gas 18 Liter/menit

4.2.1 Perhitungan Nilai Tegangan Tarik

Dalam menghitung nilai tegangan tarik yang terjadi pada spesimen dapat menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P}{A_0} \\ \sigma &= \frac{394,3 \text{ N}}{100 \text{ mm}^2} \\ &= 39,43 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

4.2.2 Perhitungan Nilai Regangan

Dalam perhitungan nilai regangan yang terjadi pada spesimen dapat menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$e = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$e = \frac{230 \text{ mm} - 200 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 0,15$$

4.2.3 Perhitungan Nilai Modulus Elastisitas

Dalam menghitung modulus elastisitas yang terjadi pada spesimen dapat menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut:

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

$$E = \frac{39,43 \text{ N}}{0,15}$$

$$= 2628 \text{ Mpa}$$

Untuk perhitungan spesimen selanjutnya dapat dilihat pada lampiran. Pada Tabel 4.6 dapat dilihat hasil perhitungan uji tarik material *Stainless Steel* 304 dengan pengelasan TIG menggunakan elektroda tipe dan kawat las pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit sebagai berikut:

Tabel 4.8 Data hasil perhitungan uji tarik aliran gas 8 Liter/menit

No Spesimen	Tegangan Tarik (N/mm ²)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (Mpa)
1	39,43	0,15	2628
2	45,70	0,19	2405
3	47,20	0,175	2697
4	45,78	0,20	2289
5	45,53	0,17	2572
Rata-rata	44,728	0,177	2518,2

Hasil perhitungan uji tarik material *Stainless Steel* 304 dengan pengelasan TIG menggunakan elektroda tipe dan kawat las pada variasi aliran gas pelindung 13 Liter/menit dapat dilihat pada Tabel 4.9 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Data hasil perhitungan uji tarik aliran gas 13 Liter/menit

No Spesimen	Tegangan Tarik (N/mm ²)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (Mpa)
1	49,34	0,21	2349
2	48,32	0,195	2477
3	45,96	0,18	2553
4	46,63	0,165	2826
5	47,26	0,195	2423
Rata-rata	47,502	0,189	2525,6

Hasil Perhitungan uji tarik material Stainless Steel 304 dengan pengelasan TIG menggunakan elektroda tipe dan kawat las pada variasi aliran gas pelindung 18 Liter/menit dapat dilihat pada Tabel 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.10 Data hasil perhitungan uji tarik aliran gas 18 Liter/menit

No Spesimen	Tegangan Tarik (N/mm ²)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (Mpa)
1	50,15	0,195	2571
2	50,55	0,20	2527
3	49,80	0,195	2553
4	50,93	0,205	2484
5	47,06	0,165	2852
Rata-rata	49,698	0,192	2597,4

4.3 Data Pengujian Spesimen Menggunakan Uji Kekerasan Brinell

Spesimen Yang telah dilakukan pengelasan TIG pada material *Stainless Steel* 304 menggunakan elektroda dan kawat las dan telah dibentuk standar ASTM E10 untuk proses pengujian kekerasan *Brinell* selanjutnya dilakukan proses pengujian kekerasan *Brinell*.

Pada pengujian Brinell ini menggunakan skala HBW dengan bola baja indenter berdiameter 5 mm dan beban (test load) 125 KgF. Pengujian dilakukan pada daerah hasil pengelasan.

Setelah dilakukan pengujian kemudian data-data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11 Data hasil pengujian kekerasan *brinell*

Nomor Pengujian	Aliran Gas Pelindung (Liter/menit)		
	8 Liter/menit	13 Liter/menit	18 Liter/menit
1	97,890	108,730	101,610
2	101,278	103,635	108,048
3	99,967	104,150	110,454
Rata-rata	99,712	105,522	106,704

Setelah dilakukan pengujian kekerasan *Brinell*, dapat dilihat spesimen pengujian pada Gambar 4.7 berikut ini:



Gambar 4. 7 Spesimen pengujian Kekerasan

4.3.1 Pengujian Nilai Kekerasan *Brinell*

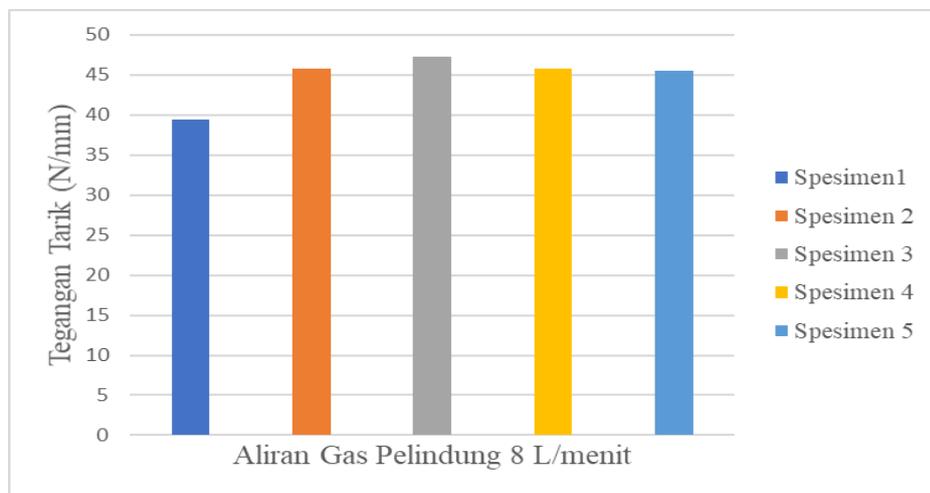
Dalam menghitung nilai kekerasan Brinell pada spesimen menggunakan persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$HBS = \frac{2Kgf}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$\begin{aligned}
 \text{HBS} &= \frac{2(125 \text{ Kgf})}{(3,14 \times 5 \text{ mm}) (5 \text{ mm} - \sqrt{(5 \text{ mm})^2 - (1,242)})} \\
 &= \frac{250 \text{ kgF}}{15,7 \text{ mm} \times 0,157 \text{ mm}} \\
 &= 101,610 \text{ HBW}
 \end{aligned}$$

