



**PENGARUH VARIASI SUDUT KAMPUH V  
LAS *TIG* TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN  
STRUKTUR MIKRO *STAINLESS STEEL AISI 304***

**SKRIPSI**

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan  
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

**UNNES**  
oleh  
**Aditya Revaldo**  
5201412038

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2017**

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Las *TIG* Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro *Stainless Steel AISI 304* telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 27 bulan Oktober tahun 2016.

Oleh:

Nama : Aditya Revaldo  
NIM : 5201412038  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Panitia:

Ketua Panitia



Rusiyanto, S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

Sekretaris



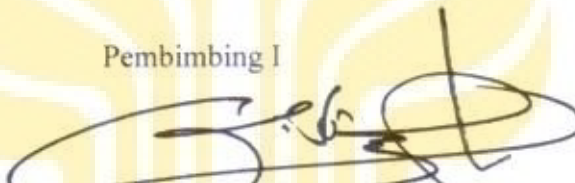
Rusiyanto, S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

Penguji Utama



Dr. Heri Yudianto, S.Pd., M.T.  
NIP. 196707261993031003

Pembimbing I



Dr. Ir. Basyrun, S.Pd., M.T., I.P.P.  
NIP. 196809241994031002

Pembimbing II



Drs. Sunyoto, M.Si.  
NIP. 196511051991021001



## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Las *TIG* Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro *Stainless Steel AISI 304*” disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan tercantum dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini. Sepanjang pengetahuan saya skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, Januari 2017



Aditya Revaldo  
NIM. 5201412038



**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## ABSTRAK

**Aditya Revaldo, 2017. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.** “Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Las *TIG* terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro *Stainless Steel AISI 304*”.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi sudut kampuh V las *TIG* terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro *Stainless Steel AISI 304*.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen, yang bertujuan mengetahui sebab dan akibat berdasarkan perlakuan yang diberikan oleh peneliti. Pada penelitian ini, perlakuan yang diberikan oleh peneliti adalah pengelasan dengan variasi sudut kampuh V. Pengelasan dilakukan dengan metode *TIG welding* pada bahan *Stainless Steel AISI 304* dengan bahan pengisi/filler *ER308L* menggunakan arus 130 A untuk penembusan, 150 A untuk pengisian, dan 140 A untuk *capping*. Variasi sudut yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 40°, 50°, 60°, 70°, dan 80°, kemudian diuji dengan menggunakan uji tarik. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan statistik deskriptif.

Pada hasil pengujian struktur mikro, struktur mikro pada logam las seperti *ferrite widmanstätten*, dan *ferrite* batas butir (*grain boundary ferrite*). Perbedaan yang signifikan dipengaruhi sudut kampuh, dengan sudut kampuh 50° letak butir-butir *ferrite* lebih besar dari pada sudut kampuh lainnya. Berdasarkan nilai yang diperoleh dari uji kekuatan tarik, nilai tegangan tertinggi rata-rata yaitu untuk pengelasan dengan sudut 50° sebesar 605.1 MPa. Nilai tegangan terendah rata-rata yaitu untuk pengelasan dengan sudut 80° sebesar 479.6 MPa. Hal ini disimpulkan bahwa sudut yang kuat untuk pengelasan *TIG* dengan bahan *Stainless Steel AISI 304* adalah pada sudut 50°.

Kata kunci : Pengelasan, *Filler*, *TIG*, Variasi Sudut Kampuh V, *Ferrite*, *AISI*.

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

1. Hal sekecil apapun akan menjadi hal yang besar dan bermanfaat apabila digunakan dengan benar.
2. “Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain” (Q.S. Al Insyirah: 7).

### PERSEMBAHAN

Saya persembahkan karya ini untuk:

1. Ibu Supiyah dan Bapak Edy Purnomo, orang tua yang selalu menyayangi, mencintai dan mengasihiku, serta selalu mendoakan kesuksesanku.
2. *Mein Schatz*, Rizki Novia Istichomah yang menjadi semangat dan motivasi dalam hidupku.
3. Keluarga Besar Teknik Mesin UNNES.

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## KATA PENGANTAR

Bersyukur peneliti kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Sholawat serta salam peneliti curahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini peneliti ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Basyirun, S.Pd., M.T., Dosen Pembimbing I yang dengan kesabaran memberikan petunjuk, bimbingan dan arahan.
4. Drs. Sunyoto, M.Si., Dosen Pembimbing II yang dengan kesabaran memberikan petunjuk, bimbingan dan arahan.
5. Dr. Heri Yudiono, S.Pd., M.T., Dosen Penguji Utama yang dengan kesabaran memberikan petunjuk, bimbingan dan arahan.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas jasa-jasa beliau yang telah membantu dan membimbing peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat dan tambahan ilmu bagi pembaca.

**UNNES**

Semarang, Januari 2017

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Pembatasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah.....	7
E. Tujuan Penelitian.....	7
F. Manfaat Penelitian.....	7
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
A. Landasan Teori.....	8
1. Pengertian Pengelasan.....	8
2. Kampuh V Tunggal.....	11
3. Pengelasan <i>TIG</i> .....	12
4. Peralatan Pengelasan <i>TIG</i> .....	13
5. Struktur Mikro .....	19
6. Pengujian Tarik .....	21
7. <i>Stainless Steel AISI 304</i> .....	24
B. Penelitian yang Relevan.....	25
C. Kerangka Berfikir .....	29

<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	31
A. Alat dan Bahan.....	31
B. Prosedur Peneltian.....	32
1. Diagram Alir Penelitian.....	32
2. Proses Penelitian.....	33
C. Teknik Pengumpulan Data.....	38
1. Dokumentasi.....	38
2. Uji Laboratorium.....	39
D. Teknik Analisis Data.....	39
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	40
A. Hasil Penelitian.....	40
1. Uji Komposisi.....	40
2. Hasil Pengamatan Struktur Mikro.....	41
3. Hasil Uji Tarik.....	45
B. Pembahasan.....	49
1. Struktur Mikro .....	49
2. Uji Tarik .....	50
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</b> .....	56
A. Simpulan.....	56
B. Saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	57
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b> .....	59

UNNES  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Kandungan pada <i>Shielding Gas</i> .....	14
2.	Jenis-jenis Elektroda <i>Tungsten</i> .....	17
3.	Kandungan <i>AISI 304</i> .....	25
4.	Hasil Uji Komposisi <i>Stainless Steel AISI 304</i> .....	40
5.	Rekap Hasil Uji Tarik.....	46



