

**PERBEDAAN HASIL PENGELASAN FILLET T-JOINT VERTIKAL UP  
DAN VERTIKAL DOWN TERHADAP BENDING TEST  
PADA LAS BUSUR LISTRIK SMAW**

**SKRIPSI**



**Oleh:**

**NOVRIZAL HYDAYAT  
NIM. 1201960**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI**

**Judul : PERBEDAAN HASIL PENGELASAN FILLET T-JOINT  
VERTIKAL UP DAN VERTIKAL DOWN TERHADAP  
BENDING TEST PADA LAS BUSUR LISTRIK SMAW**

**Nama : Novrizal Hidayat**  
**NIM/BP : 1201960/2012**  
**Program studi : Pendidikan Teknik Mesin**  
**Jurusan : Teknik Mesin**  
**Fakultas : Teknik**

**Padang, Januari 2017**

**Disetujui Oleh:**

**Pembimbing I,**

  
**Drs. Purwantono, M.Pd.**  
**NIP. 19630804 198603 1 002**

**Pembimbing II,**

  
**Drs. Arzal, M.Kes.**  
**NIP. 19610814 199103 1 004**

**Mengetahui:**

**Ketua Jurusan Teknik Mesin FT-UNP**  
  
**B. Arwizet K. S.T., M.T.**  
**NIP. 19690920 199802 1 001**

## PENGESAHAN

Dinyatakan Lulus Setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang

Judul : **PERBEDAAN HASIL PENGELASAN FILLET T-JOINT  
VERTIKAL UP DAN VERTIKAL DOWN TERHADAP  
BENDING TEST PADA LAS BUSUR LISTRIK SMAW**

Nama : Novrizal Hidayat  
NIM/BP : 1201960/2012  
Program studi : Pendidikan Teknik Mesin  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Padang, Januari 2017

### Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. Purwaniono, M.Pd.	1. 
2. Sekretaris	: Drs. Irzal, M.Kes.	2. 
3. Anggota	: Drs. Syahrul, M.St.	3. 
4. Anggota	: Drs. Jasman, M.Kes.	4. 
5. Anggota	: Drs. Nely Erizon, M.Pd.	5. 

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Januari 2017

nyatakan,  
  
Novrizal Hidayat

NIM. 1201960



Dalam serigai lonjak laka aku berusaha mencupatkan harapan ber-ibu yang dahulu melahut di diriku, meski belum semua itu terwujud. Insyaallah atas bimbingan Allah SWT, semua mimpi itu akan terjawab di masa penuh kebahagiaan nanti. Untuk itu kupersembahkan ungkapan terima kasih ini kepada:

Untuk adik dan kakak, Nisa. "Duh, kenapa aja uda kahor, sem di share an ayah ja samt, ha u ketu. i Nam jelah uca wisada dolo, kok kanyo pinalah kua uca kua uca, baik emek pinalah rang gash. i Ade pada, uca kua, Ade uraba, ade rasaha" kan baturu ka. i Koke dipak kaban ber cê nua ayah ja ama kangpang salamu ka unta. kadepanya, masitah samu-samu kaja i aruakan buhanya, uca banga an di samu-samu amah ja uca marentakan samu kua uca urang carolan, uca uca mawosiah, zeta ja ama bisa buak kaban masise uangnya bu uca amah amacam amah nan adiregku tigo suah dagan ka. i!

Have you nil...?

"Hidupku terlalu berat menanggung diriku sendiri tanpa kehadiran kamu" *"In love and missing you."*  
"Tuh, ada tempat terbaik, untuk berpisah seperti selama ber-ibu sahabat-sahabat terbaik..."

Sahabatku!

"Tampala sebat aku tak pernah berati, tanpamu sebat aku bukan siapa siapa yang takkan jadi apa apa", itu sebatu sekaligus sahabatku. Alah, Febria Zefri (Ria) apa kabarnya sebat, semoga engah tering di akan uca. Suka uca lebih kua an. tanu ku tahu perjalanan ku untuk dapat menyelesaikan per-udhan ku, dan megal terasa berat dipunda. ku ini menjalani kehidupan tanpa batin mu, teman yang lebih dari sahabat, yang mencokot jaja untuk dapat memanggalkan orang tua kita masing-masing, dan abahnya aku yang beruang sebatu tanpa batin mu. berati, sungguh berat, tapi takkan pernah ada kata untuk putus asa dalam diri, untuk memantapkan diri yang ada di hadapan, dan tetap semangat demi meraih masa depan, dan semoga semangat itu tambah kerabih? ketekunan jawaban dari pertanyaan itu, sejak aku mengasih engah wakti sebatu, sahabatku yang ramah, aku sudah, bahwa masih ada teman yang melalui lutan dari saudara yang memuatkan semangat menghadapi situasi ini, dan sahabatku ini adalah: ka. Hiko Suputra (Rene Karpuang), Mingsi Ibrama (Kuning Hani), Nofezul Hendar (Dimpunabali), Abdi Marjuna (Para Pecundang), Salafia Karti (Mas Vini), Augustus (Agah) dan terakhir Dani Dania (Hekama Tadzah). "Dececi Rida" orang kanyang donat non pulang peserua. Hebing, Hendri urang nar naf dan bingkahi uca an mengambal kepriuan atas Vasa, orang yang baik hati dan tidak sombong, semoga ya panyo terit c. ka, karena kasih mata, sudah mau mengasi teman dengan i skya. klotama. @Rizka Nur, orang masuak paling pemudi pada diriku ini, dan Dani Jean, orang paling gagah diantara kami-kami ini, dan masuak dengan kashanya ya, satu jiwa ku sahabat-sahabatku. kalo kua kua saudara ku yang tau ku pamahannya dan de denu, ka kua donat lah nantah ka sinta. iai ka, buhahah ka, hilo ka wana? bulah kua kua di palabuhan ka kua. ka ka looooh...!

Sesuai buku sebatu rekam an ad? Azah? Hui, uca, batin akis, faki, by cudas, irsad, insania, irsan uca, dan masuak kende sebat rekam ku yang adek masuak an masuak an gata masuak, semua kua uca, sebatu beruang dan



## ABSTRAK

### **NOVRIZAL HYDAYAT (2012): PERBEDAAN HASIL PENGELASAN *FILLET T- JOINT* VERTIKAL *UP* DAN VERTIKAL *DOWN* TERHADAP BENDING TEST PADA LAS BUSUR LISTRIK SMAW.**

Tujuan penelitian ini adalah untuk dapat mengetahui perbedaan hasil pengelasan *fillet T-joint* posisi pengelasan vertikal *up* dan vertikal *down* dengan bahan plat baja TRS 400 ketebalan 6 mm, panjang 150 mm, dan lebar 70 mm terhadap bending test menggunakan las busur listrik SMAW (*Shield Metal Arc Welding*). Posisi pengelasan vertikal *up* dan vertikal *down* dilakukan tergantung pada bentuk alur yang akan dilas, seperti konstruksi baja yang ada dilapangan, dimana konstruksi ini terpasang dan tidak dapat dibolak-balik. Maka posisi pengelasan yang harus dilakukan untuk penyambungannya dengan menggunakan posisi pengelasan vertikal.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, proses pengelasan *fillet* dilakukan dengan posisi vertikal dengan dua arah yaitu vertikal *up* dan vertikal *down* dengan jenis sambungan las yaitu *T-Joint*. Proses pengukuran untuk hasil daerah pengelasan menggunakan alat ukur daerah las yaitu *fillet gauge*, dan *height gauge* untuk menentukan mutu dari hasil pengelasan. Pengujian pada spesimen pengelasan vertikal *up* dan vertikal *down* dilakukan menggunakan media bending *test* dengan cara memberikan gaya tekan terhadap spesimen uji, proses ini bertujuan untuk dapat mengetahui kekuatan dari daerah hasil pengelasan dan dapat menentukan perbedaan daerah las pada masing-masing spesimen uji.