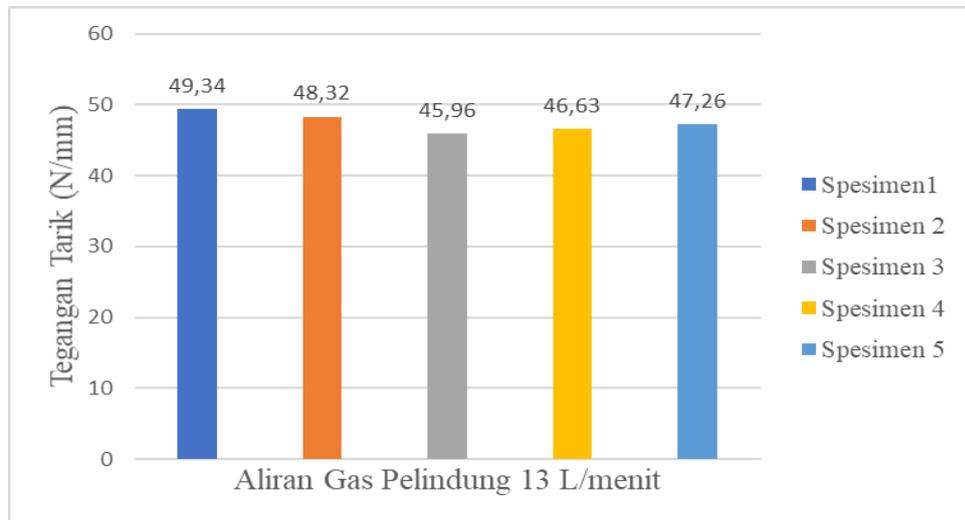
4.4 Hasil Perhitungan Nilai Tegangan Tarik Pada Aliran Gas Pelindung

Setelah dilakukan perhitungan nilai tegangan tarik pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit dapat dilihat perbandingan yang terjadi pada setiap aliran gas pelindung pengelasan dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut:



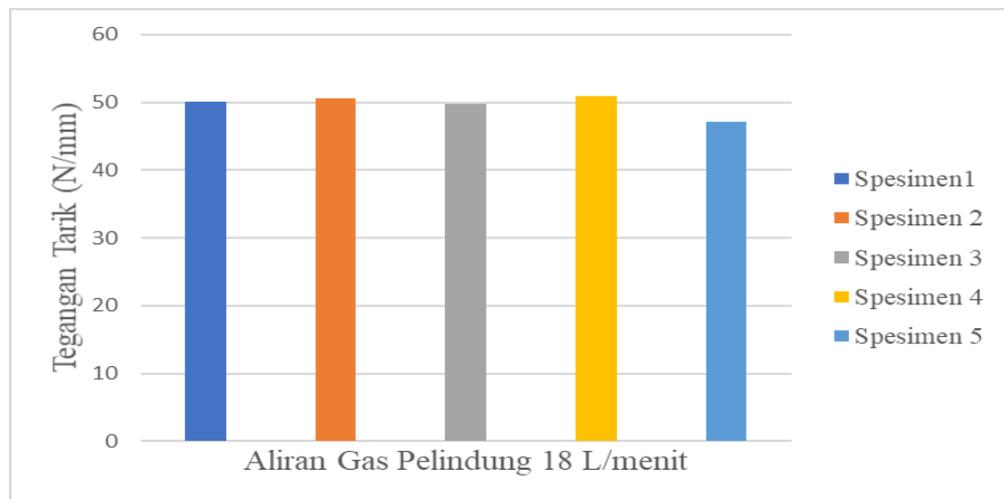
Gambar 4. 8 nilai tegangan tarik pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit

Dari gambar 4.8 diatas dapat dilihat bahwa nilai tegangan tarik pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit dengan nilai kekuatan tarik pada spesimen satu = 39,43 N/mm², spesimen dua = 45,70 N/mm², spesimen tiga = 47,20 N/mm², spesimen empat = 45,78 N/mm², dan spesimen lima = 45,53 N/mm²



Gambar 4.9 nilai tegangan tarik pada aliran gas pelindung 13 Liter/menit

Nilai tegangan tarik pada aliran gas pelindung 13 Liter/menit dengan nilai kekuatan tarik pada spesimen satu = $49,34 \text{ N/mm}^2$, spesimen dua = $48,32 \text{ N/mm}^2$, spesimen tiga = $45,96 \text{ N/mm}^2$, spesimen empat = $46,63 \text{ N/mm}^2$, dan spesimen lima = $47,26 \text{ N/mm}^2$

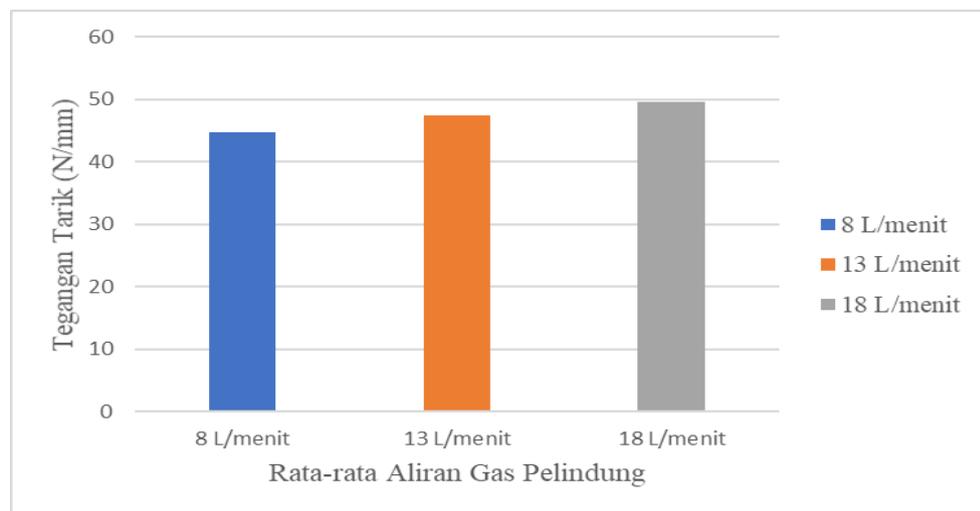


Gambar 4.10 nilai tegangan tarik pada aliran gas pelindung 18 Liter/menit

Selanjutnya Gambar 4.10 grafik nilai tegangan tarik pada aliran gas pelindung 18 L/menit menghasilkan nilai kekuatan tarik pada spesimen satu = $50,15 \text{ N/mm}^2$, spesimen dua = $50,55 \text{ N/mm}^2$, spesimen tiga = $49,80 \text{ N/mm}^2$, spesimen empat = $50,93 \text{ N/mm}^2$, dan spesimen lima = $47,06 \text{ N/mm}^2$.