## DAFTAR GAMBAR

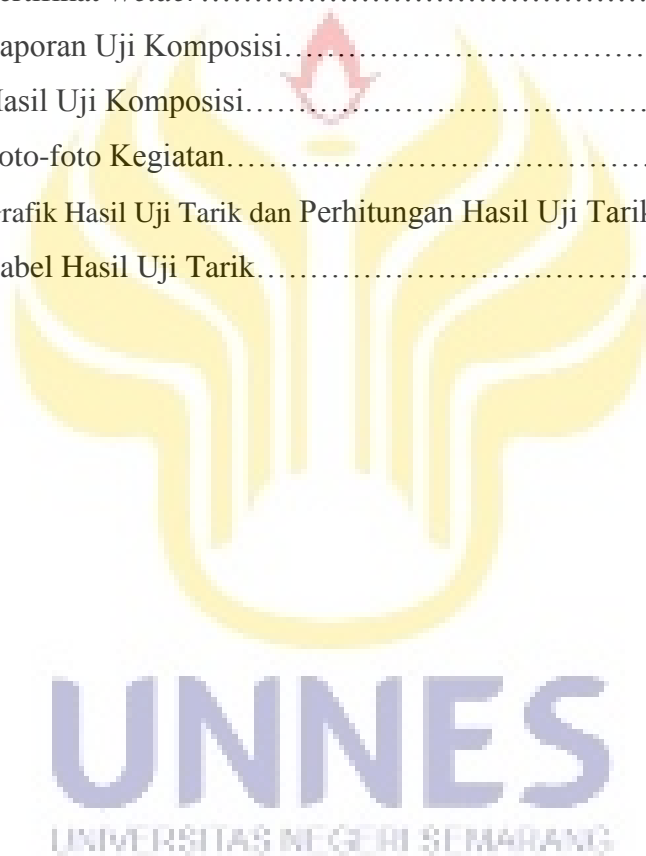
Gambar	Halaman
1. Kampuh V.....	12
2. Pengelasan <i>Tungsten Inert Gas (TIG)</i> .....	13
3. Mesin Las LORCH V 30.....	14
4. <i>Shielding Gas</i> /Gas Pelindung.....	15
5. <i>Flowmeter</i> dan <i>Gas Regulator</i> .....	15
6. <i>Cable Adaptor</i> dan Selang Gas.....	16
7. <i>TIG Torch</i> .....	16
8. Contoh Elektroda <i>Tungsten</i> .....	17
9. <i>Filler ER304 AWS A5.9</i> .....	18
10. Struktur <i>Ferrite</i> dan <i>Pearlite</i> Pada <i>Stainlees Steel 304</i> Pembesaran 75x.....	19
11. Fase <i>Austenit</i> yang Terdiri dari Struktur <i>Ferrite</i> Pembesaran 500x .....	19
12. Fase <i>Austenite</i> yang Terdiri dari <i>Grain Boundaries</i> Pembesaran 200x.....	20
13. Fase <i>Austenite</i> yang Terdiri dari <i>Grain Boundaries</i> Pembesaran 1000x.....	21
14. Fase <i>Austenite</i> yang Terdiri dari <i>Grain Boundaries</i> .....	21
15. Spesimen Uji Tarik (Standar ASTM E8).....	22
16. Kurva Tegangan-Regangan.....	23
17. Ilustrasi Penampang Samping Bentuk Perpatahan Benda Uji Tarik Sesuai dengan Tingkat Keuletan/Kegetasan.....	23
18. Diagram Alir Penelitian.....	32
19. Variasi Sudut Kampuh V.....	33
20. Proses Uji Struktur Mikro Menggunakan Mikroskop Uji Struktur Mikro dan Komputer.....	36
21. Mesin Uji Tarik Servo Toron Tech TT-HW2-600.....	38
22. Foto Struktur Mikro Pengelasan Sudut Kampuh 40° engan Pembesaran 200x. ....	41

23.	Foto Struktur Mikro Pengelasan Sudut Kampuh 50° dengan Pembesaran 200x.....	42
24.	Foto Struktur Mikro Pengelasan Sudut Kampuh 60° dengan Pembesaran 200x.....	43
25.	Foto Struktur Mikro Pengelasan Sudut Kampuh 70° dengan Pembesaran 200x.....	44
26.	Foto Struktur Mikro Pengelasan Sudut Kampuh 80° dengan Pembesaran 200x.....	45
27.	Grafik Tegangan Maksimal.....	46
28.	Grafik Tegangan Luluh.....	47
29.	Grafik Regangan.....	48
30.	Grafik Regangan.....	48
31.	Grafik Hubungan Antara Tegangan Tarik Maksimal dengan Variasi Sudut Kampuh V.....	52
32.	Penampang Patah Uji Tarik Spesimen Hasil Pengelasan dengan Sudut 40°.....	52
33.	Penampang Patah Uji Tarik Spesimen Hasil Pengelasan dengan Sudut 50°.....	53
34.	Penampang Patah Uji Tarik Spesimen Hasil Pengelasan dengan Sudut 60°.....	53
35.	Penampang Patah Uji Tarik Spesimen Hasil Pengelasan dengan Sudut 70°.....	54
36.	Penampang Patah Uji Tarik Spesimen Hasil Pengelasan dengan Sudut 80°.....	54



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
1.	Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana.....	60
2.	Surat Ijin Penelitian BBPLK Semarang.....	61
3.	Surat Keterangan Pengujian di Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin UNNES.....	62
4.	Sertifikat <i>Welder</i> .....	63
5.	Laporan Uji Komposisi.....	65
6.	Hasil Uji Komposisi.....	66
7.	Foto-foto Kegiatan.....	67
8.	Grafik Hasil Uji Tarik dan Perhitungan Hasil Uji Tarik .....	72
9.	Tabel Hasil Uji Tarik.....	102



# BAB I PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Baja tahan karat austenitik adalah baja tahan karat yang pada temperatur kamar berfasa austenit. Baja jenis ini mengandung 18 % Cr dan 8 % Ni. Unsur-unsur tersebut merupakan unsur terpenting yang dapat membuat baja tahan karat ini berfasa austenit pada temperatur kamar. Material ini memiliki struktur *kristal FCC (Face Centered Cubic)*. Struktur ini diperoleh dengan adanya penambahan unsur paduan yang mampu menstabilkan fasa austenit pada beberapa kondisi temperatur kriogenik. Struktur *FCC* yang dimiliki oleh austenit, menyebabkan baja tahan karat jenis ini bersifat *non-magnetic* dan mempunyai ketangguhan yang cukup tinggi pada temperatur rendah. Baja ini mempunyai ketahanan korosi yang baik, mampu bentuk dan mampu las. Kekurangan baja jenis ini adalah kecenderungan untuk mengalami korosi antar butir, korosi lubang dan korosi ratak tegangan (*Stress Corrosion Cracking*).

Baja karbon rendah mempunyai sifat mekanis yang baik; kekuatan tarik relatif tinggi antara 415 – 550 MPa (60.000 – 80.000 psi), ketangguhan baik dan relatif ulet (Callister, 2007). Pemakaian tertentu baja tahan karat pada umumnya merupakan pilihan utama. Hal ini karena baja tahan karat mempunyai beberapa kelebihan antara lain tidak bersifat magnetik dan mempunyai keuletan yang baik pada suhu yang relatif rendah. Disamping itu pada medium-medium yang korosif baja ini dapat menjaga ketahanan korosinya dan bahkan dapat memelihara aspek keindahan

permukaannya. Hal ini karena adanya lapisan krom oksida yang selalu terbentuk pada permukaannya. Lapisan ini dapat rusak apabila baja ini mengalami perlakuan panas pada saat pemakaian. Pemakaian pada suhu sensitisasi (500-825 °C) akan mengakibatkan krom berdifusi ke batas butir membentuk endapan  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ . Endapan tersebut menyebabkan terjadinya daerah deplesi krom sehingga lapisan pelindung krom oksida tidak bisa terbentuk secara kontinu di permukaan. Hal ini menyebabkan bahan terserang korosi batas butir.

Teknologi pengelasan merupakan bagian teknologi manufaktur. Secara umum pengelasan dapat diartikan sebagai suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan pada saat logam dalam keadaan cair. Sambungan-sambungan pada konstruksi mesin, banyaknya penggunaan teknik pengelasan karena dengan menggunakan teknik ini sambungan menjadi lebih ringan dan lebih sederhana dalam pembuatannya dan akhirnya biaya produksi dapat lebih murah. Salah satu teknik pengelasan yang dikenal dalam penyambungan baja tahan karat adalah proses pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)*. Las *TIG (Tungsten Inert Gas)* adalah termasuk las listrik yang menggunakan gas *inert* sebagai pelindung daerah las. Pengelasan akan terjadi jika ada aliran busur listrik antara *elektrode tungsten* dengan benda kerja. *Elektrode tungsten* pada tidak turut mencair dan jika memerlukan logam pengisi dapat menggunakan *filler metal* (bahan tambah). Gas *inert* yang digunakan pada umumnya adalah *argon* atau *helium* yang berfungsi untuk mencegah oksigen atau nitrogen menyusup ke dalam cairan las yang dapat menimbulkan porositas.

