

**PENGARUH VARIASI JUMLAH *LAYER* PENGELASAN  
TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL LAS *DISSIMILAR*  
*METAL* BAJA ST 37 DENGAN BAJA SUS 304**

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**SEPTYAN NASIONAL ASKHA  
NIM. 0810620090-62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2012**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PENGARUH VARIASI JUMLAH *LAYER* PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL LAS *DISSIMILAR* *METAL* BAJA ST 37 DENGAN BAJA SUS 304

#### SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**SEPTYAN NASIONAL ASKHA**  
NIM. 0810620090-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Anindito Purnowidodo, St.,M.Eng., Dr.Eng**  
NIP. 19710310 199802 1 001

**Erwin Sulistyono, Ir., MT**  
NIP. 19661213 199802 1 001

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH VARIASI JUMLAH LAYER PENGELASAN  
TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL LAS DISSIMILAR  
METAL BAJA ST 37 DENGAN BAJA SUS 304**

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**SEPTYAN NASIONAL ASKHA  
NIM. 0810620090-62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
Tanggal 1 Agustus 2012

**MAJELIS PENGUJI**

Skripsi I

Skripsi II

**Prof.Dr.Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.**  
NIP. 19490911 198403 1 001

**Dr.Eng.Yudy Surya Irawan, ST.,M.Eng**  
NIP. 19750710 199903 1 004

Komprehensif

**Fransisca Gayuh Utami Dewi,ST.,MT.**  
NIK. 820919 06 1 2 0259

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

**Dr. Slamet Wahyudi, ST.,MT.**  
NIP. 19720903 199702 1 001



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya maka skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Jumlah Layer Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Dissimilar Metal Baja ST 37 dengan Baja SUS 304”** ini dapat diselesaikan dengan baik. Solawat serta salam selalu terlimpahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis pada kesempatan kali ini mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak antara lain:

1. Kedua orang tuaku Ibunda Tatik Kusumaningrum dan Ayahanda Adam Basuki yang telah membimbing ananda tercinta sampai mendapatkan gelar kesarjanaan teknik ini.
2. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST.,MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc.CSE. selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
4. Bapak Dr.Eng. Anindito Purnowidodo, ST.,M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Sekertaris Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, motivasi, dan semangat selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Erwin Sulisty, MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah dengan sabar dan teliti membantu serta memberikan banyak ilmu dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Fandy dan Bambang selaku pengurus Departemen Teknologi Pengerjaan Logam PPPPTK VEDC yang telah memberi banyak pengarahan dan bantuan selama ini.
7. Ibu Putu Hadi Setyarini, ST.,MT. selaku Kepala Laboratorium Pengujian Bahan dan Bapak Hastomo selaku Laboran, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya yang memberikan ijin penelitian dalam pengambilan data di laboratorium ini.
8. Ibu Fransisca Gayuh Utami Dewi , ST.,MT. selaku Dosen Wali sekaligus Dosen Penguji yang memberikan masukan, saran serta motivasi dalam pengerjaan skripsi ini.

9. Seluruh Dosen dan Staff Administrasi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
10. Kedua kakakku Diagama dan Naufal yang memberikan semangat motivasi serta seluruh keluarga besarku.
11. Pramega Haristya yang telah memberikan semangat, kasih sayang, dukungan, motivasi baik moril maupun spiritual serta memberikan arti banyak hal dalam suka maupun duka selama ini.
12. Saudara seperjuangan kelompok skripsi Ucil dan Rokim yang selama ini saling mendukung dan memotivasi satu sama lain.
13. Geng jarum pentul yang mengisi dan memberi warna di hari-hari pengerjaan skripsi ini.
14. Para saudara *eMperor M'08* seluruhnya tidak terkecuali (171 orang) yang sangat banyak memberikan arti hidup dalam masa perkuliahan di Teknik Mesin ini.
15. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu dalam penyelesaian dari awal hingga akhir penyusunan skripsi ini.

Akhirnya semoga dengan penyusunan skripsi ini dapat memberikan banyak hal baru yang kita dapatkan dan hasil dari penelitian ini bermanfaat bagi seluruh pihak. Penulis juga menyadari masih banyak hal yang harus dibenahi dari skripsi ini agar mendapatkan kesempurnaan baik isi maupun format penyusunan, oleh karena itu penulis berharap kritik dan saran dalam skripsi ini.

Malang, 26 Juli 2012

Penulis

**DAFTAR ISI**

Halaman

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	viii
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>RINGKASAN</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	4
2.2 Pengelasan .....	4
2.2.1 Definisi Pengelasan .....	4
2.2.2 Klasifikasi Pengelasan .....	5
2.3 Las GTAW ( <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> ) .....	6
2.4 Gas Pelindung ( <i>Shielding Gas</i> ) .....	10
2.5 Elektroda .....	11
2.6 Parameter Pengelasan .....	11
2.6.1 Sambungan Las .....	15
2.6.2 Posisi Pengelasan .....	15
2.6.3 Aliran Perpindahan Kalor .....	16
2.7 Metalurgi Las .....	17
2.7.1 Daerah Lasan .....	18
2.8 Pengelasan Baja .....	18
2.8.1 Pengelasan Baja Karbon .....	18





2.8.2 Pengelasan Baja Tahan Karat .....	20
2.9 Pengelasan <i>Multilayer</i> .....	21
2.10 <i>Dissimilar Metal Welding</i> .....	21
2.11 Kekuatan Tarik .....	22
2.11.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Tarik .....	24
2.12 Hipotesis .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	27
3.2 Variabel Penelitian .....	27
3.2.1 Variabel Bebas .....	27
3.2.2 Variabel Terikat .....	27
3.2.3 Variabel Terkontrol .....	27
3.3 Peralatan Penelitian .....	28
3.4 Bahan Penelitian .....	31
3.5 Instalasi Penelitian .....	33
3.6 Prosedur Penelitian .....	34
3.6.1 Prosedur Percobaan .....	34
3.6.2 Prosedur Pengujian Hasil Las dan Pengolahan Data .....	35
3.6.2.1 Spesimen Uji Tarik .....	36
3.6.2.2 Titik Pengujian Mikrostruktur .....	36
3.7 Diagram Alir Penelitian .....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Data Hasil Penelitian .....	38
4.2 Pengolahan Data .....	39
4.2.1 Pengujian Tarik .....	39
4.3 Pembahasan .....	42
4.3.1 Analisa Pengujian Kekuatan Tarik .....	42
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Mesin Las TIG Untuk Beberapa Macam Logam	10
Tabel 2.2	Pemilihan Gas Pelindung pada Pengelasan	10
Tabel 2.3	Besar Arus dalam Pengelasan dengan Elektroda Wolfram	12
Tabel 2.4	Parameter Las Tangan Sambungan Tumpul Posisi Datar	13
Tabel 2.5	Klasifikasi Baja Karbon	19
Tabel 2.6	Klasifikasi Baja Tahan Karat	20
Tabel 4.1	Data Beban Tarik Maksimum	39
Tabel 4.2	Data Hasil Perhitungan Kekuatan Tarik	39
Tabel 4.3	Data Pertambahan Panjang Masing-Masing Spesimen	40
Tabel 4.4	Data Hasil Perhitungan Regangan	40





## DAFTAR GAMBAR

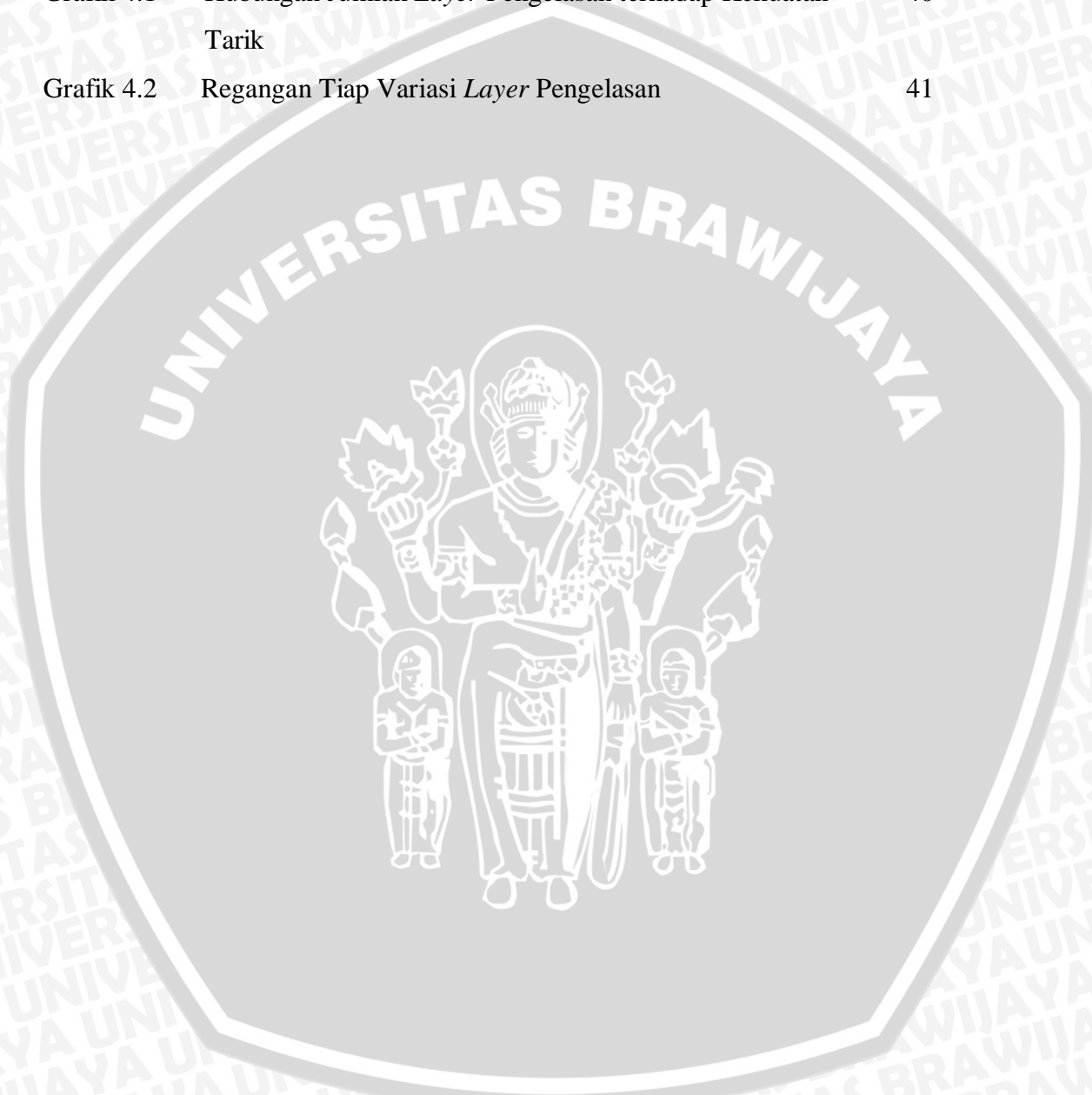
No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Klasifikasi Proses Pengelasan	6
Gambar 2.2	a) Proses Pengelasan TIG Secara Umum b) Daerah Pengelasan MIG	8
Gambar 2.3	Skematik Rangkaian Listrik Mesin Las Listrik DC	8
Gambar 2.4	Perbedaan Hasil Pengelasan Berdasarkan Polaritas dan Arus Listrik	9
Gambar 2.5	Pengaruh Masukan Panas terhadap Laju Pendinginan	14
Gambar 2.6	Jenis-Jenis Sambungan Dasar Las	15
Gambar 2.7	Berbagai Posisi Pengelasan	16
Gambar 2.8	Aliran Perpindahan Kalor secara Sumbu (x, y, z)	17
Gambar 2.9	Arah Pembekuan Logam Las	18
Gambar 2.10	Pembagian Daerah Lasan	18
Gambar 2.11	Diagram Tegangan Regangan	23
Gambar 3.1	Mesin Las TIG	28
Gambar 3.2	Mistar Ukur	28
Gambar 3.3	Jangka Sorong	28
Gambar 3.4	Kamera Digital	29
Gambar 3.5	<i>Power Hack Saw</i>	29
Gambar 3.6	Gerinda	29
Gambar 3.7	Mesin Uji Tarik	30
Gambar 3.8	Mikroskop Logam	30
Gambar 3.9	<i>Centrifugal Sandpaper Machine</i>	31
Gambar 3.10	Kertas Gosok	31
Gambar 3.11	Skema Instalasi Penelitian	33
Gambar 3.12	Spesimen Pengelasan	35
Gambar 3.13	Diagram Susunan <i>Layer</i> Setiap Pengelasan	35
Gambar 3.14	Spesimen Uji Tarik Standar ASTM A 370	36
Gambar 3.15	Titik Pengujian Mikrostruktur	36
Gambar 4.1	Foto Spesimen Hasil Pengelasan	38
Gambar 4.2	Foto Spesimen Uji Tarik	39

Gambar 4.3	Foto Mikro Masing-Masing Daerah Las Pembesaran 400x 4 <i>layer</i> pengelasan; 8 <i>layer</i> pengelasan	42
Gambar 4.4	Foto Mikro Masing-Masing Daerah Las Pembesaran 100x 4 <i>layer</i> pengelasan ; 8 <i>layer</i> pengelasan	43
Gambar 4.5	Foto Makro Patahan Spesimen Hasil Uji Tarik	43