4.4.1 Perbandingan Hasil Tegangan Tarik Terhadap Aliran Gas Pelindung

Adapun dari hasil perbandingan tegangan tarik pada variasi aliran gas pelindung pengelasan dapat dilihat pada Gambar 4.11.



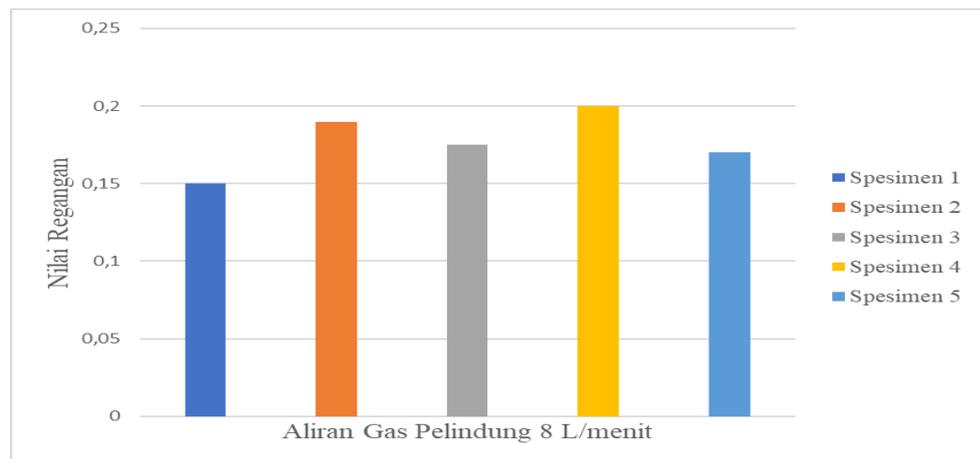
Gambar 4.11 Grafik Nilai Rata-rata Tegangan Tarik aliran gas pelindung

Dari Gambar 4.11 hasil pengujian bahwa diantar kelima spesimen dengan variasi aliran gas pelindung, nilai tegangan tarik yang didapat dari spesimen variasi aliran gas pelindung 8 Liter/menit dengan nilai rata-rata 44,72 N/mm², sedangkan nilai tegangan tarik spesimen yang didapat dengan variasi aliran gas pelindung 13 Liter/menit dengan nilai rata-rata 47,50 N/mm², dan nilai tegangan tarik spesimen didapat dengan variasi aliran gas pelindung 18 Liter/menit dengan nilai rata-rata 49,69 N/mm². Dapat dijelaskan bahwa diantara ketiga variasi aliran gas pelindung ini nilai tegangan tarik tertinggi terdapat pada spesimen las menggunakan aliran gas pelindung 18 Liter/menit dengan nilai rata-rata 49,69 N/mm², nilai ini sedikit berbeda nilai pada variasi aliran gas pelindung lainnya, sedangkan nilai tegangan tarik terendah terdapat pada spesimen las menggunakan variasi aliran gas pelindung 8 Liter/menit dengan nilai rata-rata 44,72 N/mm². Dari gambar grafik hasil pengujian tarik diatas menunjukkan hasil pengujian tarik yang bervariasi, ini menjelaskan bahwa pada daerah lasan memiliki kekuatan yang baik dan buruk dibuktikan dengan bentuk patahan tidak terjadi pada lasan, hal ini menunjukkan

kekuatan yang optimal dimana penggunaan variasi aliran gas pelindung memiliki pengaruh yang baik yang diharapkan.

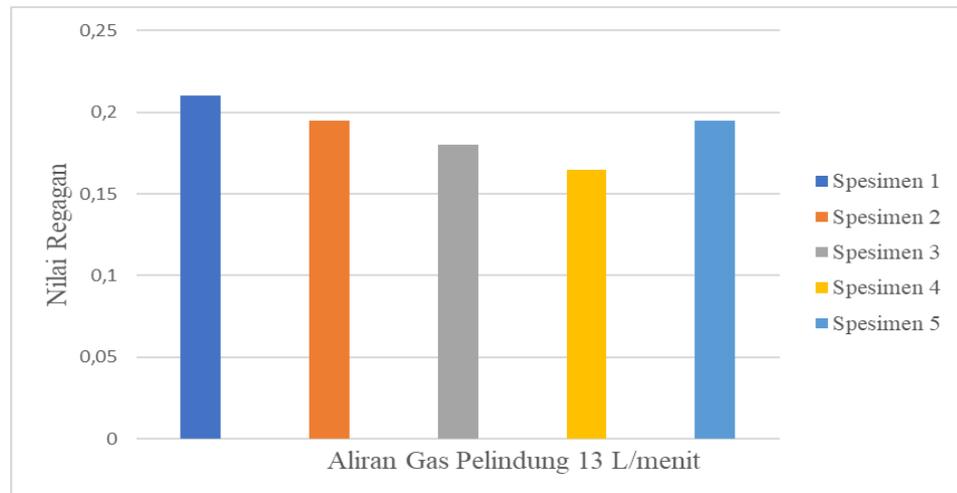
4.5 Hasil Perhitungan Nilai Regangan Pada Aliran Gas Pelindung

Setelah dilakukan perhitungan nilai regangan pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit dapat dilihat perbandingan yang terjadi pada setiap aliran gas pelindung pada Gambar 4.9 berikut:



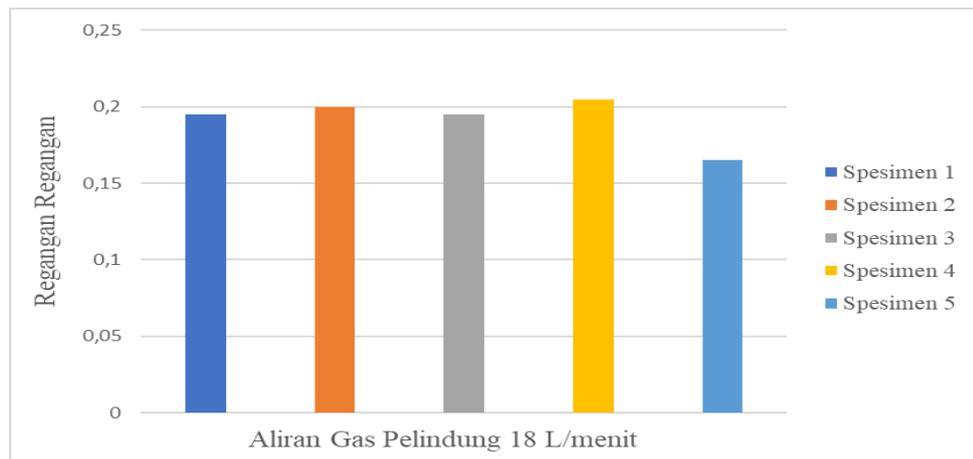
Gambar 4.12 nilai regangan tarik pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit

