

**ANALISIS KEKUATAN TARIK BAJA AISI 4140 HASIL PENGELASAN  
SMAW (*SHIELDING METAL ARC WELDING*)  
MENGUNAKAN KAMPUH X**

**TUGAS AKHIR**



**Oleh:**

**SUHARDI  
1306288/2013**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KEKUATAN TARIK BAJA AISI 4140 HASIL PENGELASAN  
SMAW (SHIELDING METAL ARC WELDING)  
MENGUNAKAN KAMPUH X**

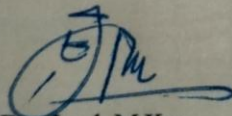
Oleh :

Nama : Suhardi  
NIM/BP : 1306288/2013  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Padang, Februari 2018

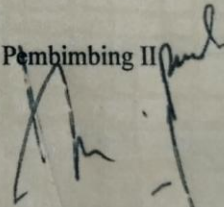
Disetujui Oleh:

Pembimbing I



Drs. Irzal, M.Kes.  
NIP. 19610814 199103 1 004

Pembimbing II



Hendri Nurdin, M.T.  
NIP. 19730228 200801 1 007

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin FT UNP



Dr. Ir. Arwizet K.S.T., M.T.  
NIP. 19690920 199802 1 001

**HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tugas Akhir  
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang


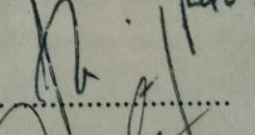
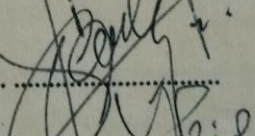
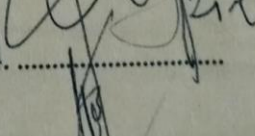
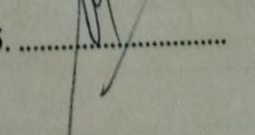
Judul :

**ANALISIS KEKUATAN TARIK BAJA AISI 4140 HASIL PENGELASAN  
SMAW (SHIELDING METAL ARC WELDING)  
MENGUNAKAN KAMPUH X**

Oleh :

Nama : Suhardi  
NIM/BP : 1306288/2013  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Padang, Februari 2018

Tim Penguji	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. Irzal, M.Kes.	1. .... 
2. Sekretaris	: Hendri Nurdin, M.T.	2. .... 
3. Anggota	: Drs. Darmawi, M.Pd.	3. .... 
4. Anggota	: Drs. Yufrizal A, M.Pd.	4. .... 
5. Anggota	: Drs. Purwantono, M.Pd.	5. .... 

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang di tulis atau di terbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Februari 2018

Yang menyatakan,



Suhardi  
306288

## ABSTRAK

**Suhardi :**            **Analisis Kekuatan Tarik Baja AISI 4140 Hasil  
Pengelasan SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*)  
Menggunakan Kampuh X**

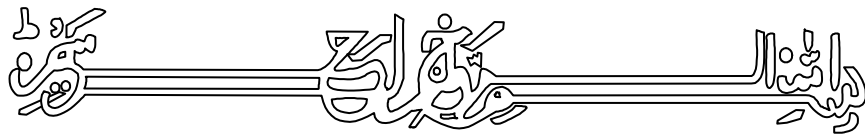
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kampuh X terhadap kekuatan sambungan pengelasan dengan menggunakan elektroda LB52U E7016  $\varnothing 2,6 \text{ mm}$  menggunakan mesin las DC. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon sedang berupa baja AISI 4140 selanjutnya hasil pengelasan tersebut dijadikan spesimen uji tarik, dilakukan pengujian dan mengamati beban yang diterima tiap spesimen dan letak titik putus setelah pengujian, menganalisis tegangan, mencari rata-rata kekuatan tarik dan menyimpulkan.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dimulai pembuatan spesimen dan pembuatan kampuh. Penelitian ini menguji 4 spesimen yang terdiri dari 1 spesimen kontrol tanpa perlakuan pengelasan dan 3 spesimen dengan perlakuan pengelasan menggunakan kampuh X. Masing-masing spesimen di analisa setelah dilakukan uji tarik dan mengambil kesimpulan nilai tegangannya.