Metode pengelasan juga dapat mempengaruhi kualitas las-an. Metode yang digunakan harus sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Salah satu metode pengelasan adalah *Tungsten Inert Gas (TIG)*. Pengelasan *TIG* sangat sangat tepat digunakan untuk *Stainless steel AISI 304*. Pengelasan dengan menggunakan *TIG* banyak digunakan untuk mengelas bahan *stainless steel*. Hal ini disebabkan gas *tungsten* akan mengusir oksigen yang akan menimbulkan oksida logam yang hasilnya sangat keras. Penggunaan las *TIG*, oksida logam tersebut dapat dihindari terbentuknya.

Masalah yang ada pada pengelasan baja tahan karat sangat tergantung pada jenis baja tahan karat yang akan di-las. Jenis baja tahan karat yang umum adalah austenitik, ferritik, martensitik dan dupleks. Jenis baja austenitik merupakan jenis baja yang paling umum digunakan dalam dunia industri, karena jenis baja tahan karat ini yang paling mudah dilas dibandingkan dengan baja tahan karat lainnya. *AISI 304* merupakan jenis baja tahan karat austenitik. *AISI 304* merupakan baja tahan karat austenitik yang paling sering digunakan, karena lebih tahan terhadap korosi. *AISI 304* dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang.

Proses penyambungan logam dengan cara pengelasan, diharapkan dapat diperoleh sambungan yang kuat, sehingga pada waktu pengujian tarik tidak putus pada sambungan lasnya namun pada logam induk atau *HAZ (Heat Affected Zone)*. *Heat Affected Zone* yang biasa disebut daerah terpengaruh panas adalah daerah dengan jarak tertentu dari sambungan las yang mengalami pemanasan akibat adanya panas dari pengelasan. Pada daerah *HAZ* inilah endapan  $Cr_{23}C_6$  terbentuk. Luasnya daerah *HAZ* merupakan fungsi dari beberapa faktor. Oleh

karena dalam pengelasan ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan yaitu: 1. Pemilihan logam pengisi 2. Penentuan parameter las (arus, tegangan, kecepatan pengelasan, kecepatan pengumpanan bahan pengisi dll.) 3. Penentuan penggunaan gas pelindung. Pengelasan baja tahan karat austenitik *AISI 304* sering menghasilkan kerapuhan di daerah *HAZ* yang mengakibatkan patahan di daerah *HAZ*. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi sudut kampuh  $v$  terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro *stainless steel AISI 304*.

## **B. Identifikasi Masalah**

Proses pengelasan mempengaruhi kekuatan tarik bahan. Perubahan struktur bahan pada saat pengujian tarik dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut adalah: proses pengelasan *TIG (Tungsten Inert Gas)*, kecepatan pengelasan, posisi pengelasan, jenis bahan tambah (*filler*), dan sudut kampuh  $V$ . Berikut adalah penjelasan dari faktor-faktor tersebut:

1. *TIG (Tungsten Inert Gas)* adalah pengelasan dengan menggunakan busur nyala dengan *tungsten*/elektroda yang terbuat dari *wolfram*, sedangkan bahan tambah menggunakan bahan yang sama atau sejenis dengan material induknya. Untuk mencegah oksidasi, menggunakan gas kekal (*inert*) 99 % *Argon (Ar)* murni. Peleburan pada pengelasan *TIG* dibandingkan dengan las *GMAW* dan *SMAW* lebih sempurna. Pengelasan *TIG* tidak menghasilkan porositas atau ruang kosong pada hasil las-an, hal ini dapat meningkatkan kekuatan tarik pada saat pengujian tarik.



2. Kecepatan pengelasan tergantung dari jenis elektroda, diameter elektroda, bahan benda kerja, bentuk sambungan, dan ketelitian sambungan. Kecepatan pengelasan berbanding lurus dengan besar arus. Kecepatan yang tinggi memerlukan arus yang besar. Semakin cepat langkah pengelasan semakin kecil panas yang ditimbulkan sehingga perubahan bentuk bahan dapat dihindarkan. Hasil pengelasan terbaik akan didapatkan dengan cara mengatur panjang busur nyala, mengatur kecepatan pengelasan dan pemakanan elektroda (*feeding*) secara konstan sesuai dengan kecepatan lebur elektroda. Hasil pengelasan yang baik karena kecepatan pengelasan yang benar akan meningkatkan kekuatan tarik bahan.
3. Posisi pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah pada elektroda sewaktu mengelas. Posisi pengelasan yang benar akan mengakibatkan kekuatan las-an semakin kuat, dan meningkatkan kekuatan tarik bahan.
4. Bahan tambah (*filler*) untuk pengelasan *TIG* harus sesuai standar, karena apabila menggunakan bahan tambah tidak standar memungkinkan kesempurnaan pengelasan tidak akan terbentuk. Penggunaan bahan tambah harus berdasarkan standar yang dikeluarkan oleh perusahaan elektroda atau asosiasi pengelasan. Ruang kosong pada material dapat berakibat pada rendahnya kekuatan tarik bahan. Penggunaan bahan tambah adalah untuk mengisi bagian-bagian yang kosong pada bahan yang sedang mengalami proses pengelasan, sehingga kekuatan tarik bahan menjadi bertambah.

5. Semakin kecil sudut kampuh, semakin kecil pula *Heat Affected Zone*, sedangkan semakin besar sudut kampuh, semakin besar pula *Heat Affected Zone*, sehingga penggunaan sudut kampuh yang semakin kecil kekuatan tarik bahan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan sudut kampuh yang lebih besar.

### C. Pembatasan Masalah

Banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tarik bahan pada proses pengelasan, maka penelitian ini dibatasi pada pengaruh variasi sudut kampuh dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan adalah pelat *stainless steel* jenis *AISI 304*.
2. Tebal bahan yang digunakan sebesar 10 mm.
3. Pengelasan menggunakan mesin las *TIG DC*.
4. Bahan tambah atau *filler* yang digunakan adalah *Electrode Rod 308L (ER308L)*
5. Elektroda *tungsten* yang digunakan adalah *thoriated tungsten (EWTh-2)* dengan diameter 2.4 mm.
6. Pengelasan menggunakan jenis kampuh V tunggal dengan variasi sudut: 40°, 50°, 60°, 70°, dan 80°.
7. Pemberian takikan yang terletak di tengah las-an.
8. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik (*tensile test*) dan uji struktur mikro.
9. Standar dimensi spesimen uji tarik menggunakan standar *ASTM E8/E8M-09*.

#### **D. Rumusan Masalah**

Sesuai dengan judul dan latar belakang yang diuraikan diatas, maka permasalahan yang timbul adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi sudut kampuh V las *TIG* terhadap struktur mikro *stainless steel AISI 304*?
2. Bagaimana pengaruh variasi sudut kampuh V las *TIG* terhadap kekuatan tarik *stainless steel AISI 304*?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi sudut kampuh V ( $40^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ , dan  $80^\circ$ ) las *TIG* terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro *stainless steel AISI 304*.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Setelah mengetahui adanya pengaruh variasi sudut kampuh V ( $40^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ , dan  $80^\circ$ ), diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan acuan dalam menerapkan pada las *TIG* untuk mendapatkan hasil pengelasan yang lebih baik.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Landasan Teori**

Landasan teori pada penelitian ini berkaitan tentang pengaruh variasi sudut kampuh V las *TIG* terhadap kekuatan tarik *stainless steel AISI 304* dengan *filler ER308L*. Berikut adalah penjelasan tentang dari penelitian ini secara rinci tentang: pengertian pengelasan, kampuh V tunggal, *filler ER308L*, pengertian *TIG*, peralatan pengelasan *TIG*, pengujian tarik, dan karakteristik bahan *AISI 304*.