Dari grafik Gambar 4.9 dijelaskan bahwa nilai regangan pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit dengan nilai pada spesimen satu = 0,15 spesimen dua = 0,19 , spesimen tiga = 0,17 , spesimen empat = 0,20 , dan spesimen lima = 0,17, adapun nilai regangan tertinggi pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit pada spesimen terdapat pada spesimen ke empat dengan nilai sebesar 0,20 mm dan nilai regangan terendah pada spesimen satu dengan nilai sebesar 0,15 mm.



Gambar 4.13 Nilai regangan tarik pada aliran gas pelindung 13 Liter/menit

Regangan yang terjadi pada aliran gas pelindung 13 Liter/menit dengan nilai pada spesimen satu = 0,21 spesimen dua = 0,195, spesimen tiga = 0,18, spesimen empat = 0,165, dan spesimen lima = 0,195, adapun nilai regangan tertinggi pada aliran gas pelindung 13 Liter/menit pada spesimen terdapat pada spesimen ke satu dengan nilai sebesar 0,21 mm dan nilai regangan terendah pada spesimen ketiga dengan nilai sebesar 0,18 mm.



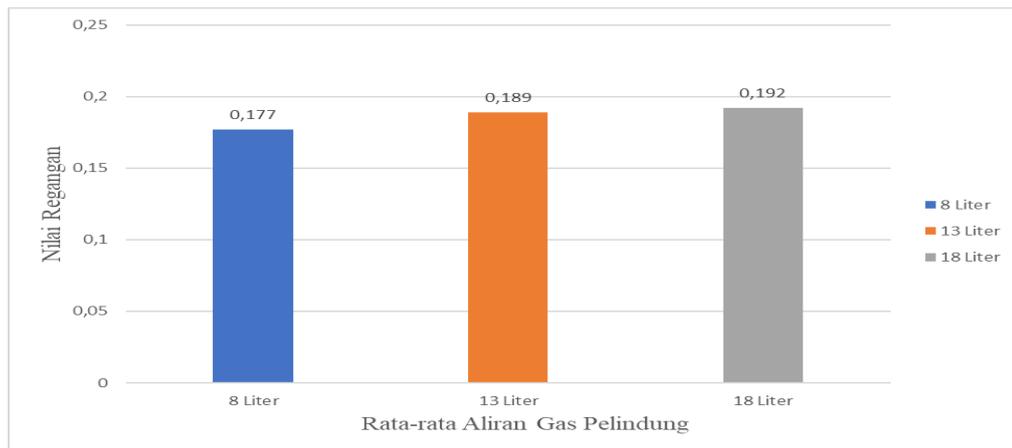
Gambar 4.14 Nilai regangan tarik pada aliran gas pelindung 18 Liter/menit

Sedangkan nilai regangan pada aliran gas pelindung 18 Liter/menit dengan nilai pada spesimen satu = 0,195 spesimen dua = 0,20, spesimen tiga = 0,195, spesimen empat = 0,205, dan spesimen lima = 0,165, adapun nilai regangan tertinggi pada aliran gas pelindung 18 Liter/menit pada spesimen terdapat pada

spesimen ke empat dengan nilai sebesar 0,20 mm dan nilai regangan terendah pada spesimen lima dengan nilai sebesar 0,16 mm.

4.5.1 Perbandingan Hasil Regangan Tarik Terhadap Aliran Gas Pelindung

Adapun dari hasil perbandingan regangan tarik terhadap variasi aliran gas pelindung pengelasan dapat dilihat pada Gambar



Gambar 4.15 Grafik Nilai Rata-rata regangan Tarik aliran gas pelindung

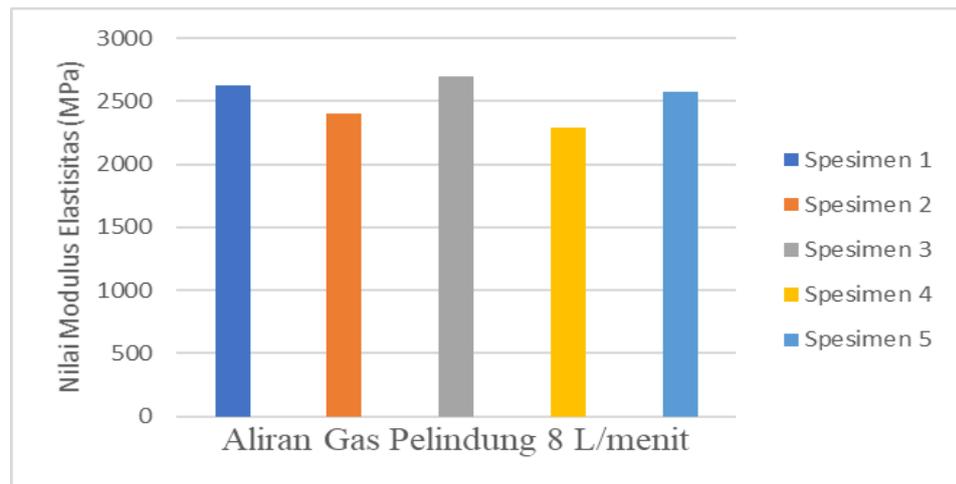
Pada Gambar 4.15 diatas menunjukkan kelima spesimen las yang memiliki nilai regang yang bervariasi, spesimen las menggunakan aliran gas pelindung 8 Liter/menit mendapatkan nilai rata-rata sebesar 0,177, sedangkan spesimen las menggunakan aliran gas pelindung 13 Liter/menit mendapatkan nilai rata-rata sebesar 0,189, dan spesimen las menggunakan aliran gas pelindung 18 Liter/menit mendapatkan nilai rata-rata sebesar 0,192.