## DAFTAR GRAFIK

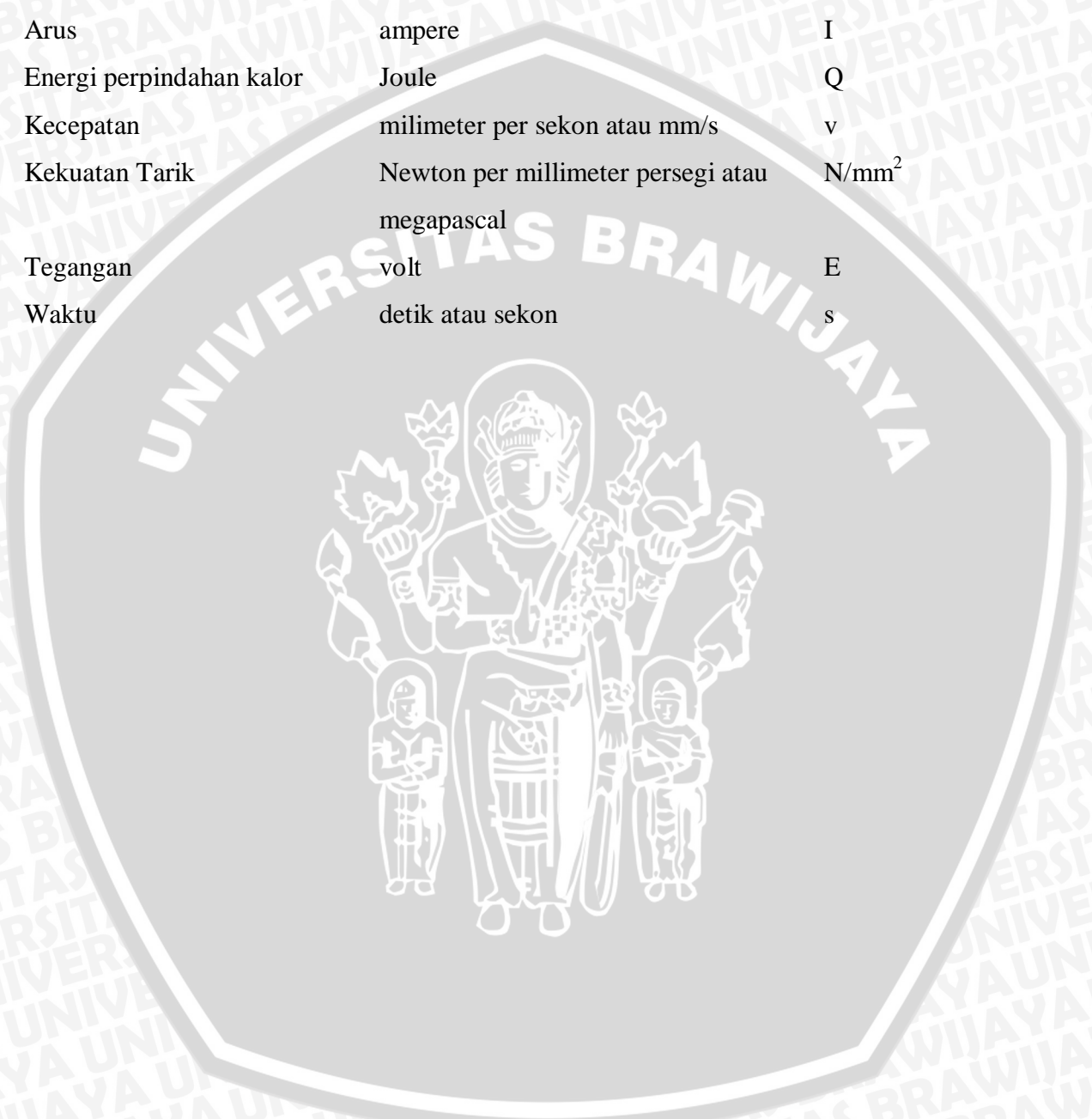
No.	Judul	Halaman
Grafik 4.1	Hubungan Jumlah <i>Layer</i> Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik	40
Grafik 4.2	Regangan Tiap Variasi <i>Layer</i> Pengelasan	41





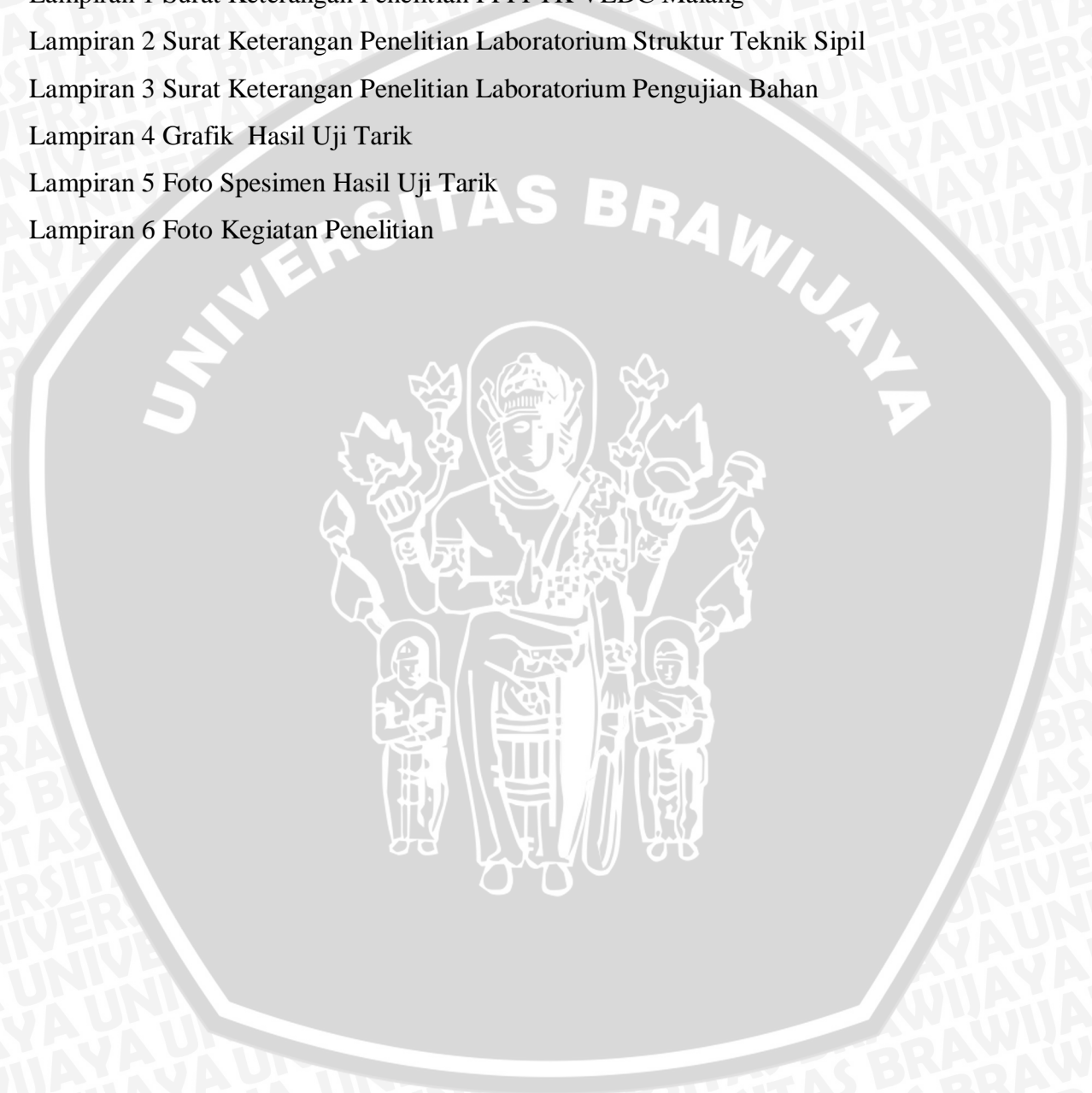
## DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Arus	ampere	I
Energi perpindahan kalor	Joule	Q
Kecepatan	milimeter per sekon atau mm/s	v
Kekuatan Tarik	Newton per millimeter persegi atau megapascal	N/mm <sup>2</sup>
Tegangan	volt	E
Waktu	detik atau sekon	s



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Surat Keterangan Penelitian PPPPTK VEDC Malang
Lampiran 2	Surat Keterangan Penelitian Laboratorium Struktur Teknik Sipil
Lampiran 3	Surat Keterangan Penelitian Laboratorium Pengujian Bahan
Lampiran 4	Grafik Hasil Uji Tarik
Lampiran 5	Foto Spesimen Hasil Uji Tarik
Lampiran 6	Foto Kegiatan Penelitian



## RINGKASAN

**Septyan Nasional Askha.** Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2012. *Pengaruh Variasi Jumlah Layer Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Dissimilar Metal Baja ST 37 dengan Baja SUS 304.* Dosen Pembimbing: Anindito Purnowidodo dan Erwin Sulistyono.

Pengelasan *dissimilar metal* merupakan pengelasan dua logam tidak sejenis yang bertujuan untuk mendapatkan *performance* maksimal dari kedua jenis logam. Saat ini penyatuan logam yang berbeda sangat penting dan dibutuhkan, terutama pada industri manufaktur, alat-alat perlengkapan, konstruksi dan permesinan. Produk yang menuntut untuk berbeda jenis logam yang akan disambung adalah pada konstruksi dinding gerbong kereta api yang menggunakan logam jenis JIS SUS 304 dan rangka yang menggunakan logam SS 400.

Penelitian ini dilakukan di PPPPTK VEDC Malang untuk proses pengelasan, Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang Untuk proses uji tarik, dan Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang untuk melakukan uji mikrostruktur dan foto makro patahan spesimen hasil uji tarik. Pengelasan dilakukan menggunakan las TIG dengan arus las sebesar 100 A, tegangan 380 V, dan laju gas Argon 0,5 L/menit. *Filler metal* yang digunakan adalah jenis *filler stainless steel* tipe ER 308 L dengan diameter 2,4 mm.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah jumlah *layer* pengelasan yaitu sebesar 4 *layer*, 5 *layer*, 6 *layer*, 7 *layer* dan 8 *layer*, sedangkan variabel terikatnya adalah kekuatan tarik hasil lasan yang didapatkan melalui pengujian tarik spesimen hasil lasan untuk mendapatkan beban *ultimate* masing-masing spesimen dan kemudian dilakukan perhitungan kekuatan tariknya. Pengujian dilakukan pada masing-masing variasi jumlah *layer* pengelasan dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Data yang diambil berupa beban *ultimate*, kekuatan tarik dan regangan yang terjadi pada spesimen. Hasil dari penelitian ini adalah didapatkan kekuatan tarik terbesar terjadi pada *layer* tertinggi dengan kekuatan tarik rata-rata sebesar 465,33 N/mm<sup>2</sup> dengan nilai regangan rata-rata sebesar 8,40%.

**Kata kunci:** Pengelasan, *Layer*, dan Kekuatan Tarik.



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengelasan tidak hanya menyambung dua logam yang sama, tetapi juga menyambung dua logam yang berbeda (*dissimilar metal welding*). Sejak jaman dahulu manusia sudah mulai menyambung logam yang berbeda yang sering digunakan untuk perhiasan karena variasi warna dari logam yang berbeda tersebut. Tetapi metode yang mereka pakai untuk menyambung logam tersebut, sangat berbeda dengan metode yang digunakan saat ini.

Saat ini penyatuan logam yang berbeda sangat penting dan dibutuhkan, terutama pada industri manufaktur, alat-alat perlengkapan, konstruksi dan permesinan. Berbeda fitur logam, maka berbeda pula jenis kimianya dan fisik serta karakteristik metalurginya. Penyambungan pada logam yang berbeda bertujuan untuk menyatukan karakteristik yang berbeda dari dua logam, agar memaksimalkan *performance* dari elemen mesin dan dapat meminimalkan biaya material atau logam tersebut.

*Dissimilar Metal Welding* adalah suatu proses pengelasan dimana biasanya antara baja tahan karat dengan baja karbon. Proses penyambungan umumnya dilakukan pada material yang similar, namun dalam kasus ini diperlukan suatu proses penyambungan yang berbeda jenis baik sifat maupun karakteristiknya. Produk yang menuntut untuk berbeda jenis logam yang akan disambung adalah pada konstruksi dinding gerbong kereta api yang menggunakan logam jenis JIS SUS 304 dan rangka yang menggunakan logam SS 400 (Leman 2003). Proses pengelasan ini tentu lebih rumit dibandingkan pengelasan satu jenis logam.

Pada proses pengelasan terutama untuk penyambungan pelat-pelat, pengelasan yang dilakukan tidak hanya satu *layer* tetapi bisa beberapa *layer* sesuai dengan hasil las yang normal untuk penyambungan pelat tersebut. Kenyataan memang diakui pengelasan seperti ini memang mempengaruhi sifat-sifat mekanis dari las-lasan akibat dari perubahan susunan dari bagian-bagian lasan, baik pada logam las maupun HAZ. Disini diperkirakan banyaknya jumlah *layer* akan mempengaruhi kekuatan tarik dari logam hasil lasan.