Hasil penelitian ini didapat dari grafik pengukuran dan pengujian daerah hasil las pada spesimen *T-joint*, bahwa pengelasan vertikal *up* dan vertikal *down* memiliki dua perbedaan, yang pertama yaitu pada tinggi jalur las, untuk pengelasan vertikal *up* menghasilkan tinggi jalur las sebesar 7,5 mm, sedangkan pada proses pengelasan vertikal *down* tinggi jalur las yang dihasilkan yaitu sebesar 6,8 mm, perbedaan kedua yaitu pada daerah hasil las terhadap pengujian bending, dari kelima spesimen *T-joint* pada pengelasan vertikal *up*, daerah pengelasan menghasilkan patahan yang sama, patahan terjadi pada daerah pengaruh panas saat melakukan pengelasan yang disebut dengan HAZ, sedangkan pada pengelasan vertikal *down*, patahan yang terjadi dari spesimen nomor 1, 2, 3, dan 5 sama dengan yang dialami pada pengelasan vertikal *up*, tetapi untuk spesimen nomor 4 mengalami terangkatnya jalur las akibat dari penetrasi pengelasan yang kurang sempurna.

**Kata Kunci :** *Pengelasan Fillet, Pengelasan Vertikal, Bending Test*

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuni-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul **“Perbedaan Hasil Pengelasan Fillet *T-Joint* Vertikal Up dan Vertikal Down terhadap Bending Test pada Las Busur Listrik SMAW”** ini dengan baik. Shalawat beserta salam tidak lupa pula penulis hadiahkan kepada baginda Rasulullah SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman jahiliyah ke zaman yang berilmu pengetahuan seperti saat sekarang ini.

Laporan penelitian ini ditulis dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penyusunan dan penulisan laporan penelitian ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan perhatian dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd, selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Drs. Irzal, M.Kes, selaku Dosen Pembimbing II.
3. Bapak Drs. Syahrul, M.Si, selaku Dosen Penguji I, penasehat akademik dan Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Drs. Jasman, M.Kes, selaku Dosen Penguji II.
5. Bapak Drs. Nelvi Erizon, M.Pd, selaku Dosen Penguji III.

6. Bapak Arwizet K, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Padang.
7. Seluruh Dosen, Teknisi, dan Karyawan Universitas Negeri Padang.
8. Kedua orang tua tercinta yang selalu mendoakan dan memberi semangat, dukungan moril, materil, serta kasih sayang yang tidak ternilai harganya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
9. Rekan-rekan seperjuangan di Jurusan Teknik Mesin, khususnya angkatan 2012 semoga sukses selalu.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan menjadi amal ibadah dan di terima serta di balas oleh Allah SWT, Amiin. Penulis menyadari dalam penulisan laporan penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, kritik dan saran sangat di harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Padang, Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Batasan Masalah .....	5
D. Rumusan Masalah .....	6
E. Tujuan Penelitian .....	6
F. Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Las SMAW ( <i>Shielded Metal Arc Welding</i> ).....	8
B. Posisi Pengelasan.....	9
C. Prosedur dan Teknik Pengelasan.....	10
1. Prosedur dan teknik Pengelasan Vertikal .....	12

2. Teknik Pengelasan Vertikal <i>Up</i> .....	18
3. Teknik Pengelasan Vertikal <i>Down</i> .....	20
D. <i>Fillet T-Joint</i> .....	21
E. HAZ ( <i>Heat Affected Zone</i> ) .....	22
F. Baja .....	24
1. Baja Karbon .....	24
2. Baja Paduan .....	27
3. Pengelasan Baja Karbon Rendah .....	29
4. Baja TRS 400 .....	29
G. Bending <i>Test</i> .....	30
H. Pemeriksaan Hasil Pengelasan .....	30
I. Kerangka Konseptual .....	32
J. Pertanyaan Penelitian .....	32

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Jenis Penelitian .....	33
B. Waktu dan Tempat Penelitian .....	34
C. Jenis dan Sumber Data .....	34
1. Jenis Data .....	34
2. Sumber Data .....	34
D. Alat dan Bahan .....	35
E. Prosedur Pelaksanaan .....	35
1. Pengelasan Vertikal <i>Up Fillet Welding T-Joint</i> .....	36
2. Pengelasan Vertikal <i>Down Fillet Welding T-Joint</i> .....	37

F. Instrumen Pengumpulan Data .....	39
1. Pengukuran Hasil Daerah Las .....	39
2. Pengujian Daerah Las .....	40
G. Prosedur Penelitian .....	41

#### **BAB IV HASIL PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN**

A. Persiapan Pemeriksaan dan Pengujian .....	42
B. Hasil Pengukuran Spesimen Pengelasan .....	44
C. Analisa Hasil Pengukuran Spesimen Pengelasan .....	45
D. Hasil Pengujian Bending .....	46
1. Pengujian Bending Vertikal <i>Up</i> .....	47
2. Pengujian Bending Vertikal <i>Down</i> .....	48
E. Pembahasan Hasil Pengujian Bending <i>T-Joint</i> .....	50

#### **BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	55
B. Saran .....	56

#### **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Spesifikasi Elektroda Terbungkus .....	16
2. Pemilihan Arus Listrik .....	17
3. Pengaruh Parameter Pengelasan .....	18
4. Acuan Pengelasan Fillet .....	22
5. Klasifikasi Baja Karbon .....	26
6. Spesifikasi Baja TRS 400 .....	30
7. Hasil Pengukuran Spesimen .....	46
8. Analisa Hasil Pengujian Bending <i>T-Joint</i> .....	51

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Las SMAW .....	9
2. Posisi Pengelasan Vertikal .....	10
3. Jenis-jenis Sambungan Dasar .....	13
4. Las Ikat Pada <i>T-Joint</i> .....	19
5. Pengelasan Alur Pertama Vertikal Up .....	19
6. Pengelasan Alur Kedua Pengelasan Vertikal Up .....	20
7. Pengelasan Alur Pertama Pengelasan Vertikal Down.....	21
8. HAZ ( <i>Heat Affected Zone</i> ).....	24
9. Persiapan Awal Pengelasan Sudut Vertikal Up.....	37
10. Persiapan Awal Pengelasan Sudut Vertikal Down.....	40
11. <i>T-Joint</i> .....	40
12. Diagram Alir Prosedur Penelitian .....	42
13. Proses Pengelasan Spesimen <i>T-Joint</i> .....	43
14. Spesimen <i>T-Joint</i> .....	44
15. Bagian Potongan Spesimen <i>T-Joint</i> .....	44
16. Spesimen Vertikal <i>up</i> dan Vertikal <i>Down</i> .....	45
17. Pengujian Bending Spesimen <i>T-Joint</i> .....	45
18. Pengukuran Hasil Daerah Pengelasan <i>Fillet T-Joint</i> .....	46
19. Grafik Perbedaan Pengelasan Vertikal <i>up</i> dan Vertikal <i>Down</i> .....	47

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar belakang**

Perkembangan teknologi yang semakin tahun semakin maju dengan pesat, umumnya di dunia pengelasan. Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Berdasarkan definisi dari DIN (*Deutch Industrie Normen*), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan *lumer* atau cair. Las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tidak bisa terpisahkan dari pertumbuhan ekonomi pada saat ini, karena pengelasan memegang peranan besar dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Hampir tidak mungkin pembangunan suatu konstruksi tanpa melibatkan unsur pengelasan. Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam bidang konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, pipa saluran dan lain sebagainya.

Seiring perkembangan teknologi yang selalu mengalami kemajuan yang sangat pesat, terutama dalam bidang teknik, khususnya pada teknik pengelasan logam, serta untuk memenuhi tuntutan konsumen dalam teknik sambungan las pada logam. Kualitas pengelasan sangat ditentukan oleh

beberapa faktor. Menurut Daryanto (2012:11) beberapa faktor tersebut antara lain bahan logam yang disambung, pengaruh panas, jenis kampuh yang tepat serta jenis elektroda yang digunakan.