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada specimen yang diuji dengan mesin uji tarik *Hydraulic Universal Material Testing Machine* maka di dapatkan nilai kekuatan tarik maksimum  $105,6 \text{ kgf/mm}^2$  dengan beban maksimum  $208,5 \text{ kN}$ . Pada spesimen pengelasan yang menggunakan kampuh X nilai kekuatan tarik maksimum rata-rata dari ketiga spesimen yang diuji adalah  $47,69 \text{ kgf/mm}^2$  dengan rata-rata beban maksimum  $95 \text{ kN}$ . Hasil penelitian ini meneunjukkan nilai kekuatan tarik spesimen pengelasan dengan menggunakan kampuh X memiliki nilai yang baik untuk sambungan, dari nilai tersebut disarankan sebaiknya menggunakan sambungan kampuh X dalam pengelasan logam berbentuk batang.

**Kata Kunci :** *Kekuatan tarik, Pengelasan SMAW, Kampuh X, LB52U E 7016 Baja AISI 4140.*

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuni-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “**Analisis Kekuatan Tarik Baja AISI 4140 Hasil Pengelasan SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*) Menggunakan Kampuh X.**” 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.

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

1. 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.
2. Bapak Drs. Irzal, M.Kes, selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Hendri Nurdin, M.T, selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Drs. Darmawi, M.Pd, selaku Penasehat Akademik dan Dosen Penguji I.
5. Bapak Drs. Yufrizal A, M.Pd, selaku Dosen Penguji II.
6. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd, selaku Dosen Penguji III.
7. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.Pd, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
8. Bapak Arwizet K, S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Padang.
9. Bapak Drs. Syahrul, M.Si, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
10. Seluruh Dosen, Teknisi, dan Karyawan Universitas Negeri Padang.

11. Rekan-rekan seperjuangan di Jurusan Teknik Mesin, khususnya angkatan 2013 semoga sukses selalu.

Semoga semua pihak yang telah membantu dalam mendukung penyelesaian tugas akhir ini, diberikan amalan yang setimpal dari Allah SWT, Amin.

Penulis berupaya semaksimal mungkin untuk menyempurnakan tugas akhir ini, tetapi tidak tertutup kemungkinan masih terdapat kekurangan. Untuk itu penulis akan sangat berterima kasih bila ada tanggapan dan kritik yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhirnya penulis berharap tugas akhir ini ini semoga dapat bermanfaat, baik bagi penulis sendiri khususnya maupun bagi pembaca pada umumnya.

Padang, Februari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>x</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 .....	6
<b>BAB II        LANDASAN TEORI</b>	
A. Pengelasan .....	8
B. Las SMAW ( <i>Shielded Metal Arc Welding</i> ).....	9
C. Elektroda Terbungkus .....	10
D. Bahan Fluks .....	13
E. Arus Las .....	14
F. Lokasi Titik Putus Sambungan Las.....	15
G. Baja Karbon.....	18

1. Baja Paduan .....	20
2. Baja AISI 4140 .....	21
H. Pengelasan Baja Karbon Sedang .....	23
I. Kampuh X .....	25
J. Pengujian Tarik .....	25

### **BAB III      METODE PENELITIAN**

A. Jenis Penelitian .....	28
B. Waktu dan Tempat Penelitian .....	29
C. Objek Penelitian .....	29
D. Jenis dan Sumber Data .....	30
1. Jenis Data .....	30
2. Sumber Data .....	30
E. Alat dan Bahan .....	30
1. Alat .....	30
2. Bahan .....	31
F. Prosedur Pelaksanaan .....	31
1. Pengukuran Bahan .....	31
2. Proses Pembuatan Spesimen .....	31
3. Pengelasan .....	33
4. Pelaksanaan Pengujian Tarik ( <i>tensile testing</i> ) .....	34
G. Prosedur Penelitian .....	36
H. Instrumen Pengumpulan Data .....	37
I. Teknik Analisa Data.....	38