#### **1. Pengertian Pengelasan**

Perkembangan teknologi produksi dan bahan baku logam tidak dapat dipisahkan dari pemanfaatan teknologi pengelasan. Sehingga boleh dikatakan hampir tidak ada logam yang tidak dapat dilas. Las adalah salah satu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan. (Widharto, 2001). Definisi pengelasan menurut *DIN (Deutsche Industrie Norman)* adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Penyambungan dengan cara mengelas merupakan salah satu metode penyambungan yang luas penggunaannya pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Teknologi pengelasan, selain dapat dipakai untuk menyambung dan memotong logam, juga dapat dipakai untuk mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagian-bagian yang sudah aus, dan macam-macam reparasi lainnya.

Faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan adalah prosedur pengelasan yaitu cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Proses produksi pengelasan yang dimaksud adalah proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) (Wiryosumarto, 2000). Berikut adalah beberapa jenis pengelasan beserta kelebihan dan kekurangan:

**a. SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)**

1) Kelebihan

- a) Dapat dipakai dimana saja didalam air maupun di luar air
- b) Pengelasan dengan segala posisi.
- c) Elektroda tersedia dengan mudah dalam banyak ukuran dan diameter.
- d) Perlatan yang digunakan sederhana, murah dan mudah dibawa kemana-mana.
- e) Tingkat kebisingan rendah.
- f) Tidak terlalu sensitif terhadap korosi, oli & gemuk.
- g) Dapat di kerjakan pada ketebalan berapapun

2) Kekurangan

- a) Pengelasan terbatas hanya sampai sepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan.
- b) Setiap akan melakukan pengelasan berikutnya *slag* harus dibersihkan.
- c) Tidak dapat digunakan untuk pengelasan bahan baja *non - ferrous*.
- d) Efisiensi endapan rendah.

**b. GMAW (Gas Metas Arc Welding)**

## 1) Kelebihan

- a) Sangat efisien dan proses pengerjaan yang cepat.
- b) Dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan.
- c) Tidak menghasilkan *slag* atau kerak.
- d) Membutuhkan kemampuan operator yang baik.

## 2) Kekurangan

- a) Sewaktu waktu dapat terjadi *burnback*.
- b) Cacat las porositas sering terjadi.
- c) Buser yang tidak setabil.
- d) Pada awalnya *set-up* yang sulit.

**c. GTAW (Gas Tungsten Acr Welding)**

## 1) Kelebihan

- a) Efisiensi tinggi dan waktu pengerjaan pengelasa sangatlah cepat.
- b) Dapat digunakan ke semua posisi pengelasan.
- c) Tidak menghasilkan kerak.
- d) Proses pengelasan ini sangat cocok untuk pekerjaan konstruksi.
- e) Membutuhkan sedikit pembersihan saat pengelasan.
- f) Bebas dari percikan yang terjadi jika dibandingkan dengan proses las busur lainnya.
- g) Dapat digunakan dengan atau tanpa *filler metal* yang diperlukan untuk aplikasi tertentu.
- h) Memungkinkan pengontrolan yang sangat baik dari penetrasi *root pass* las.

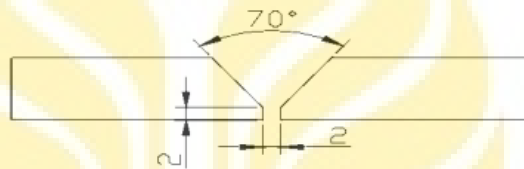
- i) Dapat menghasilkan lasan *autogenous* yang murah pada kecepatan tinggi.
  - j) Menggunakan pasokan listrik yang relatif murah.
  - k) Memungkinkan pengontrolan yang tepat dari variabel pengelasan.
  - l) Dapat digunakan untuk mengelas hampir semua logam, termasuk sambungan yang berbeda.
  - m) Sumber panas dan penambahan filler metal pada sambungan logam yang berbeda, dapat dikontrol secara manual.
- 2) Kekurangan
- a) *Wire-feeder* memerlukan pengontrolan atau proses secara bertahap
  - b) Sewaktu-waktu dapat terjadi *burnback*

## 2. Kampuh V Tunggal

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. Kampuh V Tunggal banyak digunakan pada sistem sambungan pada pelat-pelat tebal. Untuk pengelasan dengan kampuh V tunggal dilakukan pengelasan pada satu sisi (*single side*) dengan urutan pengelasan mulai dari akar (*root*), pengisian (*Filler*), dan penutup (*caping*). Hasil penyambungan logam melalui pengelasan hendaknya menghasilkan sambungan yang berkualitas dari segi kekuatan dan lapisan las dari bahan atau logam yang dilas, di mana untuk menghasilkan sambungan las yang berkualitas hendaknya kedua ujung/bidang atau bagian logam yang akan dilas perlu di berikan suatu bentuk kampuh las tertentu.

Banyaknya lapisan untuk mengelas kampuh V ditentukan oleh tebalnya pelat. Sudut kemiringannya  $60^\circ$ . Pengelasan lapisan akar sebaiknya menggunakan

alas (landasan), supaya penembusan akarnya bebas, sehingga dengan demikian dapat menghasilkan pengelasan lapisan akar yang baik. Sambungan kampuh V dipergunakan untuk menyambung logam atau plat dengan ketebalan 6-15 mm. Sambungan ini terdiri dari sambungan kampuh V terbuka dan sambungan kampuh V tertutup. Sambungan kampuh V terbuka dipergunakan untuk menyambung plat dengan ketebalan 6-15 mm dengan sudut kampuh antara  $60^{\circ}$ - $80^{\circ}$ , jarak akar 2 mm, tinggi akar 1-2 mm ( Sonawan, 2004). Kampuh V tunggal terbuka dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Kampuh V (Sonawan, 2004)

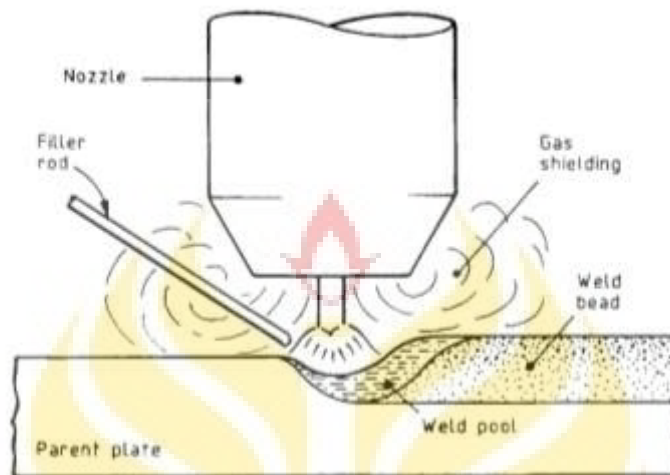
### 3. Pengelasan TIG

*Tungsten Inert Gas (TIG) welding*, disebut juga *Gas Tungsten Arc Welding* adalah proses pengelasan terjadi dengan menggunakan *tungsten* elektroda (*non-consumable tungsten*). Area cekungan pengelasan terlindungi (tertutupi) oleh sejenis perisai yang terbuat dari gas (biasanya gas *argon*, *helium* atau kombinasi keduanya). *Argon* lebih sering dipilih untuk proses *TIG welding*, karena sifatnya yang lebih berat dari udara dan dapat menghasilkan perlindungan terhadap *welding area* yang lebih baik (Weman, Klas. 2012. *Welding Processes Handbook Second Edition*.)