Berdasarkan uraian diatas maka diperlukan suatu penelitian dengan melakukan variasi kuat arus dan jumlah *layer* pengelasan dan kemudian dilakukan pengujian



kekuatan tarik pada hasil lasan tersebut. Diharapkan dengan penelitian ini dapat dihasilkan hasil lasan yang berkualitas baik.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah “Bagaimanakah pengaruh variasi jumlah *layer* pengelasan terhadap kekuatan tarik hasil las *dissimilar metal* baja ST 37 dengan baja SUS 304?”

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini dilakukan batasan yaitu :

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah (ST 37) dan baja tahan karat (SUS 304).
2. Tebal material yang digunakan masing-masing 10 mm.
3. Jenis mesin las yang digunakan adalah mesin las *TIG (Tungsten Inert Gas)*.
4. Jenis sambungan las yang digunakan adalah sambungan tumpul.
5. Jenis kampuh adalah kampuh jenis V dengan sudut  $60^0$  (berdasarkan standard *American Welding Society*).
6. Posisi pengelasan *flat position*.
7. Temperatur lingkungan diasumsikan konstan selama penelitian.
8. Filler yang digunakan adalah ER 308 L dengan diameter 2,4 mm.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah *layer* pengelasan terhadap kekuatan tarik hasil las *dissimilar metal* baja ST 37 dengan baja SUS 304.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti dapat menerapkan teori yang telah didapatkan selama perkuliahan terutama dalam ilmu teknologi pengelasan logam.
2. Mengetahui permasalahan yang terjadi pada pengelasan dengan jenis dua logam berbeda dan dengan jumlah *layer* pengelasan yang berbeda serta dapat memecahkan permasalahan tersebut.

3. Dapat memberikan masukan bagi industri yang memiliki masalah sama dengan penelitian ini dan memberikan tambahan referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai teknologi pengelasan.
4. Untuk melengkapi tugas akhir sarjana dan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Zamron Alvides (2004) melakukan penelitian tentang pengaruh jumlah *layer* pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekerasan sambungan tumpang. Proses pengelasan dilakukan dengan satu *layer*, dua *layer* dan tiga *layer* dengan besar arus las konstan 250 A yang menggunakan las listrik. Jumlah *layer* pengelasan merupakan acuan untuk mengetahui kualitas dari hasil lasan untuk sambungan tumpang. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa bahwa adalah semakin meningkatnya jumlah *layer* pengelasan dengan arus yang konstan menghasilkan peningkatan nilai uji kekuatan tarik dan penurunan untuk nilai uji kekerasannya. Dan nilai kombinasi terbaik dari variabel bebas diperoleh pada jumlah dua *layer* pengelasan dengan besar arus las konstan 250 A yaitu dengan kekuatan tarik sebesar 17543,33 Kgf dan kekerasan sebesar 165,56 BHN.

Widia Setiawan dan Nugroho Santoso (2006) melakukan penelitian tentang pengelasan *dissimilar metal* baja karbon rendah ST 37 dan baja austenitik SUS 304 (tahan karat) pada pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik. Pada penelitian ini digunakan elektrode E 304 dan R 990, sedangkan penggunaan arus rendah bertujuan menghindari retak. Hasil dari penelitian ini adalah tegangan tarik pengelasan dengan elektroda R 990 adalah 609 MPa dan tegangan tarik maksimum hasil las dengan elektroda E 304 adalah 377 MPa.

#### 2.2 Pengelasan

##### 2.2.1 Definisi Pengelasan

Berdasarkan definisi dari DIN (*Deutche Industrie Normen*) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Pada definisi tersebut las adalah sambungan setempat pada beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas yang dimanfaatkan untuk mencairkan atau melumerkan logam tersebut. (Wiryosumarto,2000)

Pada dasarnya pengelasan adalah proses yang permanen dari dua bahan (biasanya logam) yang bergabung melalui peleburan yang dihasilkan dari kombinasi temperatur, tekanan, dan kondisi metalurgi. Hal ini tergantung pada kombinasi suhu dan tekanan. Pada umumnya peleburan ini dilakukan dari suhu tinggi dengan tekanan tinggi kemudian kembali membeku pada suhu yang rendah. (Md. Ibrahim Khan,2007)

Pengelasan merupakan sebuah proses yang digunakan untuk menggabungkan antar logam yang satu dengan lainnya dengan memberikan panas untuk pembakaran agar antar logam tersebut dapat menyatu. Energi panas ini digunakan untuk dapat mencairkan bahan dasar yaitu logam yang akan disatukan dan bahan pengisi berupa kawat las. Kemudian sambungan tersebut akan dingin dan membeku, maka didapatkan ikatan yang kuat dan permanen.

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan dan menggunakan energy panas sebagai pencair logam yang dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan. Pengelasan juga bertujuan untuk mendapatkan kekuatan sambungan las sesuai dengan yang dikehendaki dimana kekuatan sambungan las ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain prosedur pengelasan, bahan yang digunakan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan.

### 2.2.2 Klasifikasi Pengelasan

Dalam proses pengelasan banyak sekali cara-cara pengklasifikasian yang digunakan. Hal ini disebabkan karena masih belum adanya beberapa kesepakatan yang menyatakan tentang jenis pengelasan yang digunakan untuk semua proses. Pengelasan utamanya dibagi menjadi dua klasifikasi yaitu berdasarkan energi yang dimanfaatkan dan cara kerja. Pada klasifikasi berdasarkan energi yang dimanfaatkan contohnya las kimia, las listrik, las mekanik, dan lain-lain. Sedangkan berdasarkan cara kerja klasifikasinya dibagi menjadi las cair, las tekan, pematrian. Oleh karena itu, jika dibahas lebih dalam mengenai cara pengelasan di atas akan semakin banyak dan melebar serta akan terbentuk banyak sekali kelompok-kelompok yang semakin meluas.

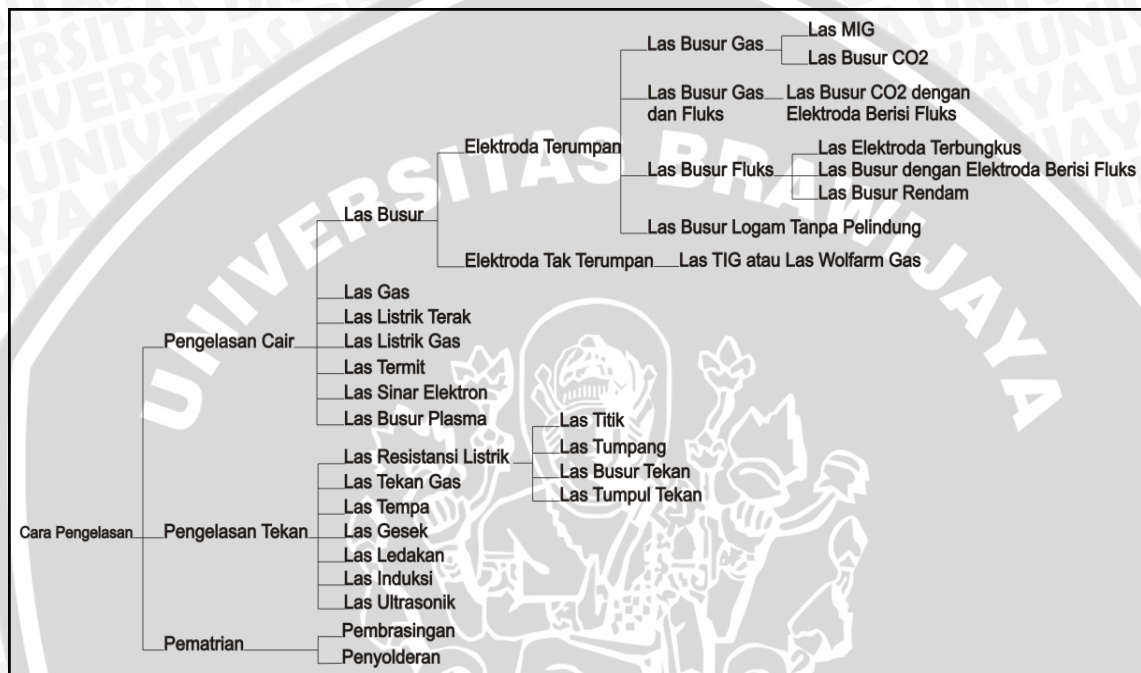
Untuk lebih jelasnya dalam proses pengelasan biasanya pengklasifikasiannya didasarkan berdasarkan cara kerja yang dibagi dalam tiga kelas utama yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan, dan pematrian.

- a. Pengelasan cair adalah cara pengelasan di mana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
- b. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.



- c. Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang memiliki titik lebur rendah. Dalam cara ini logam induk tidak ikut mencair.

Proses pengelasan berdasarkan cara kerja sebenarnya masih banyak dan luas. Secara terperinci beberapa cara pengelasan yang digunakan sampai saat ini akan dijelaskan melalui gambar 2.1 di bawah ini yang memuat beberapa rincian tentang metode yang digunakan pada masing-masing klasifikasi utama berdasarkan cara kerjanya.



Gambar 2.1 Klasifikasi Proses Pengelasan  
Sumber: Wiryosumarto (2000)

### 2.3 Las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*)

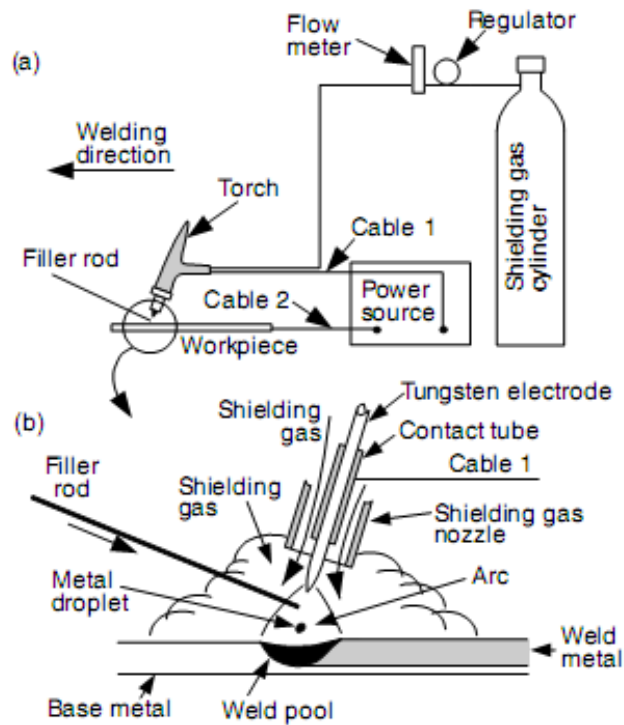
Pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) atau TIG (*Tungsten Inert Gas*) adalah sebuah proses pengelasan dengan busur yang elektroda tidak terumpan dalam arti lain elektroda yang digunakan tidak ikut melebur yang nantinya hanya berfungsi untuk memberikan panas pada logam induk. Pada proses pengelasan jenis ini ada yang menggunakan logam pengisi dan ada yang tidak, tergantung tebal plat dan kebutuhan lain pada aplikasinya.

Keuntungan penggunaan las TIG diantaranya adalah kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur dengan bebas tergantung pada besar arus listrik yang digunakan. maka penetrasi panas masuk pada logam induk dan pengisi dapat diatur sedemikian rupa. Las TIG sering digunakan pada pengelasan pada logam berupa pelat



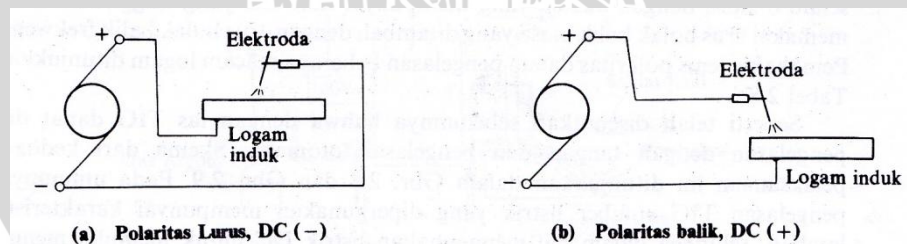
atau pipa dengan bermacam-macam ketebalan dan diameter karena lebih mudah dan hasilnya cukup bagus. Selanjutnya, pada proses pengelasan ini keuntungannya adalah daerah hasil pengelasannya lebih baik dibandingkan dengan cara pengelasan yang lain. Oleh karena itu, las TIG sering digunakan pada proses pengelasan baja-baja kualitas tinggi seperti baja tahan karat, baja tahan temperatur dan tekanan tinggi, baja paduan, dan logam-logam bukan dari jenis baja. (Wiryosumarto,2000)

Secara umum skematik proses pengelasan TIG adalah tang pemegang elektroda terhubung ke silinder gas pelindung dan satu terminal dari sumber listrik. Biasanya dalam tabung kontak terdapat tembaga dengan media pendinginan berupa air yang terhubung ke kabel las (kabel 1) dari terminal. Hal ini mencegah agar tidak terjadi pemanasan yang berlebihan pada benda kerja saat memasukkan elektroda karena memungkinkan adanya dua masukan panas baik dari gas maupun arus listrik. Tang benda kerja terhubung ke terminal lain dari sumber listrik melalui kabel yang berbeda (kabel 2). Gas pelindung melewati pengatur laju gas dan diarahkan oleh sebuah *nozle* ke benda kerja untuk melindunginya dari udara luar yang tidak diharapkan. Perlindungan dari udara luar tersebut jauh lebih baik pada pengelasan jenis TIG dibandingkan jenis SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) las busur dengan elektroda terbungkus karena gas inert seperti *Argon* (Ar) atau *Helium* (He) biasanya digunakan sebagai gas pelindung dan gas tersebut diarahkan menuju benda kerja. Pada pengelasan jenis TIG ini nampaknya lebih tepat adalah ketika pengelasan tersebut menggunakan logam pengisi pada busur lasnya karena dapat digunakan untuk menggabungkan bahan-bahan yang tebal baik dengan proses pengelasan secara manual ataupun secara otomatis.