Dapat disimpulkan dari grafik diatas nilai tertinggi dan nilai terendah yang didapat spesimen las menggunakan aliran gas pelindung 18 Liter/menit mempunyai nilai tertinggi dengan rata-rata nilai regangan 0,192, nilai ini berbeda dengan nilai aliran gas pelindung lainnya, sedangkan nilai regangan terendah terdapat pada spesimen las yang menggunakan aliran gas pelindung 8 Liter/menit dengan nilai rata-rata 0,177. Ini menjelaskan nilai regangan tarik yang bervariasi, dimana daerah patahan las yang baik ini dibuktikan dengan patahan pada spesimen hasil uji tarik, begitu juga dengan spesimen lainnya, ini juga menunjukkan perihal tentang penggunaan aliran gas pelindung yang divariasikan sehingga nilai regangannya atau

perpanjangannya sangat berpengaruh terhadap pengelasan menggunakan material jenis *Stainless Steel* 304 yang digunakan pada penelitian ini.

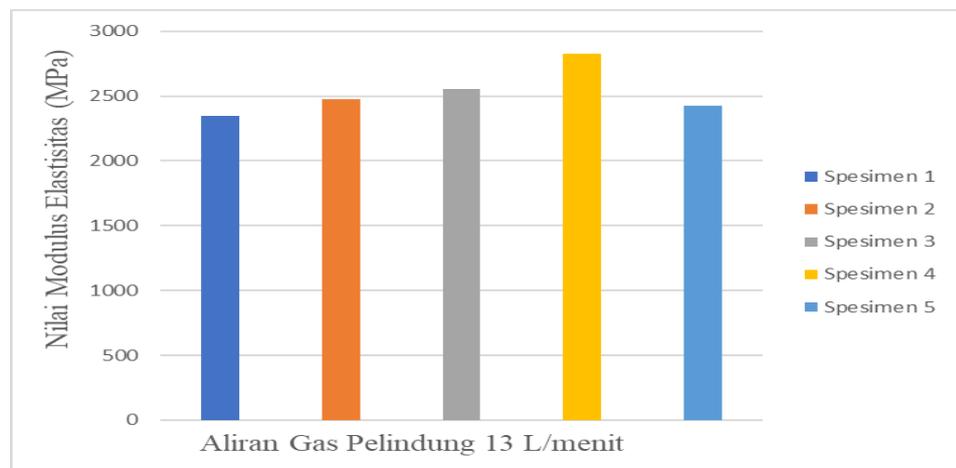
4.6 Hasil Perhitungan Nilai Modulus Elastisitas pada Aliran Gas Pelindung

Setelah dilakukan perhitungan nilai modulus elastisitas pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit dapat dilihat perbandingan yang terjadi pada setiap aliran gas pelindung pada Gambar 4.16 berikut:



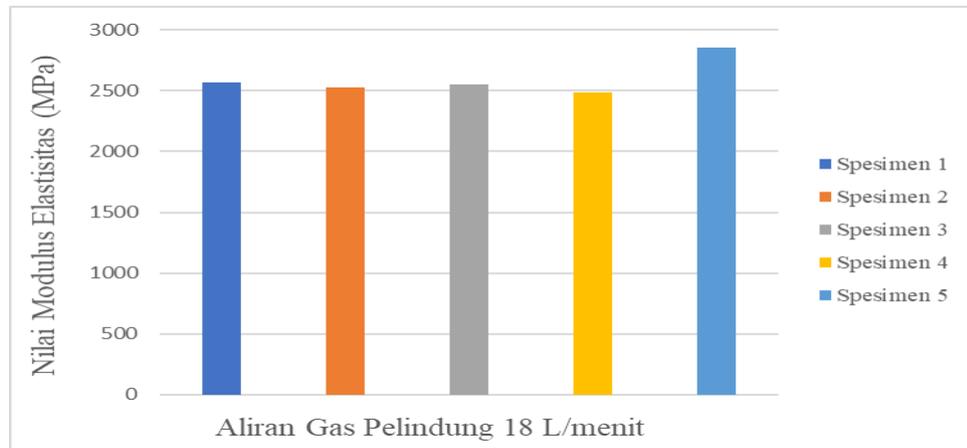
Gambar 4.16 Nilai modulus elastisitas aliran gas pelindung 8 Liter/menit

Dari Gambar 4.10 diatas, nilai modulus elastisitas pada aliran gas pelindung 8 liter/menit dengan nilai pada spesimen satu =2628 Mpa spesimen dua =2405 Mpa , spesimen tiga =2697 Mpa , spesimen empat =2289 Mpa , dan spesimen lima=2572 Mpa.



Gambar 4.17 Nilai modulus elastisitas aliran gas pelindung 13 Liter/menit

Modulus elastisitas yang didapat pada aliran gas pelindung 13 Liter/menit dengan nilai pada spesimen satu = 2349 Mpa spesimen dua =2477 Mpa , spesimen tiga =2553 Mpa , spesimen empat =2826 Mpa , dan spesimen lima=2423 Mpa

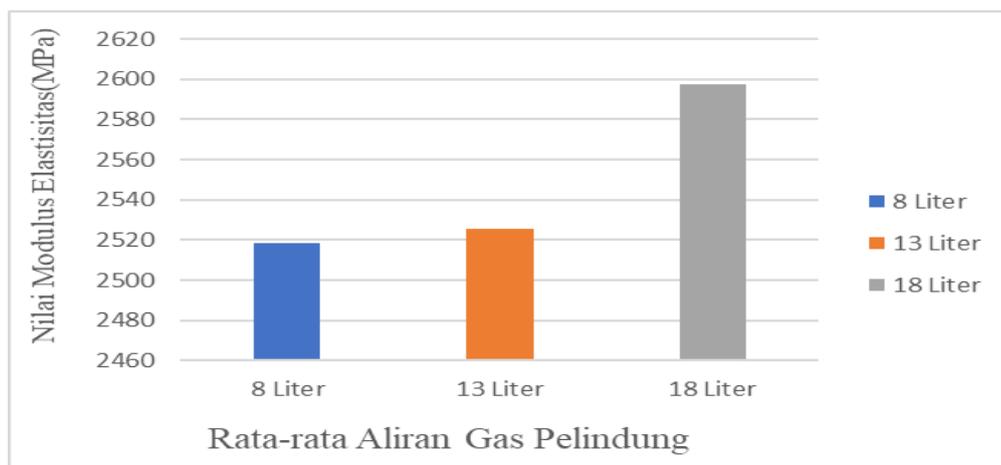


Gambar 4.18 Nilai modulus elastisitas aliran gas pelindung 18 Liter/menit

Kemudian nilai modulus elastisitas dengan aliran gas pelindung 18 Liter/menit dengan nilai pada spesimen satu = 2571 Mpa spesimen dua = 2527 Mpa , spesimen tiga = 2553 Mpa , spesimen empat = 2484 Mpa , dan spesimen lima= 2852 Mpa

4.6.1 Perbandingan Hasil Nilai Modulus Elastisitas Terhadap Aliran Gas Pelindung

Adapun dari hasil perbandingan nilai modulus elastisitas terhadap variasi aliran gas pelindung pengelasan dapat dilihat pada Gambar 4.19 berikut.