Penggunaan elektroda tidak habis (*non-consumable electrode*) selama pengelasan, diperlukan tambahan logam untuk mengisi ruang pada kampuh, bahan pengisi ini dinamakan *tigrod/filler metal* (Lucas, W, 1990). Penggunaan *TIG*



*Welding*, seseorang dapat melakukan berbagai jenis pekerjaan las pada logam yang berbeda. Baja, aluminium, *stainless steel*, logam *ferrous* dan *non-ferrous* lainnya.



Gambar 2. Pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)*. (Lucas, W. 1990).

#### 4. Peralatan Pengelasan *TIG*

Peralatan pengelasan *TIG* meliputi: mesin las *DC*, *welding gloves*, topeng las, *shielding gas*, *flowmeter gas*, kabel dan selang gas, *tungsten electrode*, *TIG torch*, *filler metal*. Berikut adalah penjelasan dari peralatan-peralatan tersebut:

##### a. Mesin Las *DC*

Mesin las *DC* merupakan mesin las pembangkit arus *DC* yang digunakan pada proses las *GTAW*. Sekarang ini teknologi pengelasan telah berkembang pesat termasuk pada mesin las sekarang yang lebih canggih, ada beberapa yang masih manual, namun saat ini mesin las banyak menggunakan mesin las otomatis. Sebagai contoh mesin las Lorch V 30 (*DIN EN 60974-1*) dengan arus 3-300 A.



Gambar 3. Mesin Las LORCH V 30 (DIN EN 60974-1) 3-300 A.

### b. Shielding Gas/Gas Pelindung

Proses pengelasan GTAW wajib hukumnya menggunakan gas pelindung untuk melindungi daerah busur las, gas yang biasa digunakan adalah *argon* dan *helium*. Perlu diperhatikan dalam pemilihan *shielding gas* harus sesuai standar internasional.

Menurut *European Standard EN ISO 14175 Welding consumables - Gases and gas mixtures for fusion welding and allied processes* mengandung gas: *argon, helium, carbon dioxide, oxygen, nitrogen* dan *hydrogen*. Berikut adalah tabel spesifikasi dari kandungan gas EN ISO 14175:

Tabel 1. Kandungan pada *Shielding Gas*.

Type of Gas	Specified at 0 °C and 1.013 bar (0.101 MPa)		Boiling Point at 1,013 bar °C	Reaction Behaviour During Welding
	Density (air = 1,293) kg/m <sup>3</sup>	Relative Density to Air		
Argon Ar	1.784	1.380	-185.9	Inert
Helium He	0.178	0.138	-268.9	Inert
Carbon dioxide CO <sub>2</sub>	1.977	1.529	-78.5	Oxidizing
Oxygen O <sub>2</sub>	1.429	1.105	-183.0	Oxidizing
Nitrogen N <sub>2</sub>	1.251	0.968	-195.8	Low reactive
Hydrogen H <sub>2</sub>	0.090	0.070	-252.8	Reducing

Sumber: EN ISO 14175 *Welding consumables - Gases and gas mixtures for fusion welding and allied*.



Gambar 4. *Shielding Gas/Gas Pelindung. (EN ISO 14175)*

### c. *Regulator dan Flowmeter*

*Regulator* adalah pengatur tekanan gas yang akan digunakan di dalam pengelasan *TIG*. *Regulator* berfungsi untuk menunjukkan tekanan kerja dan tekanan gas di dalam tabung. Sedangkan *Flowmeter* digunakan untuk menunjukkan besarnya aliran gas pelindung yang dipakai di dalam pengelasan *TIG*. Penggunaan *Flowmeter* dan *Gas Regulator* harus sesuai standar internasional. *ISO 2503:2009* adalah standar *Flowmeter* dan *Gas Regulator*.



Gambar 5. *Flowmeter dan Gas Regulator ISO 2503:2009.*

### d. *Cable Adaptor dan Selang Gas*

Berfungsi sebagai menghantarkan arus dari mesin las menuju *handle* las, begitu juga aliran gas dari mesin las menuju *handle* las. Sedangkan perangkat pengikat berfungsi mengikat selang dari tabung menuju mesin las dan dari mesin las menuju pembakar las. *Cable Adaptor* dan Selang Gas yang

akan digunakan harus sesuai standar internasional, seperti *Cable Adaptor* dan Selang Gas yang bersertifikat *ISO 3821* dan *ISO 9001*.



Gambar 6. *Cable Adaptor* dan Selang Gas *ISO 3821* dan *ISO 9001*.

**e. TIG Torch**

*TIG torch* dirancang baik secara penggunaan otomatis atau manual dan dilengkapi dengan sistem pendingin menggunakan udara atau air. Sistem pendingin udara yang paling sering digunakan untuk pengelasan dengan arus rendah (200 A), sedangkan pendingin air diperlukan untuk pengelasan dengan arus tinggi saat ini (600 A). *Torch* yang digunakan harus sesuai standar internasional. Sebagai contoh adalah dengan *ISO 9001:2008*.



Gambar 7. *TIG Torch ISO 9001:2008*.

### f. Elektroda Tungsten

Elektroda *tungsten* berfungsi sebagai pembangkit busur nyala selama dilakukan pengelasan. Elektroda ini tidak berfungsi sebagai bahan tambah. Berikut contoh daftar tabel elektroda dan gambar elektroda:

Tabel 2. Jenis-jenis Elektroda *Tungsten* (ISO 6848:2004)

Klasifikasi AWS	Komposisi	Kode Warna
EWP	<i>Tungsten</i> murni	Hijau
EWCe-2	97,3 % <i>tungsten</i> , 2 % <i>cerium oxide</i>	Orange
EWLa-1	98,3 % <i>tungsten</i> , 1 % <i>lanthanum oxide</i>	Hitam
EWTh-1	97,3 % <i>tungsten</i> , 1 % <i>thorium oxide</i>	Kuning
EWTh-2	99,1 % <i>tungsten</i> , 2 % <i>thorium oxide</i>	Merah
EWZr-1	99,1 % <i>tungsten</i> , 0,25 % <i>zirconium oxide</i>	Coklat
EWG	94,5 % <i>tungsten</i>	Abu-abu

Sumber: AWS A5.12M/A5.12:2009



Gambar 8. Elektroda *Thoriated Tungsten* (American Welding Society (AWS)).

Elektroda *tungsten* murni biasa digunakan untuk pengelasan AC pada pengelasan *aluminium* maupun *magnesium*. Elektroda *tungsten thorium* digunakan untuk pengelasan DC. Elektroda *tungsten Zirconium* digunakan untuk AC-HF Argon dan AC *Balanced Wave Argon*. Elektroda *tungsten* disediakan dalam berbagai ukuran diameter dan panjang. Untuk diameter dari

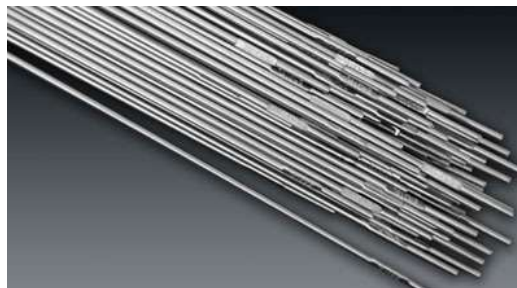
mulai ukuran 0,8 mm sampai dengan 15 mm. Untuk panjang disediakan mulai dari 76,2 mm sampai dengan 609,6 mm.

Pengasahan elektroda *tungsten* dilakukan secara membujur dengan arah putaran gerinda. Pengasahan dengan arah ini akan mempermudah aliran arus yang akan digunakan pada pengelasan, sebaliknya jika penggerindaan dilakukan secara melintang dengan arah putaran batu gerinda akan mengakibatkan terhambatnya jalannya arus yang digunakan untuk mengelas.