Gambar 2.2 (a) Proses Pengelasan TIG secara Umum  
 (b) Daerah Pengelasan TIG  
 Sumber: Sindo Kou (2003)

Dalam hal ini sumber listrik yang digunakan adalah dapat menggunakan arus bolak-balik (AC) ataupun arus searah (DC). Pada arus searah (DC) dapat digunakan dengan polaritas lurus maupun polaritas terbalik yang dapat dilihat pada gambar skematik 2.3 sebagai berikut:



Gambar 2.3 Skematik Rangkaian Listrik Mesin Las Listrik DC  
 Sumber: Wiryosumarto (2000)

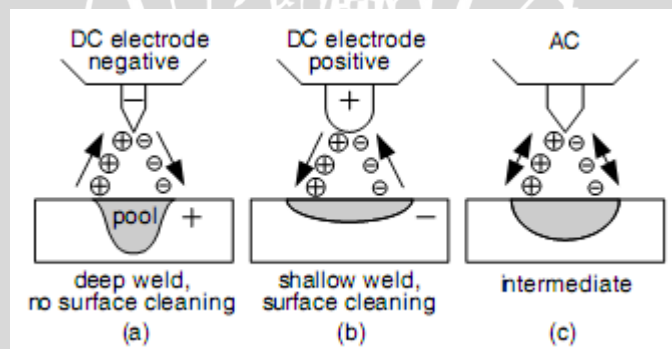
*Direct-Current Electrode Negative* (DCEN) disebut juga polaritas lurus dan polaritas ini yang paling umum dalam pemilihan polaritas elektroda las TIG. Tang elektroda dihubungkan ke terminal negatif elektron yang dipancarkan dari elektroda dan dipercepat saat berpindah melalui busur. Ketika elektron memasuki benda kerja, jumlah energi yang digunakan setara dengan fungsi kerjanya. Inilah sebabnya dalam pengelasan TIG dengan DCEN sekitar dua pertiga terletak pada busur paling dalam dan



sekitar sepertiganya berada pada ujung elektroda. Akibatnya, hasil las relatif sempit dan mendalam pada benda kerja.

*Direct-Current Electrode Positive* (DCEP) ini juga disebut polaritas terbalik. Pada Polaritas ini tang elektroda dihubungkan ke terminal positif sehingga efek pemanasan elektron berada di elektroda, sehingga hasil lasan yang dihasilkan dangkal dan melebar. Oleh karena itu, untuk mencegah ujung elektroda mencair maka harus digunakan media pendinginan berupa air. Ion-ion positif dari gas pelindung memeberikan tumbukan pada benda kerja sehingga menghasilkan permukaan las yang bersih. Pada jenis polaritas ini biasanya dapat digunakan untuk lembaran (pelat) tipis seperti aluminium dan magnesium, di mana tidak diperlukan penetrasi yang cukup dalam.

*Alternating Current* (AC) sumber arus mesin las listrik ini sering digunakan untuk paduan aluminium. Hal ini disebabkan karena pada pengelasan ini arus yang digunakan bolak-balik sehingga tidak ada polaritas yang digunakan. Kemudian hasil dari pengelasan dengan arus AC ini adalah berada di tengah-tengah polaritas lurus dan polaritas terbalik yaitu tidak terlalu dalam dan tidak terlalu lebar. Untuk lebih jelasnya dapat diamati melalui gambar 2.4 untuk sumber arus DC baik polaritas lurus dan polaritas terbalik maupun sumber arus AC.



Gambar 2.4 Perbedaan Hasil Pengelasan Berdasarkan Polaritas dan Arus Listrik  
Sumber: Sindo Kou (2003)

Pada pengelasan TIG seperti yang dijelaskan di atas memiliki bermacam-macam variasi sumber arus dan polaritas. Di bawah ini adalah tabel pengklasifikasian proses pengelasan dengan variasi tersebut berdasarkan logam yang akan dilas.



Tabel 2.1 Mesin Las TIG untuk Beberapa Macam Logam

Logam	Listrik AC Frekuensi Tinggi	Listrik DC Polaritas Lurus	Listrik DC Polaritas Terbalik
Baja	Terbatas	sesuai	-
Baja tahan karat	terbatas	sesuai	-
Besi cor	terbatas	sesuai	-
Aluminium dan paduannya	sesuai	-	dapat untuk pelat tipis
Magnesium dan paduannya	sesuai	-	dapat untuk pelat tipis
Tembaga dan paduannya	terbatas	sesuai	-
Aluminium brons	sesuai	terbatas	-

Sumber : Wiryosumarto dan Okumura, 2000

#### 2.4 Gas Pelindung (*Shielding Gas*)

Pada umumnya gas Argon dan Helium dapat digunakan sebagai gas pelindung pada pengelasan TIG ini. Dikarenakan potensi ionisasi masing-masing untuk Argon dan Helium sebesar 15,7 dan 24.5 eV (elektron volt). Gas Argon lebih banyak digunakan karena lebih mudah untuk mengionisasi daripada Helium. Hal ini dibuktikan dengan pembentukan busur yang lebih mudah dan tegangan awal busur yang lebih rendah. Hal ini juga diperkuat dengan nilai masa atom relatif Argon lebih berat daripada Helium, Argon dinilai lebih efektif untuk ketahanan yang lebih besar dalam melindungi busur las. Dengan jenis polaritas DCEP atau AC, Argon mampu melakukan pembersihan oksida lebih besar daripada Helium. Tidak menutup kemungkinan penggunaan gas pelindung ini digunakan pada pengelasan logam yang tebal dan penggunaan kecepatan pengelasan yang tinggi. Gas Argon juga memungkinkan memiliki kontrol perlindungan busur yang lebih baik pada saat penggunaan proses pengelasan metode GTAW.\

Tabel 2.2 Pemilihan Gas Pelindung pada Pengelasan

Gas	Chemical Symbol	Molecular Weight (g/mol)	Specific Gravity with Respect to Air at 1 atm and 0°C	Density (g/L)	Ionization Potential (eV)
Argon	Ar	39.95	1.38	1.784	15.7
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	44.01	1.53	1.978	14.4
Helium	He	4.00	0.1368	0.178	24.5
Hydrogen	H <sub>2</sub>	2.016	0.0695	0.090	13.5
Nitrogen	N <sub>2</sub>	28.01	0.967	1.25	14.5
Oxygen	O <sub>2</sub>	32.00	1.105	1.43	13.2

Sumber : Sindo Kou, 2003

## 2.5 Elektroda

Elektroda adalah sebuah batang logam yang berfungsi untuk menghantarkan panas dari sumber panas berupa listrik yang digunakan sebagai peleburan logam induk yang akan disambung. Pada pengelasan TIG ini elektroda tidak ikut mencair melainkan hanya mengalirkan gas pelindung dan arus listrik untuk menghasilkan masukan panas pada proses pengelasan tersebut. Persyaratan bahan elektroda las TIG adalah memiliki pancaran elektron yang kuat sehingga mampu menahan temperatur tinggi saat meleburkan logam induk dan logam pengisi.

Elektroda pada las TIG ini dengan serium 2% atau torium memiliki elektron yang lebih baik dilihat dari segi emisivitas, kapasitas pembawa arus, dan ketahanan terhadap kontaminasi dari elektroda tungsten murni. Hasilnya, pembentukan awal busur lebih mudah dan lebih stabil. Emisivitas elektron mengacu pada kemampuan dari ujung elektroda untuk memancarkan elektron. Emisivitas elektron diperlukan karena pada saat pencairan ujung elektroda akan digunakan pada suhu yang lebih tinggi dari titik lebur logam induk yang akan dilas. (Sindo Kou, 2003)

Pada pengelasan TIG ini digunakan logam pengisi ER 308 L. Pemilihan logam pengisi ini dikarenakan logam las yang dihasilkan memiliki kekuatan tinggi dan ketahanan korosi yang baik dan juga ketahanan oksidasi yang baik pula. ER 308L cocok untuk pengelasan baja tahan karat *austenitic* AISI seperti 302, 304, 304L dan dalam kasus tertentu AISI 347. Memiliki kandungan karbon rendah (0,03% max.) Aplikasi pemakaian logam pengisi ini juga digunakan pada pengelasan berbeda jenis logam (*dissimilar metal*) misalnya pada pengelasan baja tahan karat dengan baja karbon, pengelasan baja tahan karat dengan nikel, dan paduan logam lainnya yang menggunakan las TIG, MIG, maupun las busur gas lainnya. Kekuatan tarik dari metal ER 308 L ini cukup besar yaitu pada beban tarik 590 Mpa.

## 2.6 Parameter Pengelasan

Pada proses pengelasan terdapat berbagai macam parameter diantaranya arus, tegangan, kecepatan pengelasan. Semua parameter tersebut mempengaruhi masukan panas pada proses pengelasan tersebut. Yang dimaksud arus pengelasan disini adalah aliran pembawa muatan listrik dari mesin las yang digunakan untuk menyambung dua logam dengan menghasilkan panas yang dialirkan ke logam pengisi atau elektroda.

Besarnya arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda, tebal bahan yang dilas, jenis elektroda yang digunakan, geometri sambungan, diameter



inti elektroda, dan posisi pengelasan. Daerah las yang mempunyai kapasitas panas tinggi maka diperlukan arus yang tinggi pula.

Tabel 2.3 Besar Arus dalam Pengelasan dengan Elektroda Wolfram.

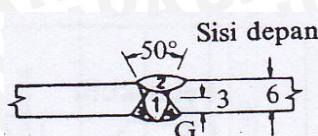
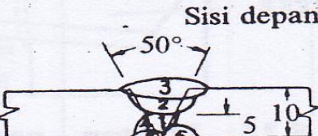
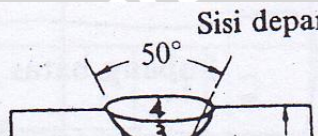
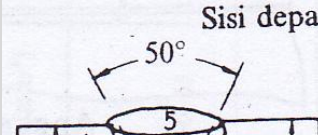
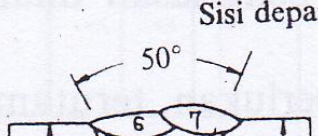
Diameter Elektroda (mm)	Arus Pengelasan (A)	
	Wolfram Standar	Wolfram Torium
1,0	10 – 60	15 – 80
1,6	40 – 110	60 – 150
2,4	80 – 160	140 – 250
3,2	140 – 210	225 – 325
4,0	170 – 275	300 – 425
5,0	250 – 350	400 – 500
6,4	300 – 450	–

Sumber : Wiryo Sumarto, 2000 : 120



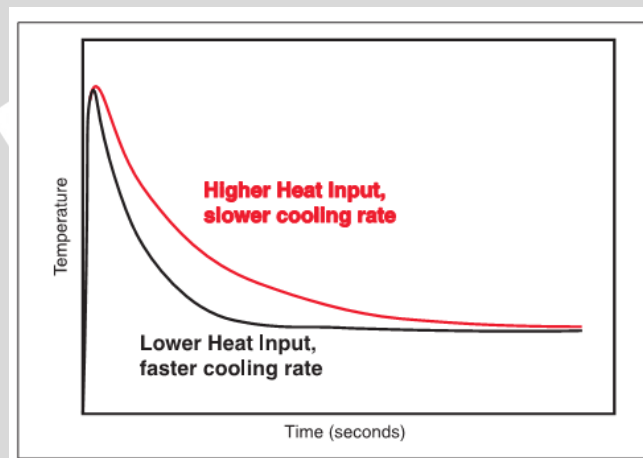


Tabel 2.4 Parameter Las Tangan Sambungan Tumpul Posisi Datar

Tebal pelat (mm)	Bentuk alur dan urutan pengisian	Elektroda		Parameter las		
		Diameter (mm)	Lapisan	Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecepatan (mm/men)
6		4	1	150-190	24-26	335-425
		"	2			
		3,2	3	115-120	20-22	190-210
10		4	1	150-190	24-26	300-350
		5	2			
		"	3	190-250	26-28	240-305
		4	4	120-150	22-24	180-250
		"	5			
		"	6			
15		5	1	190-250	25-29	180-320
		"	2			
		"	3			
		"	4	120-150	22-24	145-250
		4	5			
		"	6			
		20		5	1	190-250
6	2					
"	3					
"	4			250-320	26-30	220-300
"	5					
"	6					
4	7			120-150	22-24	175-230
"	8					
"	9					
25		5	1	190-250	26-28	220-240
		6	2			
		"	3			
		"	4	250-370	26-30	250-280
		"	5			
		"	6			
		"	7	120-150	22-24	190-260
		4	8			
		"	9			
		"	10			
		"	"	11		

Sumber : Wirjosumarto, 2000 : 274

Arus pengelasan merupakan parameter pengelasan yang langsung mempengaruhi kedalaman penetrasi dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus pengelasan makin besar penetrasi dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las, dimana bila arus yang digunakan terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penetrasi kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta matrik las yang tinggi.