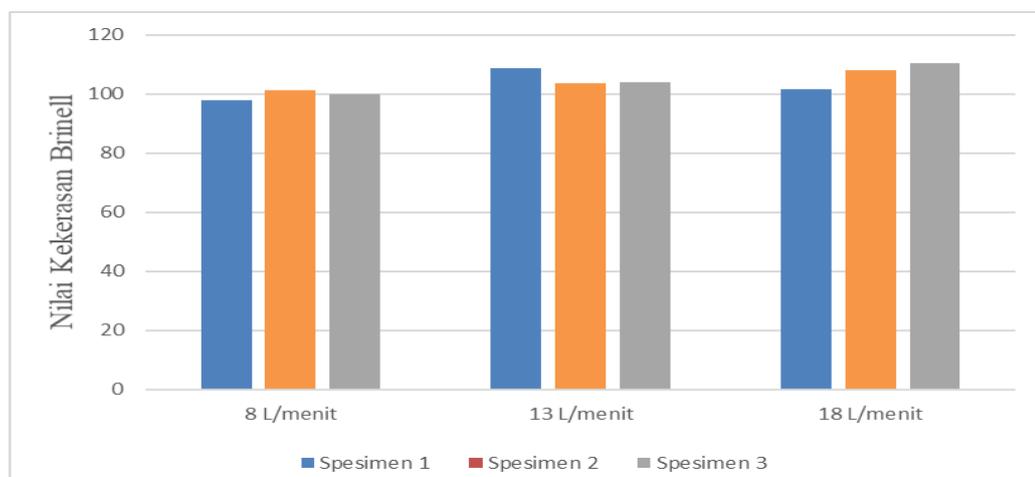


Gambar 4.19 Grafik Nilai Rata-rata Modulus elastisitas aliran gas pelindung

Pada Gambar 4.19 grafik diatas menjelaskan bahwa diantara kelima spesimen las yang telah mengalami pengujian memiliki nilai modulus elastisitas beragam, ini terlihat pada spesimen las yang menggunakan aliran gas pelindung 8 Liter/menit dengan nilai rata-rata sebesar 2518 MPa, sedangkan nilai modulus elastisitas menggunakan variasi aliran gas pelindung 13 Liter/menit memiliki nilai rata-rata sebesar 2525 MPa, sedangkan spesimen las menggunakan aliran gas pelindung 18 Liter/menit mendapatkan nilai rata-rata sebesar 2597 MPa. Dapat dijelaskan dari grafik di atas nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi menggunakan aliran gas pelindung 18 Liter/menit dengan nilai rata-rata sebesar 2597 MPa, sedangkan nilai rata-rata modulus elastisitas terendah terdapat pada spesimen menggunakan aliran gas pelindung 8 Liter/menit dengan memiliki nilai rata-rata sebesar 2518 MPa. Dari gambar grafik hasil modulus elastisitas diatas menunjukkan nilai hasil pengujian tarik yang bervariasi ini menjelaskan pengaruh yang begitu besar terhadap penggunaan aliran gas pelindung dan kampuh las yang digunakan, sehingga sambungan las yang dihasilkan cukup baik dan memiliki kekuatan yang tangguh, ini dibuktikan dengan hasil pengujian yang dihasilkan pada spesimen yang putus bukan pada daerah sambungan las.

4.7 Hasil Perhitungan Nilai Kekerasan Brinell Pada Aliran Gas Pelindung

Setelah dilakukan pengujian kekerasan Brinell nilai kekerasan pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit, 13 Liter/menit, dan 18 Liter/menit dapat dilihat perbandingan yang terjadi pada aliran gas pelindung pada Gambar 4.20 berikut:



Gambar 4.20 Perbandingan nilai kekerasan pada aliran gas pelindung

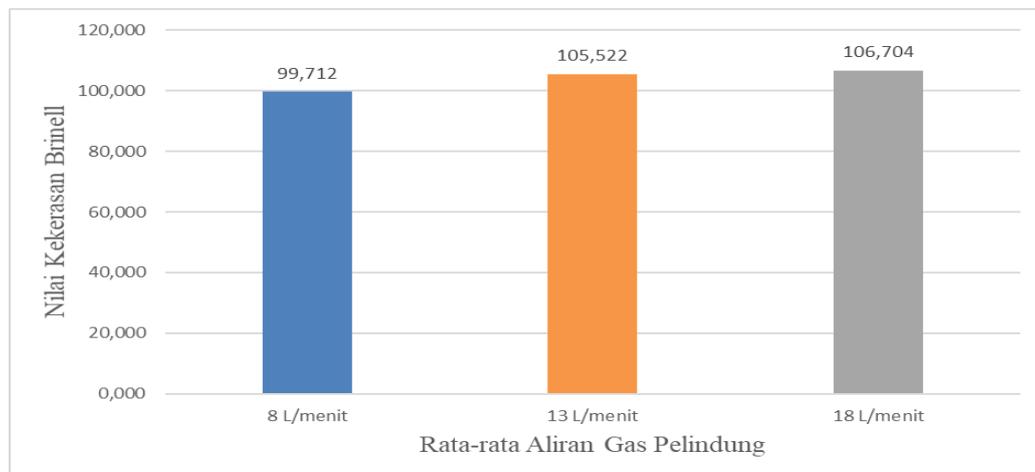
Kekerasan Brinell pada Gambar 4.11 diatas, dapat dilihat pada aliran gas pelindung 8 Liter/menit dengan nilai pada spesimen satu = 97,890 HBW spesimen dua =101,278 HBW , spesimen tiga =99,967 HBW

Nilai kekerasan Brinell dengan aliran gas pelindung 13 Liter/menit dengan nilai pada spesimen satu = 108,780 HBW spesimen dua = 103,635 HBW , spesimen tiga = 104,150 HBW

Pada aliran gas pelindung 18 Liter/menit nilai kekerasan Brinell yang didapat pada pada spesimen satu =101,610 HBW spesimen dua =108,048 HBW dan spesimen tiga =110,454 HBW.