#### **g. Bahan Tambah / Filler**

Bahan tambah (*filler*) adalah suatu batang logam yang digunakan sebagai bahan pengisi. Penggunaan kawat las ini harus disesuaikan dengan jenis bahan yang akan di-las. Bahan tambah yang tersedia adalah seperti baja lunak, besi tuang, *stainless steel*, tembaga, paduan tembaga, *aluminium*, dan paduan *aluminium*.

Contoh *Filler Metal* berstandar internasional adalah *filler Electrode Rod 308L (ER308L)* berstandar *American Welding Society (AWS) A5.9*. *Filler ER308L* digunakan untuk pengelasan *stainless steel* seperti jenis: 301, 302, 304, 304H, 305, 308 dan 308H. Kandungan bahan pada *filler* ini adalah:  $C=0.05\%$ ,  $Si=0.46\%$ ,  $Mn=1.65\%$ ,  $Cr=20.45\%$ ,  $Ni=9.85\%$ .



Gambar 9. *Filler ER308L (AWS A5.9)*

## 5. Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro yang dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin UNNES bertujuan untuk mengetahui struktur mikro yang terkandung pada *HAZ*, logam induk dan daerah las-an.



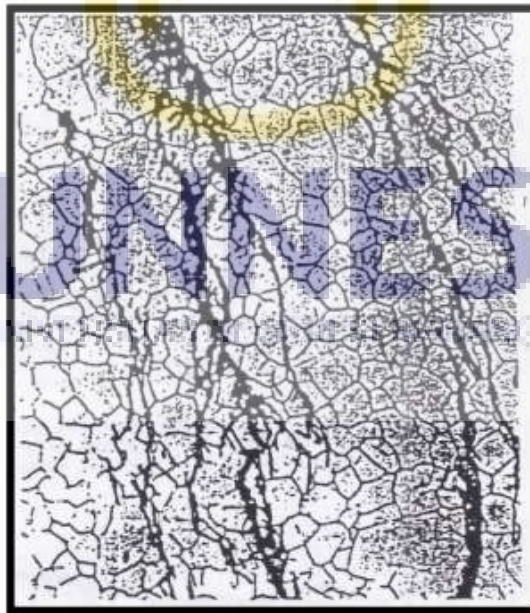
Gambar 10. Struktur *Ferrite* dan *Pearlite* pada *Stainless Steel 304* Pembesaran 75x. (*Metals Handbook 8th Edition Vol.7 Atlas of Microstructures of Industrial Alloys*)



Gambar 11. Fase *Austenit* yang Terdiri dari Struktur *Ferrite* Pembesaran 500x (*Metals Handbook 8th Edition Vol.7 Atlas of Microstructures of Industrial Alloys*)

Pada Gambar 16 terdapat struktur *ferrite* dan *pearlite* pada *stainless steel* 304. Struktur *ferrite* pada bagian yang gelap dan *pearlite* pada bagian yang cerah. Struktur *ferrite* terbentuk akibat konsentrasi karbon dan panas yang tinggi pada *HAZ* akan mendorong difusinya karbon dari *HAZ* ke sisi *stainless steel* dan

membentuk Cr Carbida pada *HAZ*. Dikutip dari forum diskusi pada situs migas-indonesia.com, bahwa proses pembentukan ferrite mencakup hal berikut: a. *Driving force* process difusi adalah panas (*Heat input* dari proses pengelasan) dan perbedaan konsentrasi (%wt atom). b. *Heat input* dari proses pengelasan mengakibatkan Cr mengalami difusi. c. Daerah yang kaya Cr bertransformasi dari *austenite* ke *ferrite* karena Cr adalah *ferrite stabilizer*. *Pearlite* terbentuk diawali dengan tumbuhnya inti sementit pada batas butir austenit. Sementit tumbuh dengan kadar karbon 6.67% diperlukan sejumlah karbon yang diperoleh dari austenit disekitarnya, yang mengeluarkan karbon untuk dapat menjadi *Ferrite*. Karbon akan menyebar ke sekeliling dan membentuk lapisan-lapisan. Proses ini berlangsung terus menerus sehingga akan diperoleh struktur yang berlapis-lapis (*lamellar*) yang terdiri dari *ferrite* dan sementit yang disebut *pearlite*.



Gambar 12. Fase *Austenite* yang Terdiri dari *Grain Boundaries* Pembesaran 200x. (*Metals Handbook 8th Edition Vol.7 Atlas of Microstructures of Industrial Alloys*)





Gambar 13. Fase *Austenite* yang Terdiri dari *Grain Boundaries* Pembesaran 1000x. (*Metals Handbook 8th Edition Vol.7 Atlas of Microstructures of Industrial Alloys*)

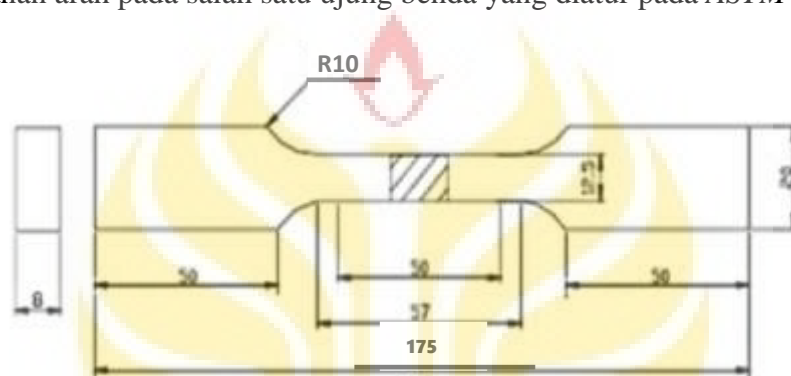


Gambar 14. Fase *Austenite* yang Terdiri dari *Grain Boundaries* (*Metals Handbook 8th Edition Vol.7 Atlas of Microstructures of Industrial Alloys*)

## 6. Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik (*tensile test*) bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan

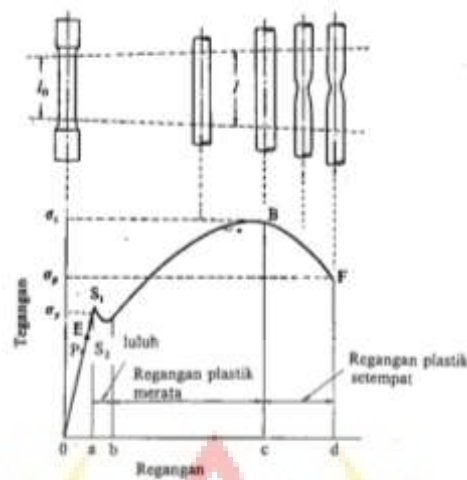
untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda yang diatur pada *ASTM E8/E8M-09*.



Gambar 15. Spesimen Uji Tarik (standar *ASTM E8/E8M-09*)

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap *atom* logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Pengujian tarik beban diberikan secara *continue* dan pelan–pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan – regangan yang ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 16. Kurva Tegangan-Regangan (Wiryosumarto, 2000)

Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa penambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada beban.

Sampel hasil pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa tampilan perpatahan diilustrasikan pada gambar sesuai dengan tingkat keuletanya. Berikut adalah gambar ilustrasi penampang samping bentuk perpatahan benda uji tarik sesuai dengan tingkat keuletan/kegetasan:



Gambar 17. Ilustrasi Penampang Samping Bentuk Perpatahan Benda Uji Tarik Sesuai dengan Tingkat Keuletan/Kegetasan (Akhmad, 2009).