### **BAB IV      HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

A. Objek Penelitian .....	40
B. Data Hasil Penelitian .....	42
C. Analisa Hasil Pengujian Tarik .....	44
D. Grafik Hasil Penelitian .....	46

## **BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	47
B. Saran .....	47

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Las SMAW .....	10
2. Elektroda Terbungkus .....	12
3. Empat Daerah Las .....	16
4. Struktur Mikro Hasil Pengelasan Pada Diagram Fasa.....	17
5. Kurva Tegangan - Regangan .....	26
6. Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM E8 .....	29
7. Bentuk Kampuh X Pada spesimen .....	31
8. Spesimen Uji Tarik .....	32
9. Mesin Uji Tarik .....	33
10. Diagram Alur Prosedur Penelitian.....	35
11. Baja AISI 4140 .....	39
12. Spesimen Uji Tarik .....	39
13. Proses Pengelasan Sambungan Baja AISI 4140 .....	40
14. Grafik Uji Tarik Tanpa Pengelasan dan Setelah di Las.....	43

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel</b>		<b>Halaman</b>
15.	Spesifikasi Elektroda Terbungkus .....	11
16.	Spesifikasi Arus .....	11
17.	Macam dan Fungsi Bahan Fluks .....	14
18.	Pemilihan Arus Listrik .....	15
19.	Klasifikasi Baja Karbon.....	19
20.	Sifat Mekanik Baja AISI 4140 .....	22
21.	Aplikasi Baja AISI 4140 .....	23
22.	Jenis Kampuh Las.....	24
23.	Tabulasi Data Pengujian Tarik .....	37
24.	Data Proses Pengelasan .....	40
25.	Hasil Pengujian .....	41
26.	Hasil Rata-rata Kekuatan Tarik .....	43

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1. Data Pengujian Tarik dari Labor bahan Politeknik.....	49
2. Grafik Pengujian Tarik .....	50
3. Dokumentasi Persiapan, Pembuatan dan Pengelasan Spesimen.....	51
4. Dokumentasi Pengujian.....	57
5. Dokumen Penelitian .....	61

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Setelah terjadinya revolusi industri di zaman yang semakin maju, maka perkembangan teknologi berkembang pesat dan mempunyai peranan penting dalam kemajuan dunia industri yang disertai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dengan adanya perkembangan ini maka harus diimbangi dengan sumber daya manusia (SDM) yang berkualitas agar perkembangan tersebut bisa di manfaatkan secara maksimal.

Sehingga perkembangan teknologi dibidang konstruksi yang semakin maju dan tidak dapat dipisahkan dari penggunaan pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun. Sambungan las merupakan salah satu jenis sambungan yang secara teknis memerlukan ketrampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya.

Faktor yang mempengaruhi hasil las adalah prosedur pengelasan yaitu perencanaan untuk pelaksanaan yang meliputi cara pembuatan

konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh (Harsono Wiryosumarto, 2008).

Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Normen (DIN)* las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Harsono Wiryosumarto, 2008).

Pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerja dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Pengelasan cair adalah suatu cara pengelasan dimana benda yang akan disambung dipanaskan sampai mencair dengan sumber energi panas. Cara pengelasan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan cair dengan busur (las busur listrik) dan gas. Jenis dari las busur listrik ada 4 yaitu las busur dengan elektroda terbungkus, las busur gas (TIG, MIG, las busur CO<sub>2</sub>), las busur tanpa gas, las busur rendam. Jenis dari las busur elektroda terbungkus salah satunya adalah las SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*).

Las SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*) atau disebut juga dengan las busur listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda, pengelasan ini banyak digunakan pada industri. Mesin las SMAW terbagi menjadi tiga jenis arus yaitu, mesin arus searah atau *Direct Current (DC)*, mesin arus bolak – balik atau *Alternating Current (AC)* dan mesin las arus ganda yang dapat digunakan pada arus searah (*DC*) dan arus bolak – balik (*AC*).

Tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik. Salah satu bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya adalah baja karbon. Baja karbon adalah jenis bahan yang memiliki banyak unsur karbon dan unsur lainnya, semakin banyak unsur karbon maka sifatnya akan semakin keras dan tingkat keuletan yang tinggi. Baja karbon terbagi atas 3 jenis yaitu baja karbon tinggi, baja karbon sedang, baja karbon rendah.