4.7.1 Perbandingan Hasil Nilai Kekerasan Brinell Terhadap Aliran Gas Pelindung

Adapun dari hasil perbandingan nilai modulus elastisitas terhadap variasi aliran gas pelindung pengelasan dapat dilihat pada Gambar 4.21



Gambar 4.21 Grafik Nilai Rata-rata Kekerasan Brinell aliran gas pelindung

Dari hasil penelitian didapatkan nilai rata-rata dari variasi aliran gas pelindung 8 Liter/menit menghasilkan rata-rata nilai kekerasan 99,712 HBW dan pada aliran gas pelindung 13 Liter/menit dengan nilai rata-rata kekerasan sebesar 105,522 HBW dan pada variasi aliran gas pelindung 18 L/menit dengan nilai rata-rata sebesar yaitu 106,704 HBW. Adapun nilai rata-rata kekerasan terbesar pada aliran gas pelindung 18 L/menit dengan nilai 106,704 HBW, sedangkan nilai rata-

rata terendah dihasilkan pada variasi aliran gas pelindung 8 Liter/menit dengan nilai sebesar 99,712 HBW.

Dapat disimpulkan pengaruh variasi aliran gas pelindung terhadap kekerasan adalah semakin besar aliran gas pelindung maka semakin besar pula kekerasan hasil lasan. Dimana semakin naiknya aliran gas pelindung maka akan meningkatnya jumlah struktur perlit, hal ini disebabkan bertambahnya besar aliran gas pelindung sekuat tekanan hembusan gas pelindung maka semakin cepat pula laju pendinginan, debit gas pelindung yang semakin besar akan meningkatkan tingkat kekerasan pada sambungan las.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini maka didapatkan hasil kesimpulan sebagai berikut :

1. Akibat variasi aliran gas pelindung yang dilakukan menggunakan metode pengelasan *Tungsten Inert Gas* terhadap sifat mekanik material plat *Stainless Steel 304* melalui pengujian tarik nilai kekuatan tarik (UTS) didapatkan nilai terendah pada aliran gas 8 Liter/menit dengan nilai 2518 Mpa, ini dikarenakan aliran gas yang terjadi pada proses las. Sedangkan nilai kekuatan tertinggi pada aliran gas 18 Liter/menit dengan nilai 2597 Mpa. Pada bagian daerah lasan mengalami kenaikan nilai kekerasan yang diakibatkan bertambahnya besar aliran gas pelindung semakin kuat tekanan hembusan gas pelindung maka semakin cepat pula laju pendinginan.
2. Penggunaan aliran gas pelindung terhadap kekerasan, semakin besar aliran gas pelindung semakin besar pula nilai kekerasan material las. Dan kenaikan nilai kekerasan terbesar pada daerah lasan karena pada area tersebut terjadi peleburan logam dengan elektroda dan semakin cepat laju pendinginan, patahan yang terjadi pada proses uji tarik tidak terletak pada daerah sambungan las sehingga aliran gas yang digunakan sesuai dengan tebal suatu plat material yang digunakan

5.2 Saran

1. Untuk memperoleh hasil penelitian yang akurat perlu mempelajari kesesuaian alat uji yang digunakan dengan material yang diuji, sehingga tidak terjadi kesalahan pemilihan bagian dari alat uji seperti material bola indentor pada uji kekerasan *Brinell*.
2. Selalu perhatikan keselamatan kerja pada saat melakukan penelitian, untuk menghindari hal yang tidak diinginkan seperti luka pada tangan ataupun geram yang bisa mengenai mata saat proses pengelasan berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditia, Nurdin, dan Adi, S. I. (2019). Analisa Kekuatan Sambungan Material AISI 1050 dengan ASTM A36 dengan Variasi Arus pada Proses Pengelasan SMAW. *Journal of Welding Technology*, 1(1), 1–4.
- Aljufri, A. (2020). *Analisa Sifat Mekanis Sambungan Las Smaw Pada Material Aisi 304 Menggunakan Kampuh Yang Berbeda*. Seminar Nasional Penelitian
- Aljufri, dan Putra, R. (2018). Pengaruh Porositas Las Terhadap Kekuatan Tarik Pada Material Aisi 1050 Yang Menggunakan Kampuh Las V 90°. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 1–7.
- Anwar, B. (2018). Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas (Tig) Kampuh V Ganda Pada Baja Karbon Rendah St 37. *Teknologi*, 17(3), 33–38.
- Apriadi, I., dan Duniawan, A. (2017). *Pengaruh kecepatan Pengelasan Tungsten Inert Gas Terhadap Sifat Fisis dan mekanis Pada Pengelasan Baja Karbon Menengah*. 2, 2–7.
- Asiri, M. H., Husen, M., Badia, B. A., dan Syafrun, M. (2020). Studi kekuatan sambungan las terhadap material baja TRS 500 menggunakan variasi gerakan elektroda Study of weld joint strength in TRS 500 steel material with a variety of electrode movement. *Jurnal Polimesin*, 18(2), 82–90.
- Astamar, Z. (2008). *Mekanika Teknik*. Jakarta : Erlangga.
- Bontong, Y. (2019). Analisa Kekerasan Dan Ketangguhan Pada Daerah Haz Hasil Las Metode SMAW. *Mechanical Engineering Science (MES)*. <http://journals.ukitoraja.ac.id/index.php/mes/article/view/581>
- Budiman, H. (2016). Analisis Pengujian Tarik (Tensile Test) Pada Baja St37 Dengan Alat Bantu Ukur Load Cell. *J-Ensitem*, 3(01), 9–13. <https://doi.org/10.31949/j-ensitem.v3i01.309>
- Faizin, M. C., Winardi, Y., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., dan Ponorogo, U. M. (2022). Pengaruh Variasi Gas Pelindung Pada Tig *Brazing* antara *Cemented Carbide* dan baja karbon terhadap Kekuatan Geser dan struktur Mikro. 21