Perpatahan ulet memberikan karakteristik berserabut (*fibrous*) dan gelap (*dull*), sementara perpatahan getas ditandai dengan permukaan patahan yang berbutir (*granular*) dan terang. Perpatahan ulet umumnya lebih disukai karena bahan ulet umumnya lebih tangguh dan memberikan peringatan lebih dahulu sebelum terjadinya kerusakan, ini juga terjadi pada sambungan las. Berikut adalah rumus tegangan dan regangan yang akan digunakan:

**a. Perhitungan Tegangan ( $\sigma_u$ )**

$$\sigma_u = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:  $\sigma_u$  = Tegangan *ultimate* (MPa)

$F$  = Beban maksimal (N)

$A_0$  = Luas penampang mula dari penampang batang (mm<sup>2</sup>)

**b. Perhitungan Regangan ( $\epsilon$ )**

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:  $\epsilon$  = *Elongation* (Regangan) (%)

$L$  = Panjang spesimen setelah diuji tarik (mm)

$L_0$  = Panjang spesimen sebelum diuji tarik (mm)

**7. American Iron and Steel Institute 304 (AISI 304)**

Ilmu pada metalurgi bahan, *stainless steel*, juga dikenal sebagai baja *inox*. *Inox* dari Bahasa Perancis yaitu *inoxydable*, artinya adalah baja paduan mengandung setidaknya 10,5% *chromium*. Disebut sebagai baja tahan karat (*stainless steel*) karena jenis baja ini tahan terhadap pengaruh oksigen dan memiliki lapisan oksida yang stabil pada permukaan baja. Ada beberapa produsen *stainless steel*, salah satunya adalah *American Iron and Steel Institute* (*AISI*). *AISI* adalah sebuah produsen baja dari Amerika Utara. *AISI* terbentuk pada

tahun 1855, dan untuk itu *AISI* adalah yang tertua di Amerika Serikat. Salah satu produk *AISI* adalah *Stainless Steel 304* atau yang sekarang sering disebut *AISI 304*. *AISI 304* merupakan jenis baja tahan karat austenitik. *AISI 304* merupakan baja tahan karat austenitik yang paling sering digunakan, karena lebih tahan terhadap korosi. *AISI 304* dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang. Kandungan pada *AISI 304* adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Kandungan *AISI 304 British Stainless Steel Association (BSSA)*.

<i>Designation</i>		<i>Chemical composition % by mass max unless stated</i>						
<i>AISI No.</i>	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>
304	0.007	0.4- 0.75	2.00	0.045	0.01- 0.030	17.5-19.5	-	8.0-12.0

Sumber: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=183>

## B. Penelitian yang Relevan

Ikram (2013) melakukan penelitian yang berjudul, “Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Pengelasan Oksi-asitilen Gas pada *Aluminium Magnesium* ditinjau dari Kekuatan Tarik Bahan”. Tujuan dari penelitian itu adalah untuk mengetahui (1) pengaruh variasi sudut kampuh V terhadap kekuatan tarik bahan *aluminium magnesium*. Hasil dari pengujian menunjukkan pengelasan dengan variasi sudut kampuh V 60° dan 90° pada paduan Al 98% - Mg 1.4% dan Al 97% - Mg 2.2% menunjukkan sudut kampuh 60° mempunyai tegangan tarik rata-rata yang lebih baik dibandingkan sudut kampuh 90°, tegangan yang dihasilkan untuk Al 98 - Mg 1.4% kampuh 60° adalah 118 MPa, Al 98% - Mg 1.4% 90° adalah 107 MPa, Al 97% - Mg 2.2% kampuh 60° adalah 154 MPa, dan Al 97% - Mg 2.2% kampuh 90° adalah 117 MPa. Pengujian pada pengelasan oksi-asitilen gas untuk

paduan aluminium magnesium, menunjukkan bahwa sudut kampuh dan penambahan kadar magnesium mempengaruhi hasil lasan (kekuatan tarik), dan kekuatan tarik rata-rata yang paling baik adalah pada Al 97% - Mg 2.2% dengan sudut kampuh 60°. Penelitian tersebut terdapat kesamaan variabel, yaitu variabel variasi sudut kampuh  $V$  dan kekuatan tarik bahan. Perbedaannya adalah pada bahan dan jenis pengelasan.

Kurniawan, Dedi (2013), melakukan penelitian yang berjudul, “Pengaruh Model Kampuh dan Jenis *Filler Metal* Terhadap Kekuatan Uji Tarik Pada Bahan *Stainless Steel AISI 304* Menggunakan Pengelasan *TIG*”. Hasil analisis data yang dilakukan untuk Hipotesis Pengaruh Model Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik *Stainless Steel 304* diperoleh kesimpulan bahwa  $JK_{0,304} > 0,05$  sehingga hipotesis nihil diterima. Kekuatan tarik hasil las *TIG (Tungsten Inert Gas)* pada bahan *stainless steel 304* dengan menggunakan jenis kampuh (K dan X) tidak mempunyai perbedaan yang berarti, sedangkan untuk hipotesis pengaruh jenis *filler metal* terhadap kekuatan tarik bahan *stainless steel 304* ditinjau dari taraf signifikansinya yang digunakan yaitu 0,05 diperoleh kesimpulan bahwa  $JF_{0,290} > 0,05$  sehingga hipotesis nihil diterima. Kekuatan tarik hasil las *TIG (Tungsten Inert Gas)* pada bahan *stainless steel 304* dengan menggunakan jenis *filler metal (ER 308 L dan ER 316 L)* tidak mempunyai perbedaan yang berarti. Pengaruh interaksi antara model kampuh dan Jenis *filler metal* terhadap kekuatan uji tarik bahan *stainless steel AISI 304* Dilihat dari taraf signifikansi yang digunakan yaitu 0,05%, diperoleh kesimpulan bahwa  $JK*JF_{0,085} > 0,05$  sehingga Hipotesis Nihil ( $H_0$ ) diterima dan ( $H_1$ ) ditolak, kekuatan tarik hasil las

*TIG (Tungsten Inert Gas)* pada bahan *stainless steel AISI 304* dengan interaksi antara jenis kampuh dan jenis *filler metal* tidak mempunyai perbedaan yang berarti. Penelitian tersebut terdapat kesamaan variabel, yaitu variabel *AISI 304* dan kekuatan tarik bahan *AISI*. Perbedaannya adalah pada tipe *filler*.

Buyung R. Machmoed (2012), melakukan penelitian yang berjudul, “Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V (*one side welding*) Sambungan Las *MIG* Terhadap Distorsi dan Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah”. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa distorsi anguler terbesar jika dibandingkan ketiga spesimen dengan sudut 50°, 60°, dan 70° relatif lebih baik pada sudut 70° karena menghasilkan penyusutan penampang secara tegak lurus. Distorsi lengkung (*longitudinal bending distortion*) terbesar terjadi pada spesimen sudut alur 70°. Selain itu pengujian tarik menunjukkan bahwa tegangan tarik *maximum* dan regangan tarik tertinggi terjadi pada spesimen sudut alur 70° sebesar 1938 MPa dan 28,5 % jika dibandingkan antara sudut alur 50° dan 60° relatif lebih baik pada sudut 70°. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara sudut alur, distorsi dan sifat mekanis. Penelitian tersebut terdapat kesamaan variabel, yaitu variabel variasi sudut kampuh V dan kekuatan tarik bahan. Perbedaannya adalah pada jenis pengelasan dan jenis bahan benda kerja.