Dalam pengelasan dengan busur listrik ada beberapa hal yang harus diperhatikan saat melakukan pengelasan, terutama pada kecepatan ayunan elektroda terhadap hasil las, dalam menentukan kecepatan pengelasan. Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang akan dilas, geometri sambungan, ketelitian sambungan dan lainnya (Wiryo Sumarto dan Okumura, 2008:224).

Pengelasan las busur listrik SMAW, posisi dalam pengelasan menentukan hasil lasan itu sendiri, yang dimaksud dengan posisi atau sikap pengelasan yaitu pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Berdasarkan kode yang ditetapkan oleh AWS, posisi las dikaitkan pada jenis teknik sambungan las, jika sambungan berkampuh (*groove*) maka kode posisinya dengan huruf **G**, untuk posisi *down-hand* 1G, horisontal 2G, vertikal 3G, *over-head* 4G, pipa dengan sumbu horisontal 5G, dan pipa miring 45° 6G. Jika sambungan las tidak berkampuh/tumpul (*fillet*) maka kodenya adalah **F**, untuk posisi *down-hand* 1F, horisontal 2F, vertikal 3F, dan *over-head* 4F, (Djamiko, 2008:12).

Posisi saat pengelasan tergantung pada bentuk alur yang akan dilas seperti posisi pengelasan vertikal digunakan untuk konstruksi rangka baja dilapangan, dimana konstruksi ini terpasang dan tidak terpasang dan tidak dapat dibolak-balik. Maka posisi pengelasan yang harus dilakukan untuk penyambungannya dengan menggunakan posisi pengelasan vertikal. Teknik dan prosedur pengelasan vertikal ini dilakukan secara khusus sesuai dengan kondisi kampuh pada logam itu sendiri. Secara teori pengelasan vertikal ini, dimana cairan logam las akan terjatuh, sehingga jika teknik dan prosedurnya tidak dilakukan secara khusus, maka hasil lasnya dipastikan gagal. Hasil pengelasan vertikal yang sering terjadi seperti keropos, undercut, penetrasi yang kurang, retak, dan lain-lainnya diakibatkan juru las mengabaikan teknik dan prosedur dalam pengelasan ini, yang mana akan mengakibatkan konstruksi yang dilas pada pengelasan vertikal akan mengalami kegagalan, terlebih pengelasan dilakukan oleh juru las yang tidak memiliki sertifikat keahlian dalam pengelasan ini.

Disamping itu saat melakukan pengelasan pada posisi vertikal untuk menghasilkan lasan yang baik, juru las harus menjaga sudut yang tepat antara elektroda dan logam dasar. Pengelasan vertikal yang dilakukan dari bawah ke atas, juru las harus memegang elektroda pada 90 derajat ke vertikal. Dalam pengelasan vertikal ke bawah, kemiringan ujung elektroda ke bawah sekitar 15 derajat dari horisontal sekaligus mempertahankan busur menuju ke atas ke arah logam, sebab ketidak konstantannya sudut elektroda akan menyebabkan manik las kurang rapi.

Manik-manik las kurang rapi terjadi ketika logam las tidak sejajar dan tidak dapat mencakup sambungan yang dibentuk oleh benda kerja. Selain itu, tinggi logam las yang berbeda (naik turun) juga menandakan bahwa manik-manik las kurang rapi.

Jika sambungan yang digunakan dalam aplikasi dari pengelasan vertikal sebagian besar pada *T joints*, lap joints, dan butt joints. Ketika melakukan pengelasan sudut bak itu T joints, lap joints, dan butt joints. Untuk mengelas T joint dalam posisi vertikal, dimulai dari bagian bawah dan las ke atas. Saat melakukan pengelasan ini gerakanelektroda yang digunakan yaituteknik ayunan segitiga, Sedikit jeda ketika saat elektroda meleleh dengan bahan, pada titik-titik tertentu, untuk meningkatkan penetrasi dinding samping dan memberikan fusi baik pada akar sendi.

Dapat didefenisikan sebagai pengelasan yang diterapkan pada permukaan vertikal. Pengelasan tegak vertikal dapat digunakan untuk mendirikan struktur, seperti bangunan, tank, dan jaringan pipa, membutuhkan pengelasan dalam posisi ini. Pengelasan pada permukaan vertikal jauh lebih sulit daripada pengelasan pada posisi datar atau horisontal, karena gaya gravitasi menarik logam turun cair.

Dari aplikasi penerapan posisi pengelasan tegak vertikal yang digunakan dalam metode pengelesan ini, teknik dan prosedur pengelasan SMAW, penelitian ini diberi judul

**“Perbedaan Hasil Pengelasan *Fillet T-Joint* Vertikal *Up* dan Vertikal *Down* terhadap Bending Test pada Las Busur Listrik SMAW”.**

**B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka peneliti dapat mengidentifikasi masalah-masalah yang ada yakni sebagai berikut:

1. Proses pengelasan posisi tegak vertikal sulit dilakukan, karena adanya gaya gravitasi pada pengelasan ini, sehingga perlu pengetahuan akan pentingnya teknik dan prosedur dalam pengelasan posisi vertikal.
2. Sudut elektroda saat melakukan pengelasan vertikal *up* dan vertikal *down* akan menentukan hasil lasan.
3. Sering terjadi cacat las seperti keropos, *undercut*, penetrasi yang kurang, retak dan jenis cacat las lainnya yang mengakibatkan konstruksi yang dilas akan mengalami kegagalan.

**C. Batasan Masalah**

Mengingat sangat kompleknya penelitian dalam pengelasan ini, dan keterbatasan waktu dan biaya selama melakukan penelitian ini , maka peneliti membatasi permasalahannya agar dapat lebih terfokus pada perbedaan hasil las pada pengelasan vertikal *up* dan vertikal *down* terhadap bending tes pada las busur listrik SMAW. Batasan-batasan itu antara lain:

1. Proses pengelasan menggunakan las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*).
2. Jenis arus yang digunakan pada las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) yaitu dengan menggunakan listrik arus AC atau DC.
3. Material logam yang digunakan adalah baja plat TRS 400 dengan ketebalan 6 mm, panjang 150 mm dan lebar 70 mm.
4. Elektroda yang digunakan adalah elektroda Hydrogen Rendah E 7018 diameter kawat 3,2 mm.

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

Berdasarkan batasan masalah diatas, maka dalam penelitian ini dapat dirumuskan masalah sebagai berikut “Bagaimana bentuk dan dimensi perbedaan hasil pengelasan vertikal *up* dan vertikal *down*, ditinjau dari teknik dan prosedur, serta hasil pengelasan dengan menggunakan media pengujian visual bending *test*”.

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

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan hasil pengelasan *fillet T- Joint* menggunakan pengelasan posisi vertikal *up* dan vertikal *down* terhadap uji bending pada las busur listrik SMAW (*Shield Metal Arc Welding*), hasil pengelasan ini ditinjau dari teknik dan prosedur, serta bentuk dan dimensi hasil pengelasan menggunakan media pengujian bending.

## **F. Manfaat penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengetahuan tentang teknik pengelasan pada las busur listrik (*Shield Metal Arc Welding*) khususnya pada posisi pengelasan tegak vertikal.
2. Menambah pengetahuan peneliti tentang perbedaan hasil pengelasan tegak vertikal *up* dan vertikal *down* pada las busur manual SMAW (*Shield Metal Arc Welding*).
3. Dapat dijadikan sumber referensi bagi peneliti selanjutnya khususnya penelitian tentang perbedaan hasil pengelasan vertikal *up* dan vertikal *down* pada las busur listrik SMAW (*Shield Metal Arc Welding*).