- Habibi, F., Respati, S. M. B., dan Syafa'at, I. (2015). Perlakuan Pemanasan Awal Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Dan Fisik Pada Daerah HAZ Hasil Pengelasan Baja Karbon ST 41. *Prosiding SNST Ke-6 Tahun 2015, ke-6 Tahun*, 43–47.
- Hanggara, B. A., dan Harahap, M. R. (2019). Pengaruh Posisi Pengelasan SMAW Dengan Variasi Posisi Elektroda E3086 Terhadap Kekuatan Impak Pada Stainless Steel AISI 304. *Piston*, 4(1), 22–28.
- Hilmy, Z., Syahroni, N., dan Hadiwidodo, Y. S. (2018). Analisa Pengaruh Variasi Komposisi Gas Pelindung Terhadap Hasil Pengelasan Gmaw-Short Circuit dengan Penggunaan Mesin Khusus Regulated Metal Deposition (RMD). *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 0(1), 219–226. <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2018i1.3385>
- Huang, W., Zhang, Y., Dai, W., dan Long, R. (2019). Mechanical properties of 304 austenite stainless steel manufactured by laser metal deposition. *Materials Science and Engineering A*, 758(February), 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.04.108>
- Indrayani, N. L., Oktadinata, H., dan Suteja, I. (2020). Analisis Pengaruh Jarak Kampuh Hasil Pengelasan Baja Ss400 Terhadap Sifat Mekanik Material Menggunakan Metode Gmaw. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8(2), 57–66. <https://doi.org/10.33558/jitm.v8i2.2183>
- Junus, S. (2018). Pengaruh Besar Aliran Gas terhadap Cacat Porositas dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan MIG pada Paduan Aluminium 5083. *Jurnal ROTOR*, Vol. 4(No. 1), 22–31.
- Munawar, H. M., Gusniar, I. N., dan Hanafi, R. (2023). *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha THE EFFECT OF TYPE OF SMAW WELDING ELECTRODE ON MECHANICAL*. 11(1), 93–110.
- Nofriady Handra, dan Peri Indra Yudi. (2011). Studi Kekuatan Hasil Las Oxy-Acetylene Pada Variasi Kampuh . *Jurnal Teknik Mesin*, 1(1 SE-Article), 1–8. <https://jtm.itp.ac.id/index.php/jtm/article/view/377>
- Prasetya, A. W. (2017). Pengaruh debit gas pelindung dan tegangan listrik terhadap

tingkat kekerasan dan struktur mikro sambungan las GMAW pada baja karbon sedang EMS-45. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 8(2), 42–52.

Reymond Reflon F Gultom, dan Sabri, M. (2021). Analisa Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Terhadap Pengelasan Baja Aisi 1045 Dengan Metode Smaw Dan Gtaw Pada Arus 100 Ampere. *Dinamis*, 9(2), 7. <https://doi.org/10.32734/dinamis.v9i2.8445>

Rudy, T. O., Hendronursito, Y., dan S, D. A. (2018). Analisis Pengaruh Parameter Pengelasan Gtaw Pada Stainless Steel Aisi 304 Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. *Poros*, 15(1), 53. <https://doi.org/10.24912/poros.v15i1.1255>

Setyowati, V. A., dan Widodo, E. W. R. (2017). Analisis Kekuatan Tarik Dan Karakteristik Xrd Pada Material Stainless Steel Dengan Kadar Karbon Yang Berbeda. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan V, April*, 57–62.

Sumarji. (2011). Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe Ss 304 Dan Ss 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan Ph. *Jurnal ROTOR*, 4(1), 1–8.

Sunandrio, H. (2018). Analisis Kerusakan Tube Thermocouple Pada Reaktor Hydrocracking Di Kilang Pengolahan Minyak Bumi. *Metalurgi*, 29(2), 119. <https://doi.org/10.14203/metalurgi.v29i2.283>

Surdia, T Saito. (1985). *Pengetahuan Bahan Teknik*. JAKARTA: PT Pradnya Paramita

Tohari, A. A. (2021). Pengaruh Kecepatan Aliran Gas Pelindung Las MIG Baja SS-540. *09(2)*, 117–122.

Wirjosumarto, dan Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : Pradnya Paramita.

Wisnaningsih, Fatah, K. M. A., dan Saputra, A. K. (2023). Pengaruh Variasi Debit Aliran Gas Argon Terhadap Laju Korosi Pada Material Stainlees Steel Austenitic 304 Dengan Larutan C6H8O7 (Asam Sitrat). *JUSTIMES(Jurnal Rekayasa Teknik Mesin Saburai)*, 01(01), 8–9.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat penunjukan pembimbing tugas akhir

 KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Batam, Blang Pulo, Muara Satu – Lhokseumawe – Aceh (24352)
Telepon. (0645) 41373-40915 Faks. 0645-44450
Laman: <http://teknik.unimal.ac.id> Email: ft@unimal.ac.id

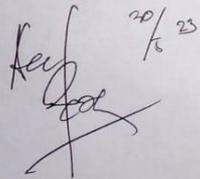
SURAT PENUNJUKAN PEMBIMBING PROPOSAL PENELITIAN
Nomor : 219/UN45.1.1/KM.00.00/2023

Sehubungan dengan kegiatan pelaksanaan Proposal Penelitian mahasiswa atas :

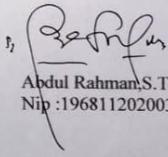
Nama	: Sofiyang Rangkuti
Nim	: 190120068
Bidang	: Manufaktur
Pada Semester	: Genap
Tahun Akademik	: 2022/2023

Dengan ini menunjukan Bapak Aljufri, S.T.,M.T.IPM Nip. 196801102002121001 Sebagai pembimbing Utama Proposal Penelitian dan Bapak Reza Putra, S.T.,M.Eng Nip. 197806292005011004. Sebagai pembimbing Pendamping Proposal Penelitian mahasiswa tersebut diatas. Berdasarkan surat tugas ini, proses bimbingan terhadap mahasiswa tersebut ditetapkan, dan akan ditetapkan kembali melalui Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik.

Demikian surat ini dikeluarkan dan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

 20/4/23

Lhokseumawe, 11 April 2023
Ketua Prodi Teknik Mesin


Abdul Rahman, S.T., M.Eng
Nip. :196811202003121001

Tembusan :

- Dosen Pembimbing
- Administrasi Prodi
- Mahasiswa Bersangkutan

Acc: 