Baja karbon yang biasa digunakan pada produksi industri adalah baja karbon sedang salah satunya baja AISI 4140, angka 4 menyatakan jenis unsur paduan yaitu *chromium molybdenum*, angka 1 menyatakan persentase unsur paduan dan angka 40 menunjukkan persentase kandungan karbon 0,40 C. Baja AISI 4140 biasa digunakan sebagai bahan baut, sekrup, roda gigi, batang piston pada mesin, landing gear pesawat terbang. Pada penelitian ini pengelasan baja AISI 4140 berbentuk batang  $\varnothing 16 \text{ mm}$ .

Pengelasan baja ini biasanya dilakukan dengan pengelasan SMAW (*shield metal arc welding*) dengan menggunakan elektroda jenis LB 52U agar menghasilkan kekuatan sambungan yang lebih kuat dan tahan, karena elektroda ini biasa digunakan pada konstruksi menengah keatas yang lebih mengutamakan kekuatan konstruksi, elektroda ini sering digunakan pada proses pengisian, proses pengelasan *vertical* karena elektroda ini sangat cepat membeku dan sebelum dilakukan pengelasan elektroda diberi perlakuan *preheating* atau dipanaska. Elektroda LB 52 memiliki kekutan tarik minimum dari deposit las adalah  $70.000 \text{ lb/in}^2$  atau  $42 \text{ kg/mm}^2$ . Menurut Daryanto (2012:11) “Kualitas hasil pengelasan ditentukan beberapa faktor antara lain teknik pengelasan, bahan logam yang disambung, pengaruh panas dan kampuh yang digunakan dan rancangan.

Pekerja di bidang pengelasan yang tidak memperhatikan tentang langkah-langkah yang baik dan benar sebelum memulai pengelasan agar mendapatkan suatu hasil pengelasan sambungan yang baik ditentukan beberapa faktor, diantaranya sifat mampu las material, jenis sambungan, posisi pengelasan, jenis kampuh dan elektroda yang digunakan. Juru las harus memperhatikan jenis kampuh yang sesuai dengan ketebalan logam jenis logam yang akan di sambung agar mendapatkan kualitas hasil pengelasan yang kuat.

Jenis kampuh yang digunakan pada penelitian ini yaitu kampuh X yang biasa digunakan pada proses penyambungan logam dengan ketebalan  $\varnothing 12 - 45 \text{ mm}$ , kampuh X terbagi dua jenis kampuh X lancip dan kampuh X tumpul. Bahan uji yang dipakai pada penelitian ini adalah baja karbon sedang (AISI 4140) pasca pengelasan sambungan dengan elektroda LB 52U. Maka perlu adanya pengujian tarik untuk mengetahui seberapa besar kekuatan hasil sambungan pengelasan dengan percobaan menggunakan kampuh X.

Berdasarkan latar belakang masalah diatas penulis tertarik untuk mengetahui pengujian kekuatan tarik kampuh X hasil dengan pengelasan SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*) menggunakan elektroda LB 52U maka penulis ingin melakukan penelitian dengan judul: **“Analisis Kekuatan Tarik Baja AISI 4140 Hasil Pengelasan SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*) Menggunakan Kampuh X.”**

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi masalah yang ada yaitu sebagai berikut:

1. Juru las harus memperhatikan pemilihan jenis elektroda yang sesuai dengan material yang akan disambung pada proses pengelasan.
2. Pemilihan jenis kampuh yang digunakan harus diperhatikan sesuai jenis konstruksi sambungan pengelasan dan ketebalan bahan.
3. Belum diketahui sebelumnya hasil pengujian tarik pengelasan baja karbon

AISI 4140 menggunakan elektroda LB 52U pada proses penyambungan logam menggunakan kampuh X.

### **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka agar pembahasan dalam penelitian ini lebih terfokus maka penulis membatasi masalah yang akan diteliti adalah menganalisis kekuatan tarik hasil pengelasan baja AISI 4140. Pengelasan menggunakan elektroda LB 52U dengan menggunakan kampuh X kemudian dilakukan pengujian kekuatan tarik.