Gambar 2.5 Pengaruh Masukan Panas terhadap Laju Pendinginan  
Sumber: Funderburk, R. Scott (1999)

Masukan panas biasanya dihitung sebagai rasio dari energi yang dibutuhkan yaitu tegangan dikalikan dengan arus dibandingkan dengan kecepatan dari sumber panas yaitu busur, dijelaskan sebagai berikut:

$$H = \frac{60 EI}{1000 S} \quad (\text{Funderburk, 1999}) \quad (2-1)$$

dengan :

H = masukan panas (kJ/mm)

E = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

S = kecepatan pengelasan (mm/min)

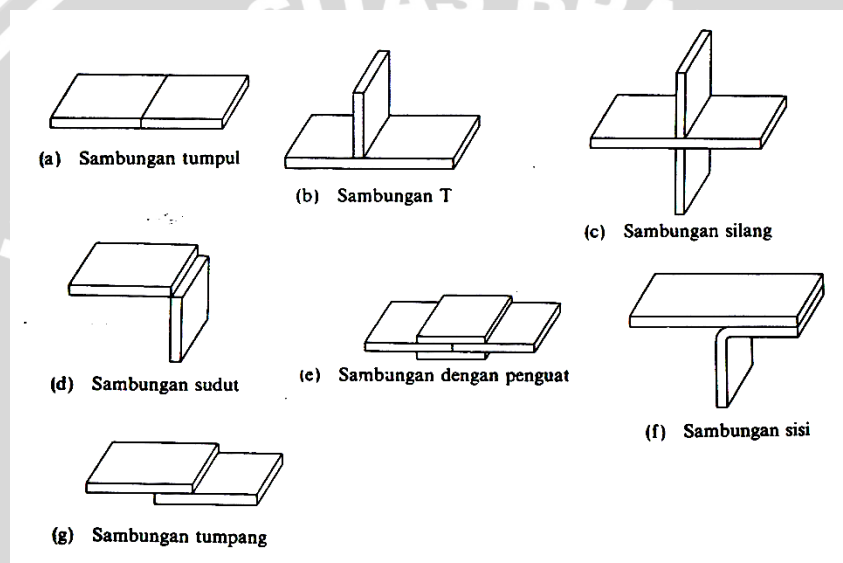
Persamaan ini berguna untuk membandingkan prosedur pengelasan yang berbeda untuk proses pengelasan tertentu. Namun, masukan panas belum tentu berlaku untuk membandingkan proses pengelasan yang berbeda (misalnya, SMAW dan GMAW) kecuali data tambahan yang tersedia seperti efisiensi transfer panas. (Fundeburk,1999)



Dari grafik pengaruh masukan panas terhadap laju pendinginan nampak terlihat bahwa kecenderungan bahwa waktu pengelasan sangat berpengaruh terhadap suhu yang dihasilkan pada panas masuk. Ketika panas masuk yang dibutuhkan pada kondisi tertentu maka pada waktu yang tepat dihasilkan panas masuk yang ideal kemudian turun untuk laju pendinginan pembentukan struktur logam las.

### 2.6.1 Sambungan Las

Berdasarkan jenis sambungannya ada 7 jenis sambungan dasar las yaitu sambungan tumpul, sambungan T, sambungan silang, sambungan sudut, sambungan dengan penguat, sambungan sisi, dan sambungan tumpang.



Gambar 2.6 Jenis-Jenis Sambungan Dasar Las  
Sumber : Wiryosumarto (2000)

### 2.6.2 Posisi Pengelasan

Selain jenis sambungan parameter lain dalam pengelasan adalah posisi dalam proses mengelas. Dalam hal ini terdapat 4 posisi dasar pengelasan yaitu :

1. Posisi datar (*flat position* = 1G)

Yaitu pelat dalam posisi horizontal dan diisi logam las dari atas pelat.

2. Posisi horisontal (2G)

Yaitu pelat dalam posisi vertikal dengan pengelasan pada posisi horizontal

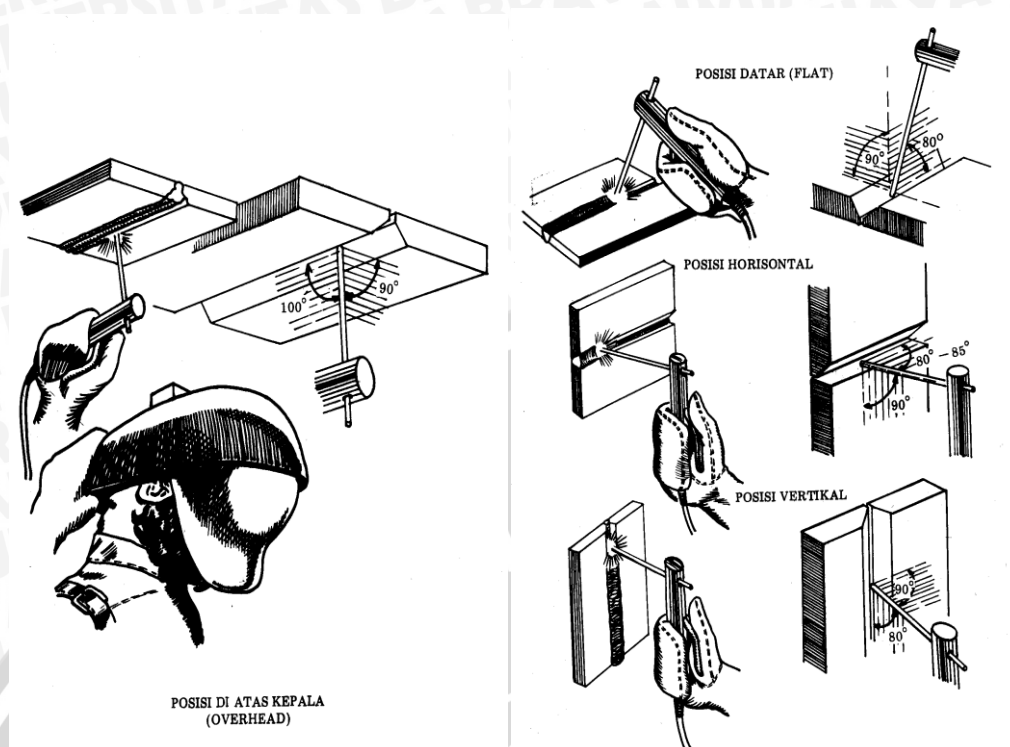
3. Posisi vertikal (3G)

Yaitu pelat dalam posisi vertikal dengan pengelasan pada posisi vertikal

4. Posisi di atas kepala (*overhead* = 4G)

Yaitu pelat dalam posisi horizontal dan diisi logam las dari bawah pelat.





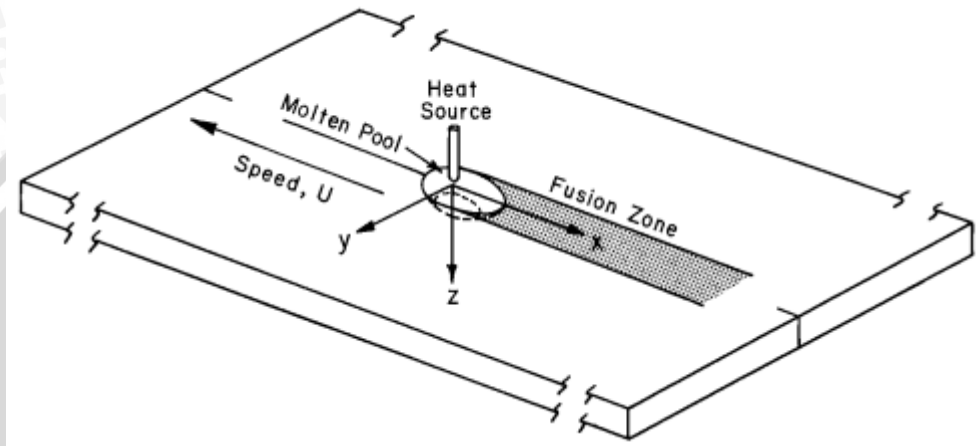
Gambar 2.7 Berbagai Posisi Pengelasan  
Sumber : Widharto, Sri (2003)

Untuk proses pengelasan pada penelitian kali ini menggunakan posisi datar (*flat position*) digunakan untuk mempermudah dalam mengatur kecepatan las dan pengumpanan kawat las.

### 2.6.3 Aliran Perpindahan Kalor

Pada proses pengelasan terjadi aliran perpindahan kalor yang terjadi dari sumber panas. Banyak bermacam-macam cara pengelasan pada beberapa logam terutama pelat tipis. Namun, perlu diperhatikan dalam arah aliran perpindahan kalor yang terjadi. Secara umum perpindahan kalor terjadi secara konduksi dan sedikit konveksi. Pada saat sumber panas mengalirkan panas melalui media misalnya elektroda maka terjadi perpindahan kalor secara konduksi karena melewati benda padat. Kemudian, saat sumber panas mengalir ke logam induk dan logam pengisi untuk meleburkan logam tersebut terjadi aliran perpindahan kalor berupa sedikit konveksi saat sumber panas ada yang dialirkan melalui fluida udara berupa aliran gas pelindung dan udara luar yang membantu memindahkan panas. Akhirnya, terjadi pemanasan pada logam induk dan logam pengisi yang mengakibatkan terjadinya sambungan las tersebut.

Gambar 2.8 adalah skema yang menunjukkan suatu benda kerja pengelasan stasioner. Awalnya dari sistem koordinat bergerak dengan sumber panas pada kecepatan konstan pada arah yang negatif pada arah sumbu ( $x$ ). Untuk proses perpindahan kalor awal dan akhir pengelasan panas mengalir dalam benda kerja cukup stabil sepanjang logam las sehubungan dengan sumber panas yang bergerak pada jalur tersebut. Dengan kata lain, pada pergerakan sumber panas sepanjang pengelasan, distribusi temperatur dan geometri kolom las tidak berubah seiring pertambahan waktu secara konstan.



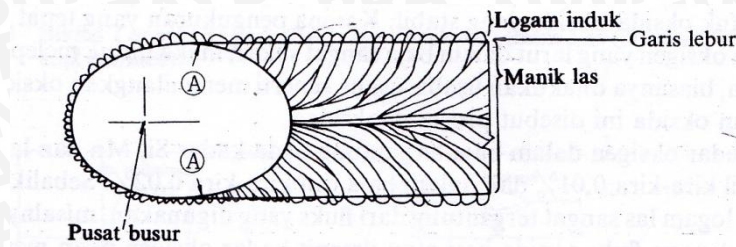
Gambar 2.8 Aliran Perpindahan Kalor secara Sumbu ( $x, y, z$ )  
Sumber: Sindo Kou (2003)

## 2.7 Metalurgi Las

Pada pengelasan cair banyak sekali terjadi cacat dalam logam las, hal ini dikarenakan laju pendinginan yang kurang bagus yaitu kecepatan pembekuan hasil las. Proses pendinginan pengelasan hampir sama dengan proses pengecoran. Namun, ada beberapa perbedaan yaitu kecepatan pendinginan las yang lebih cepat, pencairan dan pembekuan dilaksanakan secara terus-menerus sepanjang proses, sumber panas las bergerak secara kontinyu, dan pada pengelasan logam induk sambungan harus mencair menjadi satu antara logam yang satu dengan yang lain.

Pada gambar 2.9 di bawah ini akan digambarkan arah pembekuan dari logam las. Awalnya titik A adalah titik awal pembentukan manik dari pusat busur yang selalu berada pada logam induk. Kemudian titik ini melebar mendekati garis lebur dengan arah yang sama pada pergerakan sumber panas. Pada garis lebur sebagian logam ikut mencair dan sebagian lagi menjadi daerah HAZ atau daerah terpengaruh panas las. Sementara itu ketika terjadi pembekuan maka akan terbentuk manik las yang arahnya menuju ke pusat nyala busur las.





Gambar 2.9 Arah Pembekuan Logam Las  
Sumber: Wiryosumarto (2000)

### 2.7.1 Daerah Lasan

Daerah las terdiri dari tiga bagian yaitu logam las, *Heat Affected Zone*, dan logam induk. Masing-masing daerah las ini memiliki sifat-sifat tersendiri yang diharapkan memiliki sifat mekanik yang sama walaupun terjadi perubahan temperatur. Daerah lasan sendiri dapat dilihat pada gambar 2.10 di bawah ini.