## **BAB II**

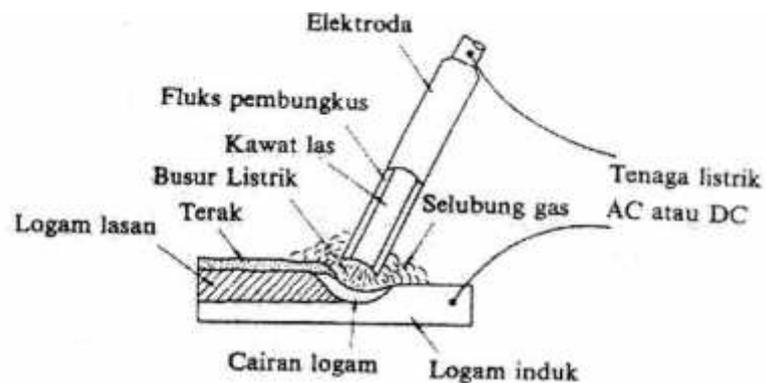
### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)**

Menurut Wiryosumarto dan Okumura (2008:9), Las elektroda terbungkus atau pengelasan busur listrik logam terlindung (*Shielded Metal Arc Welding* atau SMAW) merupakan salah satu jenis yang paling sederhana dan paling canggih untuk pengelasan baja struktural. Proses SMAW sering disebut proses elektroda tongkat manual. Pemanasan dilakukan dengan busur nyala (listrik) antara elektroda yang dilapis dan logam yang akan disambung yang kemudian akan menjadi satu dan membeku bersama.

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa fluks. Elektroda yang dilapis akan habis karena logam pada elektroda dipindahkan ke logam induk selama proses pengelasan. Kawat elektroda (kawat las) menjadi bahan pengisi dan lapisannya sebagian dikonversikan menjadi gas pelindung, sebagian menjadi terak (*slag*), dan sebagian lagi diserap oleh logam las. Bahan pelapis elektroda adalah campuran seperti lempung yang terdiri dari pengikat silikat dan bahan bubuk seperti senyawa flour, karbonat, oksida, paduan logam, dan selulosa. Terciptanya busur nyala listrik menimbulkan panas yang

sangat tinggi, sehingga ujung elektroda mencair membentuk butir-butir logam yang diantarkan oleh busur nyala listrik menuju kampuh sambungan yang dikehendaki dan menyatu dengan logam dasar yang mencair.

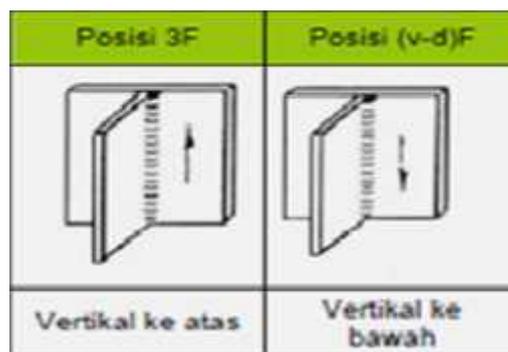


Gambar 1. Las SMAW (Wiryosumarto dan Okumura, 1996)

## B. Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan las busur manual SMAW ada empat posisi yaitu, Menurut Hery Sunaryo (2008) posisi pengelasan datar, vertikal, horizontal, dan di atas kepala (Over Head). Pengelasan Posisi Vertikal (tegak), mengelas dengan posisi tegak adalah apabila dilakukan mengelas dalam jurusan tegak dengan arah pengelasan keatas atau kebawah dan arah pengelasan ini tergantung dari pada jenis elektroda yang dipergunakan, dimana elektroda yang menghasilkan busur nyala yang kurang baik (lemah) dilakukan arah pengelasan keatas dan elektroda yang berbusur nyala baik (keras) dilakukan arah pengelasan kebawah. Disamping itu saat melakukan pengelasan pada posisi vertikal untuk menghasilkan lasan yang baik, juru las harus menjaga sudut yang tepat antara elektroda dan logam

dasar. Pengelasan vertikal yang dilakukan dari bawah ke atas, juru las harus memegang elektroda pada 90 derajat ke vertikal. Dalam pengelasan vertikal ke bawah, kemiringan ujung elektroda ke bawah sekitar 15 derajat dari horisontal sekaligus mempertahankan busur menuju ke atas ke arah logam, sebab ketidak konstannya sudut elektroda akan menyebabkan manik las kurang rapi. Manik-manik las kurang rapi terjadi ketika logam las tidak sejajar dan tidak dapat mencakup sambungan yang dibentuk oleh benda kerja. Selain itu, tinggi logam las yang berbeda (naik turun) juga menandakan bahwa manik-manik las kurang rapi.



Gambar 2. Posisi vertikal (Hery sunaryo:2008)

### C. Prosedur dan Teknik Pengelasan

Prosedur pengelasan adalah suatu perencanaan untuk melaksanakan pengelasan yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai dengan rencana dan spesifikasinya dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Karena itu mereka yang menentukan prosedur pengelasan harus mempunyai pengetahuan tentang teknologi las, dapat menggunakan pengetahuan tersebut dan mengerti

tentang efisiensi dan ekonomi dari aktivitas produksi. Untuk setiap pelaksanaan pekerjaan harus dibuat prosedur tersendiri secara terperinci termasuk menentukan alat yang diperlukan yang sesuai dengan rencana pembuatan dan kualitas produksi.

Adapun prosedur dan teknik dalam melakukan pengelasan adalah sebagai berikut :

a. Persiapan sisi las

Setelah menentukan proses pengelasan, maka geometri sambungan harus ditentukan dengan memperhatikan tingkat dan teknik dari bagian pembuatan, sifat kemampuan pengerjaannya dan kemungkinan penghematan yang akhirnya tertuju pada bentuk alur.

b. Posisi pengelasan dan alat pemegang

Posisi pengelasan sewaktu mengelas akan menentukan hasil dari pengelasan itu sendiri. Pemilihan posisi pengelasan tergantung kepada benda kerja yang akan dilakukan pengelasan.

c. Las ikat dan perakitan

Bagian-bagian yang telah dipersiapkan kemudian distel untuk proses perakitan. Dalam penyetulan ini sering kali bagian-bagian harus dihubungkan satu sama lain, yang bertujuan untuk mempermudah proses pengelasan agar benda kerja tidak mengalami cacat las.

d. Pemeriksaan dan perbaikan alur

Bentuk dan ukuran alur turut menentukan mutu lasan, karena itu pemeriksaan terhadap ketelitian bentuk dan ukurannya harus juga dilakukan pada saat sebelum pengelasan.

e. Pembersihan alur

Kotoran-kotoran seperti karat, terak, minyak, dan lainnya sebagainya bila tercampur dengan logam las dapat menimbulkan cacat las seperti retak, lubang halus, dan lainnya sebagainya yang dapat membahayakan konstruksi.

## **1. Prosedur Pengelasan Vertikal**

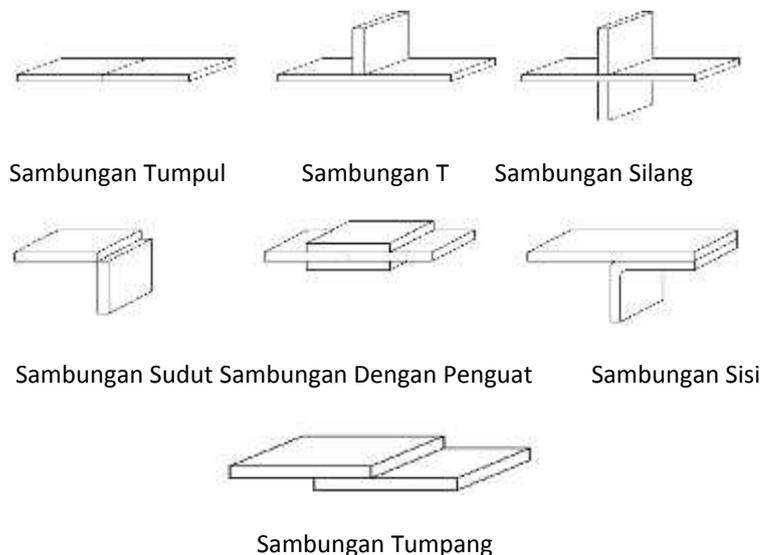
Prosedur dalam pengelasan vertikal penting dilakukan karena dapat dilakukan dengan mengamati proses pengelasannya yang sulit, adapun bagian yang harus direncanakan dalam pengelasan ini yaitu:

### **1) Pemilihan sambungan las**

Sambungan las adalah pertemuan dua tepi atau permukaan benda kerja yang disambung dengan proses menggunakan energi panas. Sambungan las merupakan salah satu faktor penting dalam proses pengelasan karena akan menentukan kekuatan dan kualitas sambungan yang akan dilas. Jenis sambungan tergantung pada faktor-faktor seperti ukuran dan profil batang yang bertemu di sambungan, jenis pembebanan, besarnya luas sambungan yang tersedia untuk pengelasan, dan biaya relatif dari berbagai jenis las.

Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2008) mengatakan bahwa sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya dibagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut di atas terjadi sambungan silang, sambungan dengan penguat, dan sambungan sisi.

Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan sambungan tumpul adalah sambungan T dibentuk dengan menempatkan salah satu bagian logam dasar di tengah, atau dekat pusat bagian lain dari logam dasar dan di sudut kanan pada sambungan itu sendiri, pada sambungan T pengisian logam dasar pada satu sisi atau di kedua sisi, tergantung pada ketebalan dan kekuatan yang dibutuhkan dalam pekerjaan konstruksi.



Gambar 3. Jenis-jenis sambungan dasar  
(Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008)

## 2) Pemilihan elektroda

Pemilihan elektroda pada posisi pengelasan haruslah tepat, karena pemilihan elektroda yang tepat saat melakukan pengelasan akan menjadikan hasil lasan yang baik. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (fluks) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari fluks adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur.

Disamping itu menurut Menurut Daryanto (2012) elektroda terbagi atas elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (*American Welding Society*) dinyatakan dengan tanda E XXXX yang artinya sebagai berikut:

E = Menyatakan elektroda busur listrik.

XX = (angka kedua dan ketiga) sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuan lb/in<sup>2</sup>.

X = (angka ketiga) menyatakan posisi pengelasan. Angka 1 untuk pengelasan segala posisi. Angka 2 untuk pengelasan posisi datar di bawah tangan.

X = (angka keempat) menyatakan jenis selaput dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

Contoh: E 7018

Artinya: E = Elektroda las.

70 = Kekuatan tarik minimum dari deposit las adalah  
(70.000 Psi) atau sama dengan 492 Mpa.

1 = Dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi.

8 = Jenis selaput elektroda Kalium-Hydrogen Rendah

Pengelasan busur listrik yang dilakukan pada pengelasan vertikal gerakan elektroda akan mempengaruhi hasil dari pengelasan itu sendiri. Adapun gerakan elektroda sesuai dengan posisi pengelasan yaitu:

- a. Gerakan arah turun sepanjang sumbu elektroda. Gerakan ini dilakukan untuk mengatur jarak busur listrik agar tetap.
- b. Gerakan ayunan elektroda. Gerakan ini diperlukan untuk mengatur lebar jalur las yang dikehendaki Gerakan elektroda

Pada penelitian ini penulis menggunakan elektroda E 7018 sebagai bahan penelitian. Elektroda E 7018 adalah tipe elektroda hydrogen rendah, elektroda jenis ini pada dasarnya dipakai untuk baja yang mengandung karbon kurang dari 1,5%. Tetapi dapat juga dipakai pada pengelasan besi tuang dengan hasil yang baik.

### 3) Teknik ayunan elektroda

Untuk mendapatkan rigi-rigi yang lebih besar dan memperdalam penembusan, perlu mengayun elektroda. Lima macam ayunan. Pengayunan ini terutama penting dilakukan pada pengelasan *T-Joint* dengan cara pertama dengan tanpa ayunan, untuk pengelasan benda tipis, dan cara yang kedua dengan ayunan setengah lingkaran dan ayunan gergaji, untuk pengelasan benda yang tebalnya sedang.

Tabel 1. Spesifikasi Elektroda Terbungkus Dari Baja Lunak (AWS)  
(Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura , 2008)

Klasifikasi AWS/ASTM	Jenis Fluks	Posisi	Jenis Listrik
E 6010 E 6011 E 6012 E 6013 E 6020 E 6027	Natrium Selulosa tinggi Lakium selulosa tinggi Natrium titania tinggi Kalium titania tinggi Oksida besi tinggi Serbuk besi, Oksida tinggi	F, V, OH, H F, V, OH, H F, V, OH, H H-S, F H-S, F	DC+ AC / DC+ AC / DC- AC / DC± AC / DC- / DC± AC / DC- / DC ±
E 7014 E 7015 E 7016 E 7018 E 7024 E 7028	Serbuk besi titania Natrium hidrogen rendah Kalium hidrogen rendah Serbuk besi hidrogen rendah Serbuk besi, titania	F, V, OH, H F, V, OH, H F, V, OH, H H-S, F H-S, F	AC / DC± DC+ AC / DC+ AC /

### 4) Arus Las

Menurut Daryanto (2012), besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las karena bila arus terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya

merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan yang kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu besar maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu besar maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan menghasilkan permukaan las yang yang lebih lebar dan penembusan yang dalam, oleh sebab itu besar arus untuk pengelasan tergantung pada jenis kawat las yang dipakai, posisi pengelasan serta tebal bahan dasar.

Tabel 2. Pemilihan Arus Listrik

No	Tebal Bahan (mm)	Diameter Elektroda (mm)	Kuat Arus (ampere)
1	Sampai – 1	1,5	20 – 30
2	1 – 1,5	2	35 – 60
3	1,5 – 2,5	2,5	60 – 100
4	2,5 – 4,0	3,2	90 – 120
5	4 – 6,0	4	120 – 180
6	6 – 10	5	150 – 220
7	10 – 16	6	200 – 300
8	Diatas 16	8	280 – 400

Sumber:(Workshop Fabrikasi Teknik Mesin Univesitas Negeri Padang)

##### 5) Kecepatan pengelasan

Pengelasan yang dilakukan pada posisi vertikal, kecepatan pengelasan yang dilakukan tergantung pada jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang dilas, geometri sambungan, ketelitian sambungan dan lainnya. Pengelasan yang dilakukan dengan kecepatan yang tinggi, akan membutuhkan arus las yang

tinggi, karena pengalaman juga menunjukkan bahwa makin tinggi kecepatan makin kecil perubahan bentuk yang terjadi, (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008)

Tabel 3. Pengaruh parameter pengelasan

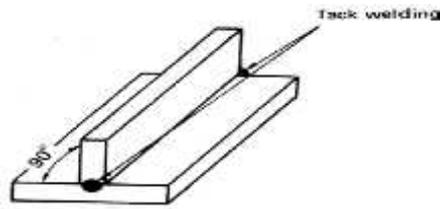
<b>Parameter pengelasan</b>	<b>Sifat Mekanis Logam lasan</b>	<b>Bentuk manik</b>	<b>Busur</b>
Tegangan Busur	Tegangan busur tinggi 1) Kekuatan tarik turun 2) Perpanjangan naik 3) Terjadi lubang halus	Tegangan busur tinggi 1) Manik melebar 2) Penetrasi dangkal 3) Penguatan manik rendah Tegangan busur rendah 1) Manik cembung	Tegangan busur tinggi 1) Busur Panjang 2) Butir percikan besar
Arus las		Arus yang besar 1) Manik melebar 2) Penetrasi dalam 3) Penguatan manik tinggi	Arus yang besar 1) Butiran percikan kecil
Kecepatan pengelasan	Kecepatan tinggi 1) Kekuatan tarik naik 2) Perpanjangan rendah	Kecepatan tinggi 1) Manik menyempit 2) Penetrasi dangkal 3) Penguatan manik rendah	
Kemiringan pengelasan		Miring dan menurun 1) Penetrasi dangkal 2) Manik melebar 3) Penguatan rendah 4) Permukaan manikhalus	Miring dan menurun 1) Busur stabil

*Sumber: (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008)*

## **2. Teknik Pengelasan Vertikal Up**

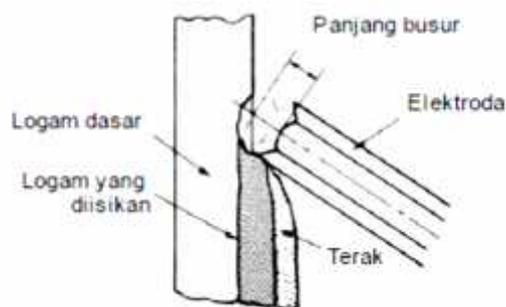
Pengelasan Posisi Vertikal (tegak), pengelasan yang dilakukan dengan pergerakan elektroda dari bawah keatas, yang mana pada penelitian ini penerapan posisi pengelasan vertikal yaitu pada sambungan T dengan mengikuti teknik dalam pengelasannya seperti:

- 1) Pengelasan ikat pada kedua ujung logam yang akan dilas.