Widyanto, Nurul (2014). Melakukan penelitian dengan judul, “Analisa Pengaruh Variasi Arus dan Sudut Kampuh Pengelasan *SMAW* Terhadap Tegangan Sisa Pengelasan dan kekuatan Mekanis Sambungan Baja Karbon Rendah”. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis dari berbagai macam sudut kampuh V dan faktor penyebab terjadinya tegangan sisa pengelasan pada

proses pengelasan SMAW baja karbon rendah. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah dengan ketebalan 4 mm, dilas dengan metode SMAW menggunakan elektroda E6013 berdiameter 2,6 mm. Spesimen uji tarik dibuat berdasarkan standart JIS Z 2201 (1968). Berdasarkan hasil pengujian diperoleh Nilai kekuatan tarik yang tertinggi pada pengelasan baja karbon rendah kampuh V pada arus 100 A yaitu sebesar 48,77 kg/mm<sup>2</sup> pada variasi arus 90 A yaitu sebesar 47,49 kg/mm<sup>2</sup> dan pada variasi arus 80 A dengan nilai kekuatan tarik sebesar 47,16 kg/mm<sup>2</sup>. Nilai Tegangan sisa terbesar terjadi pada kampuh V sudut 60° dengan nilai tegangan sisa sebesar 35,19 kg/mm<sup>2</sup> dan nilai tegangan sisa terkecil pada kampuh V pada arus 80 A sudut kampuh 40° dengan nilai tegangan sisa sebesar 2,76 kg/mm<sup>2</sup>. Besar heat input pengelasan berpengaruh pada besar tegangan sisa yang terjadi dimana besar tegangan sisa terbesar terjadi pada variasi Arus 100 A dengan heat input sebesar 226353,78 j/mm dan tegangan sisa terkecil terjadi pada variasi arus 80 A dengan besar nilai heat input sebesar 140464,85 j/mm.

Hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi pada pengelasan dengan variasi arus 100 A dengan nilai kekuatan tarik sebesar 48,77 kg/mm<sup>2</sup>. kemudian nilai kekuatan tarik terbesar kedua pada pengelasan arus 90 A dengan nilai kekuatan tarik sebesar 47,49 kg/mm<sup>2</sup>. dan kekuatan tarik terbesar ketiga pada pengelasan variasi arus 80 A dengan nilai kekuatan tarik sebesar 47,16 kg/mm<sup>2</sup>., hal ini menunjukkan bahwa nilai variasi arus mempengaruhi nilai kekuatan tarik las dan nilai kekuatan tarik ini sebanding dengan peningkatan efisiensi pengelasan. Hal ini menunjukkan bahwa nilai



efisiensi las berpengaruh terhadap kekuatan tarik dimana semakin tinggi efisiensi las semakin tinggi kekuatan tariknya. Penelitian tersebut terdapat kesamaan variabel, yaitu variabel variasi sudut kampuh V dan kekuatan tarik bahan. Perbedaannya adalah pada jenis pengelasan dan jenis bahan benda kerja.

### C. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir pada penelitian ini diuraikan menjadi: pengaruh variasi sudut kampuh V terhadap kekuatan tarik bahan *AISI 304*. Buyung R. Machmoed. (2012). Melakukan penelitian yang berjudul, “Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V (*one side welding*) Sambungan Las *MIG* Terhadap Distorsi dan Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah”. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi sudut kampuh V mempengaruhi kekuatan tarik bahan menjadi lebih baik.

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. Untuk pengelasan dengan kampuh V tunggal dilakukan pengelasan pada satu sisi (*single side*) dengan urutan pengelasan mulai dari akar (*root*), pengisian (*filler*), dan penutup (*caping*). Proses pengelasan lapisan akar sebaiknya menggunakan alas (landasan), supaya penembusan akarnya bebas, dengan demikian dapat menghasilkan pengelasan lapisan akar yang baik. Semakin kecil sudut kampuh, semakin kecil pula *Heat Affected Zone* dan tegangan yang ditimbulkan meningkat, namun apabila sudut semakin kecil penembusan saat pengelasan tidak sempurna, sedangkan semakin besar sudut kampuh, semakin besar pula *Heat Affected Zone* dan tegangan yang ditimbulkan menurun, sehingga

penggunaan sudut kampuh yang semakin kecil kekuatan tarik bahan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan sudut kampuh yang lebih besar. Berdasarkan uraian di atas diharapkan dapat diketahui sudut yang tepat digunakan untuk pengelasan *stainless steel AISI 304* dengan meninjau data yang dihasilkan pada tahap penelitian.



## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### A. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis struktur mikro dan kekuatan tarik *AISI 304* setelah dilakukan variasi sudut kampuh V pada pengelasan *TIG* disimpulkan:

1. Hasil pengujian struktur mikro pada logam las seperti *ferrite widmanstatten*, *austenite grain boundary* dan *ferrite*. Perbedaan yang signifikan dipengaruhi sudut kampuh, dengan sudut kampuh  $50^\circ$  letak butir-butir *ferrite* lebih besar dari pada sudut kampuh lainnya.
2. Sudut kampuh yang kuat untuk pengelasan *TIG* dengan bahan *stainless steel AISI 304* adalah sudut  $50^\circ$ . Karena pengaruh *HAZ*, logam dasar yang terpengaruh *HAZ* mengalami perubahan struktur dan mengurangi kekuatan tarik, sehingga sudut kampuh yang lebih besar dari  $50^\circ$ , semakin besar *HAZ* yang dihasilkan pada logam dasar, dan sudut kampuh yang lebih kecil dari  $50^\circ$  semakin kecil *HAZ* yang dihasilkan namun hasil las-an tidak menembus sempurna.

#### B. Saran

1. Pengelasan *TIG* pada *stainless steel AISI 304* perlu dilakukan pengelasan menggunakan sudut  $50^\circ$ .
2. Perlu ditambahkan inspeksi pada hasil pengelasan untuk mengetahui hasil las sudah sesuai dengan spesifikasi, karena cacat las yang terjadi akibat kesalahan pada proses pengelasan akan mempengaruhi data dari proses pengujian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah. 2011. Perubahan Struktur Mikro dan Sifat Mekanik pada Pengelasan *Drum* Baja Karbon Wadah Limbah Radioaktif. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah* Volume 14.
- Akhmad. 2009. *Departemen Metalurgi dan Material*. Universitas Indonesia.
- ASM. 1993. *Welding, Brazing and Soldering* (9<sup>th</sup> Ed. Vol. 06). Ohio: ASM International.
- ASTM. 2012. *Annual Book of ASTM Standards*. Volume 3. West Conshohocken: American Society for Testing and Material.
- Buyung, R. Machmoed. 2012. Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V (*one side welding*) Sambungan Las MIG Terhadap Distorsi dan Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah.
- Callister, W.D. 2007. *Material Science and Engineering* (7<sup>th</sup> Ed.). New Jersey: John Wiley & Sons
- Ikram. 2013. Studi Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Pengelasan Oksiasitilen Gas Pada Paduan Aluminium Magnesium Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Bahan
- Jeffus, L. 2012. *Welding: Principles and Applications* (7<sup>th</sup> Ed.). Boston: Cengage Learning.
- Kurniawan, Dedi. 2013. Pengaruh Model Kampuh Dan Jenis *Filler Metal* Terhadap Kekuatan Uji Tarik Pada Bahan *Stainless Steel AISI 304* Menggunakan Pengelasan TIG.
- Lucas, W. 1990. *TIG and Plasma Welding*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Mustaleski, T.M., Gupta, R. dan O'Neill, R. 2010. *American Welding Society (AWS) User's Guide to Filler Metals*. Florida: American Welding Society.
- Nawari. 2010. *Analisis Regresi Dengan MS Excel 2007 Dan SPSS 17*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Sonawan, H. dan Suratman, R. 2004. *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Bandung: Alfabeta.
- Weman, Klas. 2012. *Welding Processes Handbook* (2<sup>nd</sup> Ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Widharto, S. 2001. *Petunjuk Kerja Las*. Jakarta: Pradnya Paramita.

- Widyanto, N. 2014. Analisa Pengaruh Variasi Arus dan Sudut Kampuh Pengelasan SMAW Terhadap Tegangan Sisa Pengelasan dan kekuatan Mekanis Sambungan Baja Karbon Rendah. E-Jurnal Teknik Mesin, Vol.1 No.2.
- Wiryo Sumarto, H. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.