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adakah pengaruh kekuatan sambungan kampuh X pada pengujian kekuatan tarik hasil pengelasan baja AISI 4140.

### **E. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kekuatan tarik sambungan spesimen dengan kampuh X, dan mengetahui nilai kekuatan tarik spesimen tanpa pengelasan dan nilai kekuatan tarik rata-rata hasil pengelasan dengan sambungan kampuh X pada baja AISI 4140 hasil pengelasan SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*).

### **F. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat:

1. Sebagai informasi bagi para juru las untuk meningkatkan kualitas hasil pengelasan dengan memilih elektroda dan jenis kampuh yang sesuai dengan bahan yang akan dilas.

2. Sebagai informasi penting guna meningkatkan pengetahuan bagi penulis dalam bidang pengujian bahan, pengelasan, bahan teknik dan pemilihan elektroda dan jenis kampuh yang cocok untuk sambungan.
3. Dapat mengetahui hasil uji kekuatan tarik pengelasan SMAW baja AISI 4140 menggunakan elektroda LB 52U dengan sambungan kampuh X.
4. Untuk menambah wawasan penulis sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana strata satu S1 pendidikan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan analisa data dan pembahasan pada pengujian kekuatan tarik ini, maka pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pengelasan spesimen dengan kampuh X, memberikan nilai yang baik terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan baja karbon sedang (AISI 4140) berbentuk batang dengan  $\varnothing 16 \text{ mm}$  dengan menggunakan las SMAW dengan memakai elektroda LB52U E 7016  $\varnothing 2,6 \text{ mm}$ .
2. Nilai kekuatan tarik spesimen tanpa perlakuan pengelasan memiliki kekuatan tarik, yaitu sebesar **105,6 kgf/mm<sup>2</sup>**.
3. Nilai kekuatan tarik sambungan yang di las dengan kampuh X memiliki kekuatan tarik rata-rata, yaitu sebesar **47,69 kgf/mm<sup>2</sup>**.
4. Efisiensi pengelasan dari pengujian kekuatan tarik spesimen ini **57 %**

#### **B. Saran**

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

1. Dalam melakukan pengelasan sebaiknya juru las memperhatikan kampuh apa yang dipakai sesuai dengan diameter benda kerja yang akan di las.
2. Untuk pengelasan sambungan baja AISI 4140 berbentuk batang dengan  $\varnothing 16 \text{ mm}$  disarankan sebaiknya menggunakan kampuh X karena hasil

pengujian menunjukkan nilai kekuatan tarik rata-rata kampuh X baik untuk pengelasan sambungan

3. Dalam memilih elektroda sebaiknya juru las memperhatikan tipe elektroda dan diameter elektroda yang dipakai harus disesuaikan dengan kebutuhan dalam pekerjaan pengelasan.
4. Perlu diadakannya penelitian lebih lanjut mengenai uji kekerasan, uji impact, uji takik dan variasi arus hasil pengelasan sambungan baja AISI 4140.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ach. Muhib Zainuri. (2008). *Kekuatan Bahan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Bondan T. Sofyan. (2010). *Pengantar Material Teknik*. Jakarta: Salemba Teknik.
- Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson. (1990). *Struktur Baja*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Daryanto. (2012). *Teknik Las*. Bandung: Alfabeta.
- G. Groenendijk. (1984). *Pengujian Material*. Belanda.
- Hari Amanto dan Daryanto. (1999). *Ilmu Bahan*. Jakarta: PT Bumi Asra.
- Harsono Wiryosumarto. (2008). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sonawan H dan Suratman R. (2004). *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*. Bandung: Alfabeta.
- Soetardjo. (1997). *Teknologi Mekanik I*. Surabaya: Unipress IKIP Surabaya.
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Syamsul Arifin. (1997). *Las Listrik dan Otogen*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- UNP. (2011). *Buku Pedoman Penulisan Tugas Akhir/Skripsi*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Wahyudi K dan Wahjoe Hidayat. (1978). *Pengetahuan Logam 2*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.