Gambar 4. Las Ikat pada *T-Joint* (Hery sunaryo:2008)

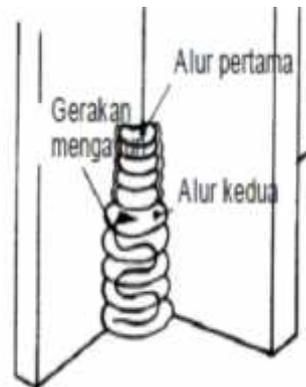
- 2) Penyalaan busur las polaritas arus antara 110-130 Amp, dan sudut elektroda agar dipertahankan pada  $45^\circ$  pada kedua sisi logam yang akan dilakukan pengelasan, dan jarak antara elektroda terhadap arah pengelesan naik yaitu tetap pada sudut  $90^\circ$ . Penyalaan busur saat melakukan pengelasan adalah 10-20 mm diatas titik awal dan balik.
- 3) Pengelasan alur pertama, langkah yang harus dilakukan dalam pengelasan alur pertama ini usahakan gerakan elektroda tetap, sehingga busur selalu berada diatas terak, saat menggerakan elektroda ke arah pengelasan teknik ayunan yang sebaiknya yaitu tanpa gerakan mengayun.



Gambar 5. Pengelasan Alur Pertama (Hery sunaryo:2008)

- 4) Pengelasan alur kedua, gerakan elektroda pada pengisian alur kedua ini adalah dengan cara mengayun elektroda kearah

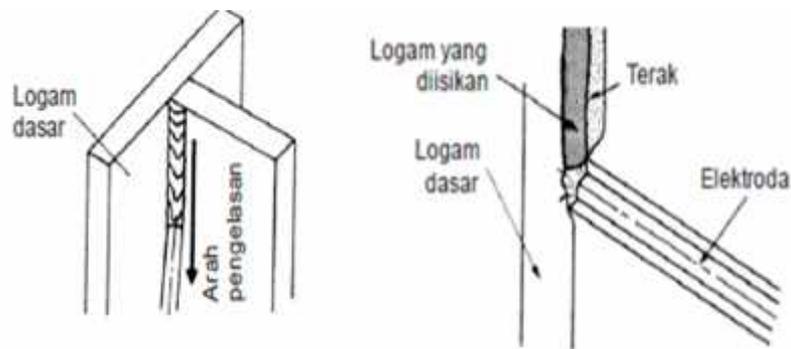
pengelasan, saat melakukan ayaunan berhenti sebentar pada tiap-tiap sisi untuk membuat perpaduan yang rapi.



Gambar 6. Pengelasan Alur Kedua (Hery sunaryo:2008)

### 3. Teknik Pengelasan Vertikal *Down*

Teknik pengelasan vertikal *down* pada *fillet welding T-Joint* tidak jauh berbeda dengan pengelasan vertikal *up*, hanya saja pengelasan vertikal *down* membutuhkan kecepatan lasan yang tinggi dikarenakan logam las terlalu cepat meleleh, pemilihan sudut elektroda pada pengelasan vertikal *down* yaitu  $15^\circ$  dari horizontal, untuk itu teknik penyalaan busur las diperlukan dengan cara mendekatkan elektroda las besentuhan dengan logam dasar yang dilas agar elektroda saat menyatu dengan logam dapat menahan cairan lasan itu sendiri.



Gambar 7. Pengelasan Alur Pertama Vertikal *Down* (Hery sunaryo:2008)

#### D. Fillet T-Joint

Fillet atau disebut pengelasan sudut yang berbentuk *T-Joint* adalah jenis sambungan yang sering digunakan dalam dunia pengelasan, pengelasan *fillet* pada *T-joint* harus memenuhi beberapa standar prosedurnya agar pengelasan yang dilakukan benar-benar mendapatkan hasil yang baik dan tahan lama. Ukuran pengelasan *fillet* dipengaruhi oleh ukuran elektroda, kecepatan las atau panjang lintasan, saat pengelasan dan sudut elektroda. Kecepatan dan panjang lintasan memiliki efek penting pada ukuran dan bentuk sudut las, dan kecenderungan untuk melemahkan hasil kekuatan pengelasan. Kecepatan cukup menyebabkan logam cair menumpuk di belakang busur dan akhirnya tidak merata. Sebaliknya, kecepatan yang berlebihan akan menghasilkan jalur las yang sempit dan tidak teratur sehingga memiliki penetrasi yang buruk, dan mana yang lebih besar elektroda dan arus tinggi yang digunakan, *undercut* mungkin terjadi.

Tabel 4. Acuan Pengelasan *fillet*

Nominal <i>Fillet</i> Size (mm)	Min.Throat Thickness (mm)	Plate Thickness (mm)	electrode Size (mm)
5.0	3.5	5.0–6.3	3.2
6.3	4.5	6.3–12	4.0
8.0	5.5	8.0–12 and over	5.0
10.0	7.0	10 and over	4.0

Sumber. (<http://www.bocworldofwelding.com.au>)

Pengelasan yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan ketebalan plat 6 mm, sesuai dengan tabel diatas menunjukkan untuk pengelasan *fillet T-Joint* minimal plat atau tebal spesimen yang dipilih yaitu throat yang diizinkan 4,5 mm dan ukuran elektroda yang diizinkan 3,2 mm.

#### E. HAZ (*Heat Affected Zone*)

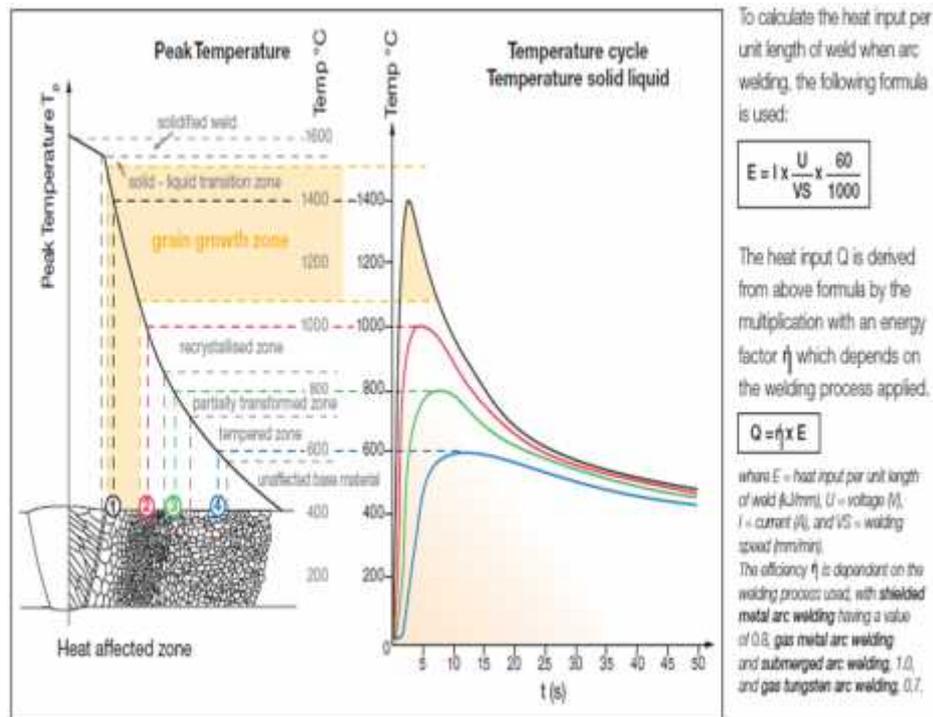
HAZ (*Heat Affected Zone*) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las. Weld metal adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku, komposisi logam las terdiri dari komponen logam induk dan bahan tambah dari elektroda. Ketangguhan (*toughness*) adalah kemampuan suatu material untuk dapat menyerap energi sebelum mengalami patah. Cara pengujian ketangguhan suatu material dapat dilakukan dengan memberikan beban kejut. Cara pengujian tersebut dikenal dengan istilah uji impact. Pada umumnya bahan dengan struktur kristal *body center cubic* (bcc) seperti baja karbon rendah