Gambar 2.10 Pembagian Daerah Lasan  
Sumber: ASM Handbook Vol. I

1. Logam las, yaitu daerah hasil peleburan antar logam.
2. *Fusion line*, garis penggabungan atau garis batas cair antara logam las dan logam induk.
3. HAZ atau daerah pengaruh panas adalah logam dasar yang mengalami perubahan sifat akibat temperatur pengelasan.
4. Logam induk yaitu logam dari benda kerja yang akan di las.

## 2.8 Pengelasan Baja

### 2.8.1 Pengelasan Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu. (Wiryosumarto, 2000). Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.4. Oleh karena itu baja dapat dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya sebagai berikut:

- a. Baja karbon rendah, dengan kandungan karbon kurang dari 0,3 %



- b. Baja karbon sedang, dengan kandungan karbon 0,3 % - 0,45 %
- c. Baja karbon tinggi, dengan kandungan karbon 0,45 % - 1,70%

Tabel 2.5 Klasifikasi Baja Karbon

Jenis dan Kelas		Kadar Karbon (%)	Kekuatan Luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Kekerasan Brinell	Penggunaan
Baja karbon rendah	↑ Baja lunak khusus	0,08	18-28	32-36	40-30	95-100	Plat 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	Konstruksi umum
	Baja setengah lunak	0,20-0,30	24-36	44-55	32-22	112-145	
Baja karbon menengah	↑ 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: Wiryosumarto (2000)

Berdasarkan klasifikasi di atas didapatkan bahwa terdapat tiga jenis baja berdasarkan jumlah karbonnya. Pada aplikasi pengelasan gerbong dan rangka kereta api menggunakan logam jenis JIS SUS 304 dan baja karbon rendah. Baja karbon rendah ini mengandung kadar karbon kurang dari 0,30 %. Baja karbon ini mempunyai sifat mampu keras yang rendah, sehingga pembentukan martensit dengan proses perlakuan panas sulit dilakukan.. Baja karbon rendah ini baik untuk permesinan dan proses pengelasan sehingga sering digunakan untuk konstruksi umum (Wiryosumarto 1996:90).

### 2.8.2 Pengelasan Baja Tahan Karat

Baja tahan karat atau biasa disebut *stainless steel* adalah baja paduan tinggi yang tahan terhadap laju korosi, suhu tinggi, dan suhu rendah. Selain itu mempunyai

ketangguhan yang baik dan sifat mampu potong yang cukup. Secara umum baja tahan karat ini dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu ferit, austenit dan martensit, dapat dilihat pada tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2.6 Klasifikasi Baja Tahan Karat

Klasifikasi	Komposisi Utama (%)			Sifat mampu keras	Sifat tahan korosi	Sifat mampu tempa	Sifat mampu las	Kemagnitan.
	Cr	Ni	C					
Baja tahan karat martensit	11–15	—	$\leq 1,20$	Mengeras sendiri	kurang baik	kurang baik	tidak baik	Magnit
Baja tahan karat ferit	16–27	—	$\leq 0,35$	Tidak dapat dikeraskan	Baik	Baik	Kurang baik	Magnit
Baja tahan karat austenit	$\leq 16$	$\leq 7$	$\leq 0,25$	Tidak dapat dikeraskan	Baik sekali	Baik sekali	Baik sekali	Bukan magnit

Sumber: Wiryosumarto (2000)

Proses pengelasan baja tahan karat banyak digunakan las SMAW, MIG, maupun TIG dalam proses penyambungannya. Hal ini disebabkan karena baja ini termasuk jenis baja paduan yang tinggi maka jelas bahwa kualitas sambungan lasnya sangat dipengaruhi oleh panas masuk dan akan menjadi getas oleh panas dari atmosfer pengelasan. Baja tahan karat yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis austenit. Baja tahan karat jenis austenit ini dibandingkan dengan jenis martensit dan ferit lebih baik. Hal ini dikarenakan struktur penyusunan yang ada pada baja tahan karat jenis austenit nilai karbonnya sedikit sehingga lebih mudah dalam penyambungan. Selain itu, pada baja jenis ini sifat ketangguhan dan keuletan dari baja tahan karat austenit lebih baik. Namun, pada suhu  $680^{\circ}\text{C}$  ke  $480^{\circ}\text{C}$  terjadi pembentukan karbid khrom. Hal yang bisa dilakukan adalah menjaga suhu pembekuan pada proses pendinginan setelah proses pengelasan.

## 2.9 Pengelasan *Multilayer*

Pada pengelasan dapat dipakai *single layer* dan *multilayer welding*, dimana satu *layer* digunakan untuk pelat yang tipis sedangkan *welding multilayer* dipakai untuk pelat-pelat yang tebal. Pengelasan *multilayer* adalah pengelasan berganda, digunakan ketika kekuatan maksimum suatu las baja diinginkan atau beberapa



lapisan-lapisan diperlukan didalam mengelas logam tebal. Semakin kecil kolam las lebih mudah terkendali dan dapat menghindari oksidasi, kotoran terak, dan fusi tak lengkap dengan logam dasar.

Bilamana sambungan las terdiri dari banyak lapisan (*multilayer*) tentunya kondisi ini akan termodifikasi. Pengelasan *layer* kedua seakan memberikan efek *postheat* pada *layer* sebelumnya, dan juga *preheat* untuk *layer* sesudahnya.

Pada pengelasan *multilayer*, HAZ yang terjadi akibat pengelasan *layer* pertama seakan mengalami tempering (*postheat*) oleh karena panas yang dihasilkan pada saat pengelasan *layer* berikutnya. Kondisi ini berulang terus seiring dengan penambahan jumlah *layer* pada sambungan las.

### 2.10 Dissimilar metal Welding

Pengelasan logam tidak sejenis atau *dissimilar metal welding* adalah proses pengelasan berbeda logam, baik dari segi jenis maupun karakteristiknya. Dalam pengelasan logam-logam tidak sejenis ada beberapa prosedur yang harus diperhatikan diantaranya sebagai berikut:

- Meminimalkan masukan panas untuk mengurangi dilusi dan membatasi difusi.
- Memilih bahan pengisi yang tepat kompatibel dengan kedua bahan yang dilas.
- Mengurangi peleburan berlebih oleh variabel proses pengelasan yang terkait sehingga menentukan dalamnya penetrasi, jadi meminimalkan penetrasi.
- Pengenceran dan pembentukan fase *intermetalik* dapat diminimalkan dengan menerapkan lapisan bahan kompatibel di kedua permukaan masing-masing logam las.
- Dalam kasus pengelasan baja dengan perlakuan panas harus digunakan sesuai dengan prosedur. Jika salah satu pelat baja paduan rendah yang disambung dengan pelat baja jenis lain, maka proses pra dan pasca perlakuan panas pengelasan harus digunakan.

Jika untuk beberapa kemungkinan perlakuan panas tidak mungkin dilakukan, pada logam pengisi harus digunakan jenis austenitik yang ulet (untuk mengeraskan bahan). Ini akan mengkompensasi kurangnya *ductility* di daerah pengaruh panas HAZ.

Pengelasan logam tidak sejenis pada penelitian kali ini menggunakan logam *stainless steel*, macam – macam pengelasan logam tidak sejenis dengan *stainless steel* :



- a. Pengelasan logam tidak sejenis *austenitic stainless steel* dengan *low alloy steel* atau *carbon steel*.
- b. Pengelasan logam tidak sejenis *martensitic stainless steel* dengan *low alloy steel* atau *carbon steel*.
- c. Pengelasan logam tidak sejenis *ferritic stainless steel* dengan *low alloy steel* atau *carbon steel*.

Pada penelitian ini menggunakan plat *austenitic stainless steel* seri 304 dengan *low carbon steel*. Kemudian, masalah yang sering timbul adalah karena perbedaan koefisien ekspansi termal dari baja karbon dan baja tahan karat. Tegangan termal sangat besar karena tidak setara dengan saat logam berekspansi dan berkontraksi saat melakukan pembekuan. Hal lain juga dipengaruhi oleh kelarutan karbon yang tinggi di daerah austenit. Oleh karena itu, akan mengakibatkan terjadi zona *decarburized* yang akhirnya dapat menyebabkan kegagalan sambungan. Variabel tersebut dapat diatasi dengan menambah temperatur awal seperti memvariasikan variabel kecepatan dan menambah jumlah lapisan. Hal ini bertujuan agar tetap didapatkan kekuatan pada sambungan logam tersebut sama dengan logam induknya. Karena kegagalan saat terjadi sambungan disebabkan adanya kesalahan pemilihan prosedur pengelasan baja tidak sejenis.

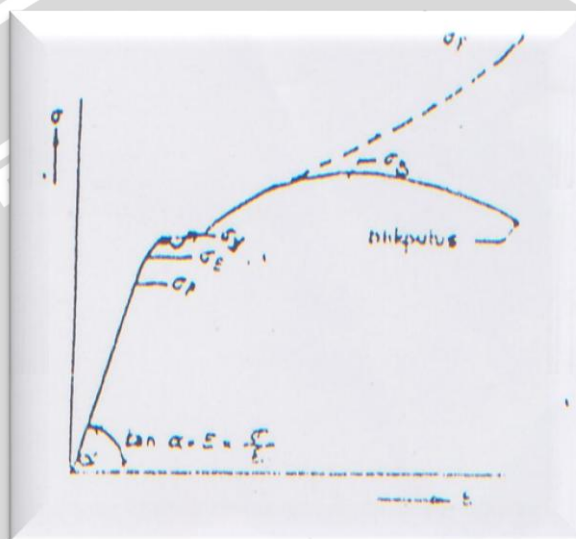
### 2.11 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik merupakan kemampuan bahan untuk menerima beban tarik tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan maksimum sebelum putus. Tegangan maksimum sebelum putus dianggap sebagai data terpenting yang diperoleh dari hasil pengujian tarik, karena biasanya perhitungan kekuatan dihitung atas dasar kekuatan tarik ini.

Hubungan tegangan dan regangan dapat diketahui dengan jelas pada diagram tegangan regangan yang didasarkan dari data yang diperoleh dalam pengujian tarik. Ini juga berlaku hukum Hooke yang menyatakan bahwa tegangan sebanding dengan regangan. Jika beban ditambah secara perlahan maka pertambahan beban itu akan menambah regangan sampai pada batas elastis dimana beban yang ditambah tetap akan terjadi pertambahan regangan. Pada pengujian tersebut benda uji diberi beban tarik secara aksial yang bertambah besar secara kontinyu dan dilakukan juga pengamatan pertambahan panjang.

Dalam hal ini :

- Titik proporsional merupakan tempat terjadinya keseimbangan antara tegangan dan regangan.
- Titik ultimate merupakan titik tempat tegangan tertinggi yang dapat dicapai oleh bahan tersebut.
- Titik yield atau luluh merupakan titik tempat penambahan regangan tanpa penambahan beban.
- Titik patah merupakan titik tempat bahan tersebut patah.



Gambar 2.11 Diagram Tegangan Regangan

Sumber : BJM. Beumer (1985 : 12)

Keterangan gambar:

P : Titik Proporsional

E : Batas Daerah Elastis

Y : Titik Yield

U : Titik Ultimate

### 2.11.1 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Tarik

#### 1. Kadar Karbon

Dengan meningkatkan kadar karbon dalam baja maka akan didapatkan kekerasan dan kekuatan tarik yang meningkat pula (ini hanya berlaku untuk baja yang memiliki kandungan karbon di bawah 1%). Pemanjangan dan pengecilan luas penampang akan menurun. Untuk baja yang memiliki kandungan karbon di atas 1%



akan mempunyai sifat yang sangat rapuh dan getas. Bila ini diberi beban tarik maka akan patah tanpa mengalami perpanjangan.

## 2. Heat Treatment

Proses *heat treatment* yang dilakukan akan menghasilkan sifat mekanik logam yang keras, kuat dan keuletannya bertambah dan sebagainya yang tergantung dari jenis heat treatment yang dikenakan pada logam tersebut. Misalnya dilakukan heat treatment untuk meningkatkan kekerasan (*hardening*). Dengan peningkatan kekerasan ini maka tegangan tarik yang dibutuhkan untuk mematahkan bahan ini lebih besar. Tetapi ia akan bertambah rapuh (*brittle*) sehingga perpatahannya terjadi tanpa adanya pertambahan panjang yang besar (terjadi secara mendadak). Selain itu, heat treatment yang dilakukan akan menentukan struktur mikro dari spesimen. Kekuatan tarik suatu baja sangat tergantung pada gaya ikat antar atomnya. Perubahan struktur menyebabkan pula terjadinya perubahan kekuatan tarik.

Kekuatan tarik suatu spesimen tergantung pada heat treatmentnya. Secara teoritis memiliki urutan sebagai berikut :

### 1. Hardening

Bertujuan untuk menghasilkan kekerasan maksimum sehingga tegangan tarik yang dibutuhkan kecil.

### 2. Tempering

Bertujuan untuk mengurangi tegangan dalam, meningkatkan keuletan bahan sehingga kekuatan tarik sedang.

### 3. Tanpa perlakuan

Material diuji tanpa mendapat perlakuan panas sebelumnya, ini digunakan sebagai pembanding.

### 4. Normalizing

Bertujuan untuk meningkatkan kekerasan daripada proses annealing, menghilangkan tegangan dalam.

### 5. Annealing

Bertujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan dalam, menurunkan kekerasan.