dan baja paduan menunjukkan sifat getas (*brittle*) pada temperatur rendah. Dengan menggunakan uji impak ini dapat ditentukan temperatur transisi dari sifat ulet ke sifat getas dari suatu material. (Achmad Arifin: <https://achmadarifin.com/welding/struktur-mikro-dan-ketangguhan-hasil-pengelasan-pada-daerah-haz>).

Struktur logam pada sambungan akan berubah secara berangsur dari struktur logam induk menuju ke daerah HAZ kemudian menuju ke struktur logam las, seperti yang ditunjukkan pada gambar. Pada daerah HAZ yang dekat dengan garis lebur, kristalnya akan mengalami pertumbuhan dengan cepat pada saat proses pengelasan berlangsung sehingga membentuk butir-butir kasar, dan daerah ini disebut daerah HAZ kasar, dimana besar butir dan struktur berubah sesuai dengan siklus thermal yang terjadi saat pengelasan dilakukan. Butir-butir kasar yang terjadi pada daerah HAZ akan menyebabkan material menjadi sangat getas. Selain disebabkan butir yang kasar, penggetasan juga dapat disebabkan karena konsentrasi tegangan akibat terjadinya cacat las. Sehubungan dengan hal tersebut maka pengurangan penggetasan pada batas las merupakan usaha yang sangat penting dalam menjamin ketangguhan sambungan las.

Ketangguhan paling baik akan diperoleh bila terbentuk struktur ganda dari martensit dan bainit bawah, sedangkan bila terbentuk bainit atas dan ferit kasar maka ketangguhan las menjadi sangat rendah. Perubahan struktur tersebut disebabkan oleh perbedaan komposisi kimia

dan perbedaan kecepatan pendinginan karena panas pengelasan, pemanasan mula.



Gambar 8. Heat affected zone

## F. Baja

Baja adalah campuran besi dan karbon, dengan kandungan karbon maksimum 1,5%. Karbon terjadi dalam wujud karbid besi, sehingga meningkatkan kekerasan baja. Baja merupakan paduan besi dan karbon yang dapat berisi konsentrasi dari elemen campuran lainnya. Ada ribuan campuran logam lainnya yang mempunyai komposisi berbeda. Sifat mekanis dari baja sangat sensitif terhadap kandungan karbon, yang mana secara normal kurang dari 1,5%. Sebagian dari baja digolongkan menurut konsentrasi karbon, yakni ke dalam baja karbon rendah, sedang dan tinggi.

## 1. Baja Karbon

Menurut Wahyudin K dan Wahjoe Hidayat (1978), baja karbon adalah paduan besi karbon dimana unsur karbon sangat menentukan sifat-sifatnya, sedangkan unsur-unsur paduan lainnya yang biasa terkandung didalamnya terjadi karena proses pembuatannya. Sifat baja karbon ditentukan oleh prosentase karbon dan struktur mikro.

Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan goresan dan tahan suhu baja. Perbedaan prosentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasi baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

### a. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk martensit.

Baja ini dijadikan mur, baut, ulir sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas silinder, dan penggunaan yang hampir sama (Hari Amanto dan Daryanto, 1999).

### b. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) mengandung karbon 0,3% - 0,6% dan dengan kandungan karbonnya

memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah.

Baja karbon sedang digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros penghubung, poros engkol dan alat angkat presisi (Hari Amanto dan Daryanto, 1999).

#### c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) mengandung 0,6% - 1,5% C dan memiliki kekerasan yang tinggi namun keuletannya lebih rendah hampir tidak dapat diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya martensit sehingga baja menjadi getas.

Baja ini dibuat dengan cara digiling panas. Apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang-batang pengontrol, alat-alat perkakas tangan, palu, tang, pegas kumparan dan sejumlah peralatan pertanian, seperti cangkul dan bajak (Hari Amanto dan Daryanto, 1999).

Tabel 5. Klasifikasi Baja Karbon

Jenis dan kelas		Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Kekerasaan brinell	Penggunaan
Baja karbon rendah	Baja lunak khusus	0,08	18 – 28	32 – 36	40 – 30	95 – 100	Pelat tipis
	Baja sangat lunak	0,08 – 0,12	20 – 29	36 – 42	40 – 30	80 – 120	Batang kawat
	Baja lunak	0,12 – 0,20	22 – 30	38 – 48	36 – 24	100 – 130	
Baja karbon sedang	Baja setengah lunak	0,20 – 0,30	24 – 36	44 – 45	32 – 22	112 – 145	Konstruksi umum
	Baja setengah keras	0,30 – 0,40	30 – 40	50 – 60	30 – 17	140 – 170	Alat-alat mesin
Baja karbon tinggi	Baja keras	0,40 – 0,50	34 – 46	58 – 70	26 – 14	160 – 200	Perkakas
	Baja sangat keras	0,50 – 0,80	36 – 47	65 – 100	20 – 11	180 - 235	Rel, pegas, dan kawat piano

Sumber. (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2000)

## 2. Baja Paduan

Menurut Wahyudin K dan Wahjoe Hidayat (1978), baja paduan adalah baja yang mengandung sebuah unsur lain atau lebih dengan kadar yang berlebih pada kadar biasanya dalam baja karbon. Unsur-unsur yang biasanya terdapat dalam baja karbon adalah C, Mn, Si, P dan S. Untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih baik maka kadar Mn atau Si ditambah, atau unsur-unsur lain seperti Cr, Ni, Mo, Co, Ti, W dan sebagainya. Dengan demikian selain memperbaiki sifat-sifat mekanisnya juga memperbaiki sifat tahan korosi, tahan suhu tinggi, tahan aus dan sifat-sifat listrik serta magnetiknya.

Unsur-unsur paduan yang dipakai dalam pembuatan baja paduan terdiri dari satu macam unsur atau lebih dengan kadarnya yang berbeda-beda, tergantung dari keperluan sehingga baja paduan menjadi banyak macam dan jenisnya.

Menurut kadar unsur paduan, baja paduan dapat dibagi dalam dua golongan yaitu baja paduan rendah dan baja paduan tinggi atau baja paduan khusus. Baja paduan rendah adalah baja yang sedikit mengandung unsur paduan dibawah 10%, sedangkan baja paduan tinggi dapat mengandung unsur paduan diatas 10%.

Baja paduan rendah dibagi menurut sifatnya yaitu baja tahan suhu rendah, baja kuat dan baja tahan panas (Harsono Wiryosumarto, 2008).

- a. Baja tahan suhu rendah. Baja ini mempunyai kekuatan tumbuk yang tinggi dan suhu transisi yang rendah, karena itu dapat digunakan dalam kontruksi untuk suhu yang lebih rendah dari suhu biasa.
- b. Baja kuat. Baja ini dibagi dalam dua kelompok yaitu kekuatan tinggi dan kelompok ketangguhan tinggi. Kelompok kekuatan tinggi mempunyai sifat mampu las yang baik karena kadar karbonnya rendah. Kelompok ini sering digunakan dalam kontruksi las. Kelompok yang kedua mempunyai ketangguhan dan sifat mekanik yang sangat baik. Kekuatan tarik untuk baja kuat berkisar antara 50 sampai 100 kg/mm<sup>2</sup>.
- c. Baja tahan panas adalah baja paduan yang tahan terhadap panas, asam dan mulur. Baja tahan panas yang terkenal adalah baja paduan jenis Cr-Mo yang tahan pada suhu 600°C.

Pengelasan yang banyak digunakan untuk baja paduan rendah adalah las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan las MIG

(las logam gas mulia). Perubahan struktur daerah las selama pengelasan, karena adanya pemanasan dan pendinginan yang cepat menyebabkan daerah HAZ menjadi keras. Kekerasan yang tertinggi terdapat pada daerah HAZ.

### **3. Pengelasan Baja Karbon Rendah**

Cara pengelasan baja karbon rendah dapat dilas dengan semua cara pengelasan yang ada di dalam praktek dan hasilnya akan baik bila persiapannya sempurna dan persyaratannya dipenuhi. Pada kenyataannya baja karbon rendah adalah baja yang mudah dilas.

Baja karbon rendah mempunyai kepekaan retak las yang rendah bila dibandingkan dengan baja karbon lainnya atau baja paduan. Tetapi retak las pada baja ini dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan pelat tebal atau bila di dalam baja tersebut terdapat belerang bebas yang cukup tinggi. Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi mampu las baja karbon adalah kekuatan takik dan kepekaan terhadap retak las. Kekuatan takik pada baja karbon rendah dapat dipertinggi dengan menurunkan kadar karbon (C) dan menaikkan kadar mangan (Mn) (Harsono Wiryosumarto, 2008).

### **4. Baja TRS 400**

Pada penelitian ini penulis menggunakan bahan baja TRS 400 sebagai bahan penelitian. Baja TRS 400 termasuk ke dalam baja karbon rendah karena mengandung karbon kurang dari 0.30%. Karakteristik dari baja TRS 400 ini mudah untuk fabrikasi, ketangguhan dan

ketahanan aus yang baik. Baja TRS 400 banyak digunakan pada konstruksi umum, pabrik semen, industri besi dan baja, dan pertambangan batu bara.

### **G. Bending Test**

Uji lengkung (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di weld metal maupun HAZ. Dalam pemberian beban dan penentuan dimensi mandrel ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Kekuatan tarik (*Tensile Strength*)
2. Komposisi kimia dan struktur mikro terutama kandungan Mn dan C.
3. Tegangan luluh (*Yield*).

### **H. Pemeriksaan dan Pengujian Hasil Las**

Pemeriksaan dan pengujian daerah hasil las adalah bentuk dari pengamatan terhadap proses pengelasan yang telah dilakukan. Menurut Wiryosumarto dan Okumura (2008), peranan pengujian dan pemeriksaan untuk masing-masing pihak diterangkan secara singkat didalam pasal berikut:

#### **1. Peranan, dan pengujian dan pemeriksaan bagi pembuat**

Bagi pembuat peranan dan pengujian dan pemeriksaan adalah untuk menunjang usaha-usaha sebagai berikut:

- 1) Perbaikan kepercayaan, pengamanan mutu dan jaminan mutu.

- 2) Perbaiki teknik pembuatan.
- 3) Pengurangan biaya pembuatan.

## **2. Peranan pengujian dan pemeriksaan bagi pemakai**

Bagi pemakai atau pembeli peranan pengujian dan pemeriksaan adalah:

- 1) Kepastian mutu pada saat pembelian
- 2) Kepastian dan ketahanan mutu selama penggunaan
- 3) Cara untuk memilih pembuat dan memandangkan hasil.

## **3. Peranan pengujian dan pemeriksaan bagi pihak ketiga**

Bagi pihak ketiga pengujian dan pemeriksaan mempunyai peranan sebagai berikut:

- 1) Penilaian terhadap mutu produk.
- 2) Jaminan untuk keamanan masyarakat.

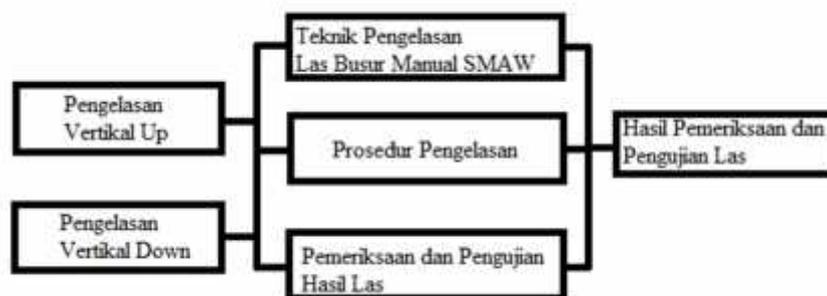
## **4. Tujuan dari pengujian dan pemeriksaan**

Bila diperhatikan dari peranannya seperti dijelaskan diatas, dapat disimpulkan bahwa didalam pengelasan tujuan dari pengujian dan pemeriksaan adalah untuk menjamin mutu dan kepercayaan terhadap konstruksi las.

Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan uji visual merupakan salah satu metode pemeriksaan terpenting yang paling banyak digunakan. Uji visual tidak memerlukan peralatan tertentu dan oleh karenanya relatif murah selain juga cepat dan mudah dilaksanakan.

## I. Kerangka Konseptual

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil pengelasan ditinjau dari teknik dan prosedur serta hasil pengelasan. Pada penelitian ini dilakukan pengelasan pada Material logam yang digunakan adalah baja plat TRS 400 dengan ketebalan 6 mm, panjang 150 mm dan lebar 70 mm. Pengelasan diawali pada posisi pengelasan tegak vertikal *up* dan diakhiri dengan pengelasan tegak vertikal *down* terhadap benda kerja, dengan elektroda E7018 dengan diameter elektroda 3,2 mm. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 9. Kerangka Konseptual

## J. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka konseptual, maka dapat diambil pertanyaan penelitian, yaitu: Apakah ada perbedaan hasil pengelasan posisi vertikal *up* dan vertikal *down* ditinjau dari teknik dan prosedur serta hasil pengujian bending pada pengelasan SMAW ?

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian yang dilakukan pada spesimen uji *T-Joint* pada pengelasan vertikal *up* dan vertikal *down*, perbedaan hasil pengelasan dapat dilihat dari hasil daerah las dan pengujian bending yang dilakukan pada spesimen *T-Joint*.

Hasil penelitian ini didapatkan bahwa pengelasan vertikal *up* dan vertikal *down* memiliki dua perbedaan, yang pertama yaitu pada tinggi jalur las, untuk pengelasan vertikal *up* menghasilkan tinggi jalur las sebesar 7,5 mm, sedangkan pada proses pengelasan vertikal *down* tinggi jalur las yang dihasilkan yaitu sebesar 6,8 mm, perbedaan kedua yaitu pada hasil pengujian daerah pengelasan, dari kelima spesimen *T-joint* pada pengelasan vertikal *up*, daerah pengelasan menghasilkan patahan yang sama, patahan terjadi pada daerah pengaruh panas saat melakukan pengelesan yang disebut dengan HAZ, sedangkan pada pengelasan vertikal *down*, patahan yang terjadi dari spesimen nomor 1, 2, 3, dan 5 sama dengan yang dialami pada pengelasan vertikal *up*, tetapi untuk spesimen nomor 4 mengalami terangkatnya jalur las akibat dari penetrasi pengelasan yang kurang sempurna.

## **B. Saran**

Sesuai dengan hasil penelitian ini, maka disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dalam melakukan pengelasan sebaiknya hasil pengelasan tersebut dilakukan sesuai dengan prosedur yang terdapat dalam pengelasan.
2. Telah dibuktikan bahwa perbedaan pengelasan vertikal *up* dan vertikal *down* dilihat dari hasil daerah pengelasan dan bentuk dimensi las itu sendiri.