## 3. Homogenitas (kesamaan partikel logam)

Homogenitas suatu bahan atau material akan berpengaruh terhadap gaya ikatan antar atomnya. Untuk material dengan tingkat homogenitas yang tinggi maka gaya ikat antar atom juga tinggi, sehingga kekuatan tariknya juga tinggi.



#### 4. Kecepatan pendinginan

Semakin cepat pendinginan yang dilakukan akan meningkatkan kekerasan material, sehingga kekuatan tariknya juga besar.

#### 5. Konduktivitas termal bahan

Konduktivitas termal yang kecil akan memperlambat laju pendinginan, sehingga kekerasan akan menurun dan kekuatan tarik juga menurun.

#### 6. Unsur paduan

Adanya unsur paduan yang pada umumnya dapat bersenyawa dengan baja atau bahan seperti Nikel, Chromium dan Mangan dapat meningkatkan kekuatan tarik karena unsur paduan tersebut memiliki sifat keras.

#### 7. Ukuran butir

Ukuran butir yang besar bersifat ulet dibandingkan dengan butir yang halus. Ukuran butir yang halus memiliki sifat yang keras karena memiliki batas butir yang lebih luas sehingga gaya tarik menarik antar atom semakin besar dan kekuatan tariknya pun juga besar.

Rumus perhitungan:

##### 1. Tegangan tarik ( $\sigma$ )

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2-2)$$

dengan :

$\sigma$  = Tegangan Tarik ( $\text{N/mm}^2$ )

$P$  = Gaya (N)

$A$  = Luas penampang ( $\text{mm}^2$ )

##### 2. Regangan ( $\varepsilon$ )

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (2-3)$$

dengan :

$\varepsilon$  = Regangan (%)

$l$  = pertambahan panjang (mm)

$l_0$  = panjang awal *Gage Length* (mm)

## 2.12 Hipotesis

Dari semua tinjauan pustaka di atas maka didapatkan sebuah hipotesis pada pengaruh variasi pada variabel bebas penelitian ini yaitu jika semakin banyak jumlah *layer* pengelasan akan meningkatkan kekuatan tarik hasil lasan antara baja karbon rendah ST 37 dengan *stainless steel* SUS 304 karena dengan penambahan jumlah *layer* akan meningkatkan kecepatan pengelasan sehingga masukan panas tiap *layer* akan semakin rendah dan pendinginan yang terjadi akan semakin cepat yang selanjutnya akan mempengaruhi struktur butiran dimana butiran yang dihasilkan akan semakin kecil dan merata.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan metode penelitian (*experimental research*) eksperimental nyata dan secara langsung pada obyek yang dituju dan bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah *layer* pengelasan terhadap kekuatan tarik hasil las baja ST 37 dengan baja SUS 304. Di samping itu juga dilakukan pengkajian terhadap dasar teori yang ada dari sumber literatur berupa buku dan jurnal.

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei - Juni 2012. Tempat yang digunakan untuk penelitian yaitu:

- Departemen Teknologi Pengerjaan Logam PPPPTK VEDC Malang
- Laboratorium Struktur, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya
- Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya

#### 3.2 Variabel Penelitian

Terdapat tiga variabel dalam penelitian ini, yaitu variabel bebas, variabel terikat, variabel terkontrol.

##### 3.2.1 Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi nilai dari variabel terikat, besarnya ditentukan oleh peneliti dan harganya divariasikan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dari objek penelitian. Variabel bebas yang digunakan adalah *layer* pengelasan yang divariasikan yaitu 4 *layer*, 5 *layer*, 6 *layer*, 7 *layer* dan 8 *layer*.

##### 3.2.2 Variabel terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya bergantung pada variabel bebas yang diberikan. Adapun variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan tarik.

##### 3.2.3 Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dijaga konstan selama penelitian, variabel yang dijaga konstan dalam penelitian ini adalah :

- a. Arus listrik 100 A
- b. Tegangan listrik 380 Volt



- c. Dimensi *filler metal* ER 308 L diameter 2,4 mm
- d. Laju gas Argon 0,5 L/menit
- e. Kecepatan *cross head* pada uji tarik 0,4 RPM

### 3.3 Peralatan Penelitian

#### 1. Mesin las TIG

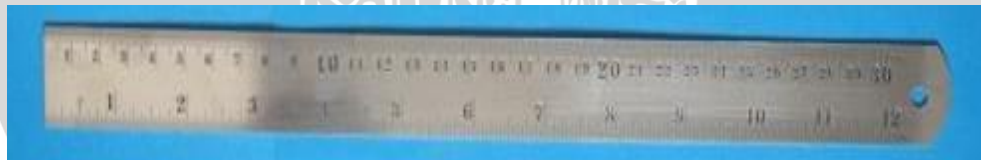
Digunakan untuk proses pengelasan pada benda kerja.



Gambar 3.1 Mesin Las TIG

#### 2. Mistar ukur

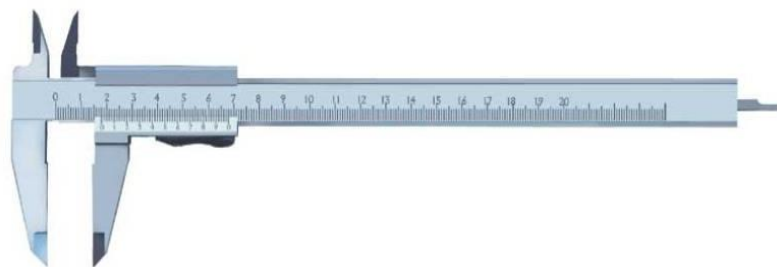
Digunakan untuk mengukur benda kerja.



Gambar 3.2 Mistar Ukur

#### 3. Jangka sorong

Digunakan untuk mengukur kedalaman hasil pengelasan.



Gambar 3.3 Jangka Sorong

#### 4. Kamera digital

Digunakan untuk mengambil gambar pada saat penelitian.



Gambar 3.4 Kamera digital

#### 5. Power Hack Saw

Digunakan untuk memotong benda kerja.



Gambar 3.5 Power Hack Saw

#### 6. Gerinda

Digunakan untuk membentuk kampuh dan meratakan permukaan logam las.

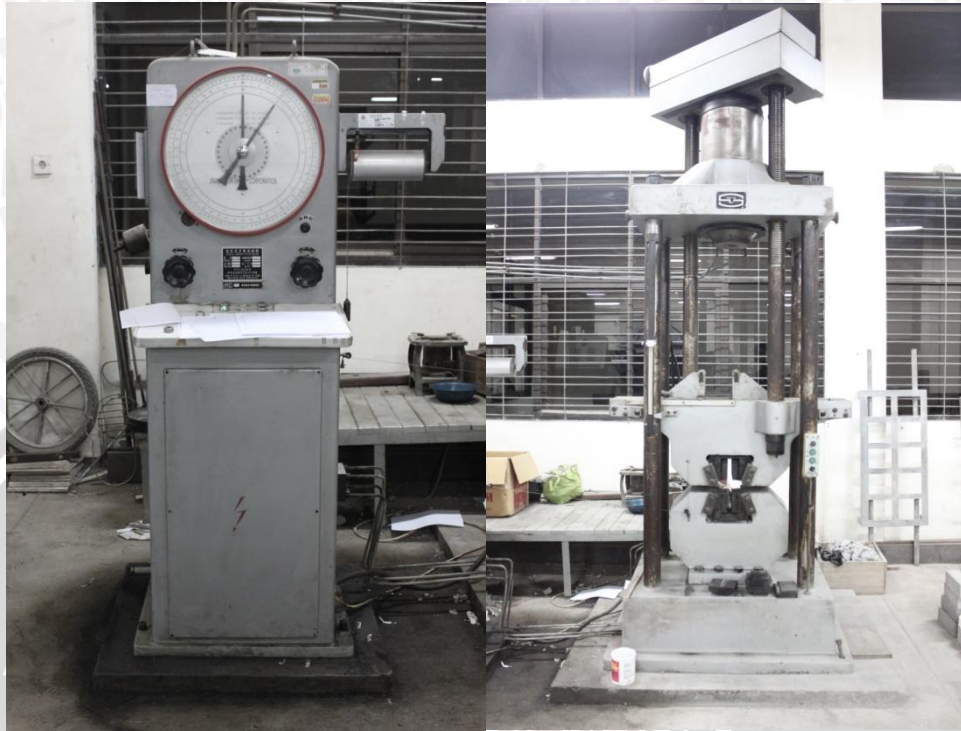


Gambar 3.6 Gerinda



### 7. Mesin Uji Tarik

Alat ini digunakan untuk memberikan beban tarik kepada spesimen



Gambar 3.7 Mesin Uji Tarik

### 8. Mikroskop Logam

Digunakan untuk melihat struktur mikro logam spesimen.



Gambar 3.8 Mikroskop Logam



### 9. *Centrifugal sand paper machine*

Digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen yang akan difoto mikro.



Gambar 3.9 *Centrifugal sand paper machine*

### 10. Kertas gosok

Digunakan pada *centrifugal sand paper machine* untuk menghaluskan permukaan spesimen yang akan difoto mikro.



Gambar 3.10 Kertas gosok

## 3.4 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

### 1. Baja karbon rendah ST 37

- Komposisi baja karbon rendah ST 37
  - Carbon (C) : 0,19 %
  - Silicon (Si) : 0,21 %
  - Mangan (Mn) : 0,90 %
  - Phospor (P) : 0,008 %
  - Sulphur (S) : 0,016 %
- Mechanical Properties
  - Yield Strength : 200 - 290 N/mm<sup>2</sup>
  - Tensile Strength : 370 - 450 N/mm<sup>2</sup>

- Elongation : 40% - 30 %
- Hardnest Test : 80 – 120 HB
- Physical Properties
  - Thermal Conductivity : 53 W/m. °K
  - Thermal Expansion :  $12.10^{-6}/\text{°K}$
  - Young Modulus : 210 N/mm<sup>2</sup>
  - Melting Point : 1500-1540 °C

## 2. Baja tahan karat austenite (SUS 304)

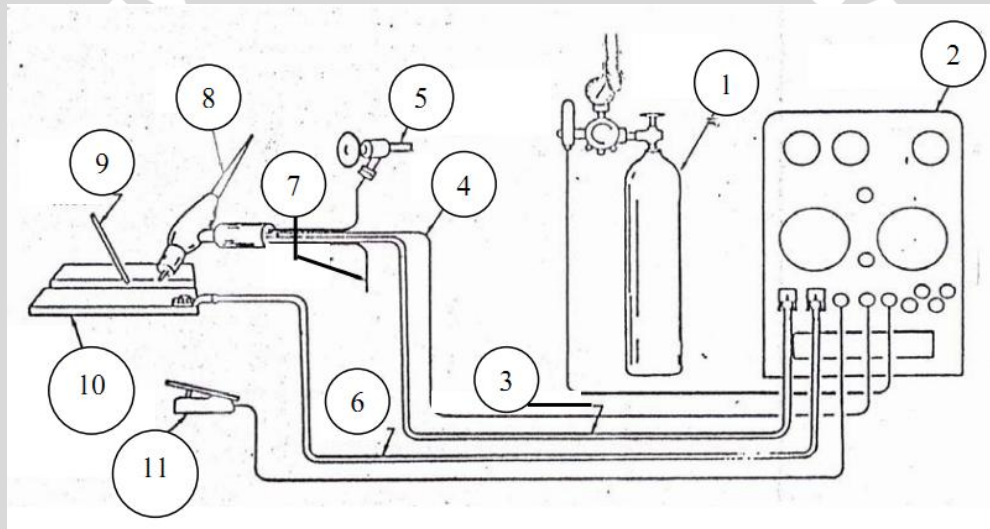
- Komposisi baja tahan karat austenite (SUS 304)
  - Carbon (C) : 0,08 %
  - Mangan (Mn) : 2 %
  - Phospor (P) : 0,045 %
  - Sulphur (S) : 0,03 %
  - Nikel (Ni) : 8%
  - Chromium (Cr) : 18 %
- Mechanical Properties
  - Yield Strength : 290 N/mm<sup>2</sup>
  - Tensile Strength : 520 N/mm<sup>2</sup>
  - Elongation : 55 %
  - Hardnest Test : 92 HB
- Physical Properties
  - Thermal Conductivity : 16.2 W/m. °K at 100 °C
  - Thermal Expansion :  $17,2.10^{-6}/\text{°K}$  at 100 °C
  - Young Modulus : 210 N/mm<sup>2</sup>
  - Melting Point : 1400-1450 °C

## 3. Filler metal ER 308 L

- Komposisi ER 308 L
  - Nikel (Ni) : 9 - 11 %
  - Carbon (C) : 0,03 %
  - Mangan (Mn) : 1 - 2,5 %
  - Sulphur (S) : 0,03 %

- Tembaga (Cu) : 0,75 %
- Silikon (Si) : 0,3 - 0,65 %
- Chromium (Cr) : 19,5 - 22 %
- Molibdenum : 0,75 %
- Fosfor (P) : 0,03 %
- Mechanical Properties
  - Yield Strength : 400 MPa
  - Tensile Strength : 587 MPa
  - Elongation : 36 %
  - Impact Strength : 130 J

### 3.5 Instalasi Penelitian



Gambar 3.11 Skema Instalasi Penelitian

Keterangan gambar :

- |                                    |                  |
|------------------------------------|------------------|
| 1. Gas Argon                       | 9. Logam pengisi |
| 2. Mesin las TIG                   | 10. Logam induk  |
| 3. Saluran elektroda               | 11. Saklar kaki  |
| 4. Saluran gas                     |                  |
| 5. Penyuplai air untuk pendinginan |                  |
| 6. Saluran ke benda kerja          |                  |
| 7. Saluran air keluar              |                  |
| 8. Torch                           |                  |



### 3.6 Prosedur Penelitian

#### 3.6.1 Prosedur Percobaan

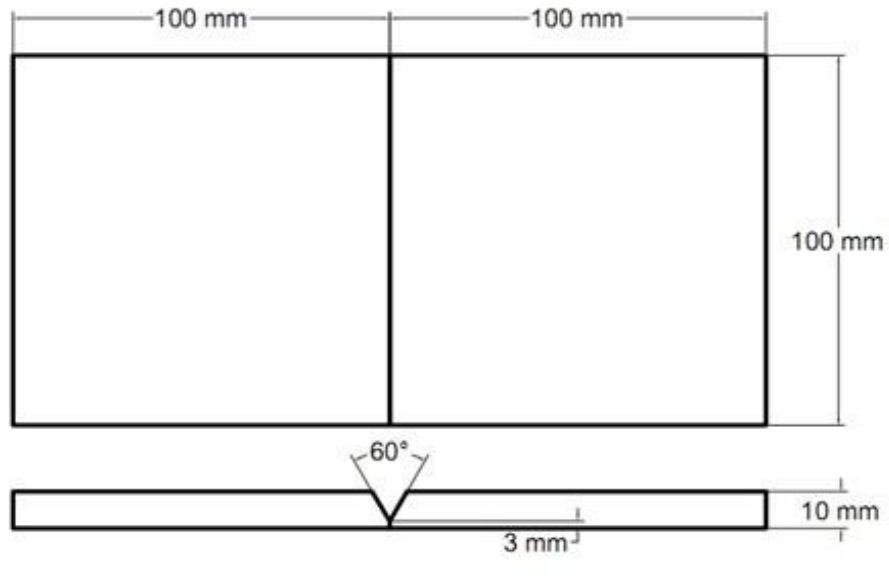
Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah

##### 1. Persiapan percobaan

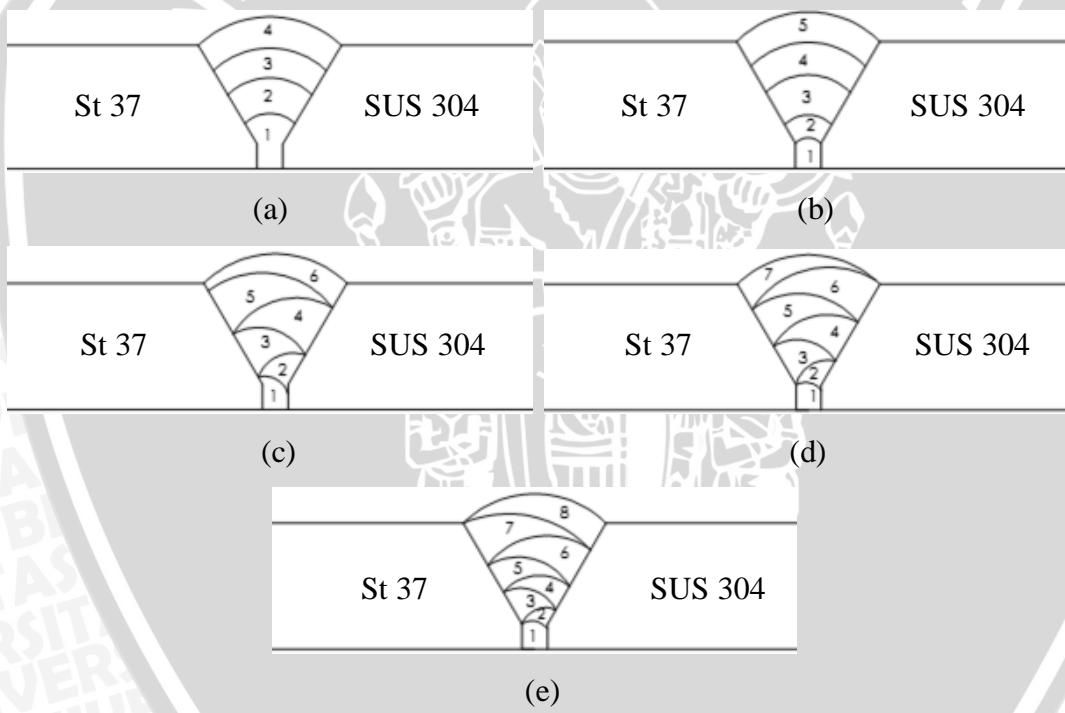
- Mempersiapkan benda kerja dengan cara membuat kampuh pada masing-masing pelat baja sesuai dengan desain pada spesimen pengelasan.
- Mempersiapkan mesin las TIG.
- Mengatur laju gas Argon (Ar).

##### 2. Pengelasan

- Pengelasan pertama dilakukan dengan penggunaan *layer* pengelasan dilakukan secara berlapis 4 *layer* sampai mendapatkan logam las yang penuh.
- Pengelasan kedua dilakukan dengan penggunaan *layer* pengelasan dilakukan secara berlapis 5 *layer* sampai mendapatkan logam las yang penuh.
- Pengelasan ketiga dilakukan dengan penggunaan *layer* pengelasan dilakukan secara berlapis 6 *layer* sampai mendapatkan logam las yang penuh.
- Pengelasan keempat dilakukan dengan penggunaan *layer* pengelasan dilakukan secara berlapis 7 *layer* sampai mendapatkan logam las yang penuh.
- Pengelasan kelima dilakukan dengan penggunaan *layer* pengelasan dilakukan secara berlapis 8 *layer* sampai mendapatkan logam las yang penuh.



Gambar 3.12 Spesimen Pengelasan



Gambar 3.13 Diagram Susunan *Layer* Setiap Pengelasan (a) 4 *layer* ; (b) 5 *layer* ; (c) 6 *layer* ; (d) 7 *layer* ; (e) 8 *layer*

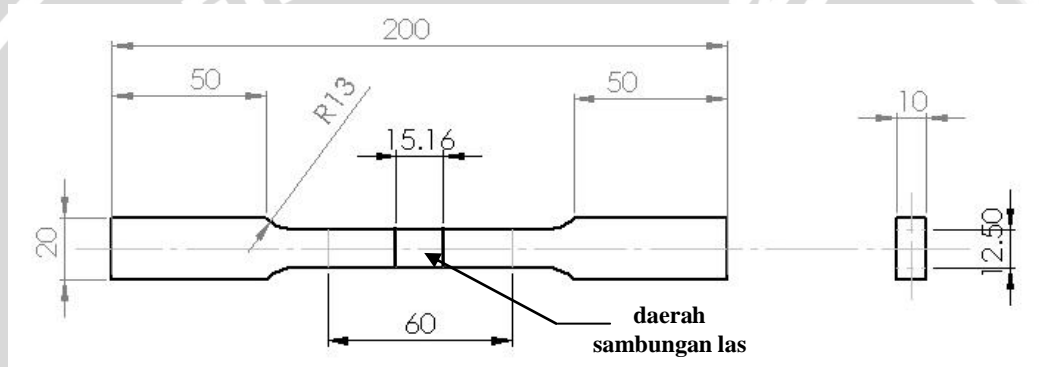
**3.6.2 Prosedur Pengujian Hasil Las dan Pengolahan Data**

1. Pengambilan data jumlah lapisan dilakukan pada saat dilakukan proses pengelasan.
2. Pembuatan spesimen uji untuk pengujian kekuatan tarik sebanyak tiga sampel pada masing-masing variasi *layer* pengelasan 4 *layer*, 5 *layer*, 6 *layer*, 7

layer, 8 layer dan pembuatan spesimen uji mikrostruktur sebanyak 2 sampel yaitu pada layer pengelasan 4 layer dan 8 layer.

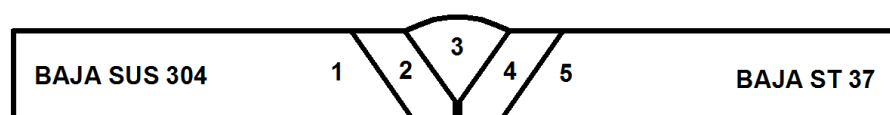
3. Pengujian kekuatan tarik.
4. Pengujian mikrostruktur.
5. Foto makro patahan spesimen uji tarik 4 layer dan 8 layer.
6. Pengolahan data hasil pengujian.
7. Melakukan analisis dan pembahasan dari data-data yang diperoleh.
8. Membuat kesimpulan dari hasil penelitian.
9. Selesai

### 3.6.2.1 Spesimen Uji Tarik



Gambar 3.14 Spesimen Uji Tarik Standar ASTM A 370

### 3.6.2.2 Titik Pengujian Mikrostruktur



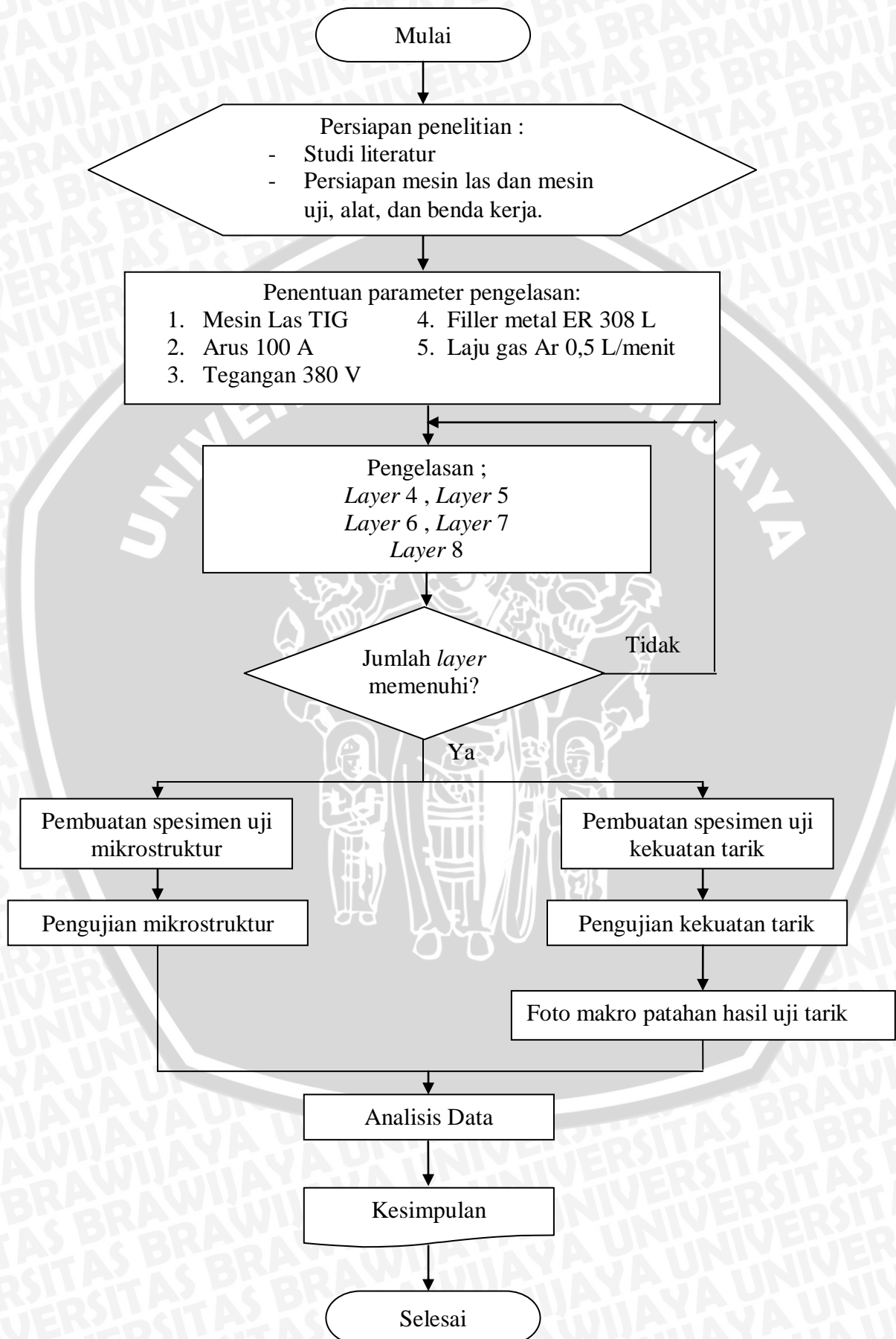
Gambar 3.15 Titik Pengujian Mikrostruktur

Keterangan :

1. Titik pada logam induk ST 37
2. Titik pada daerah HAZ ST 37
3. Titik pada *weld metal*
4. Titik pada daerah HAZ SUS 304
5. Titik pada logam induk SUS 304



### 3.7 Diagram Alir Penelitian

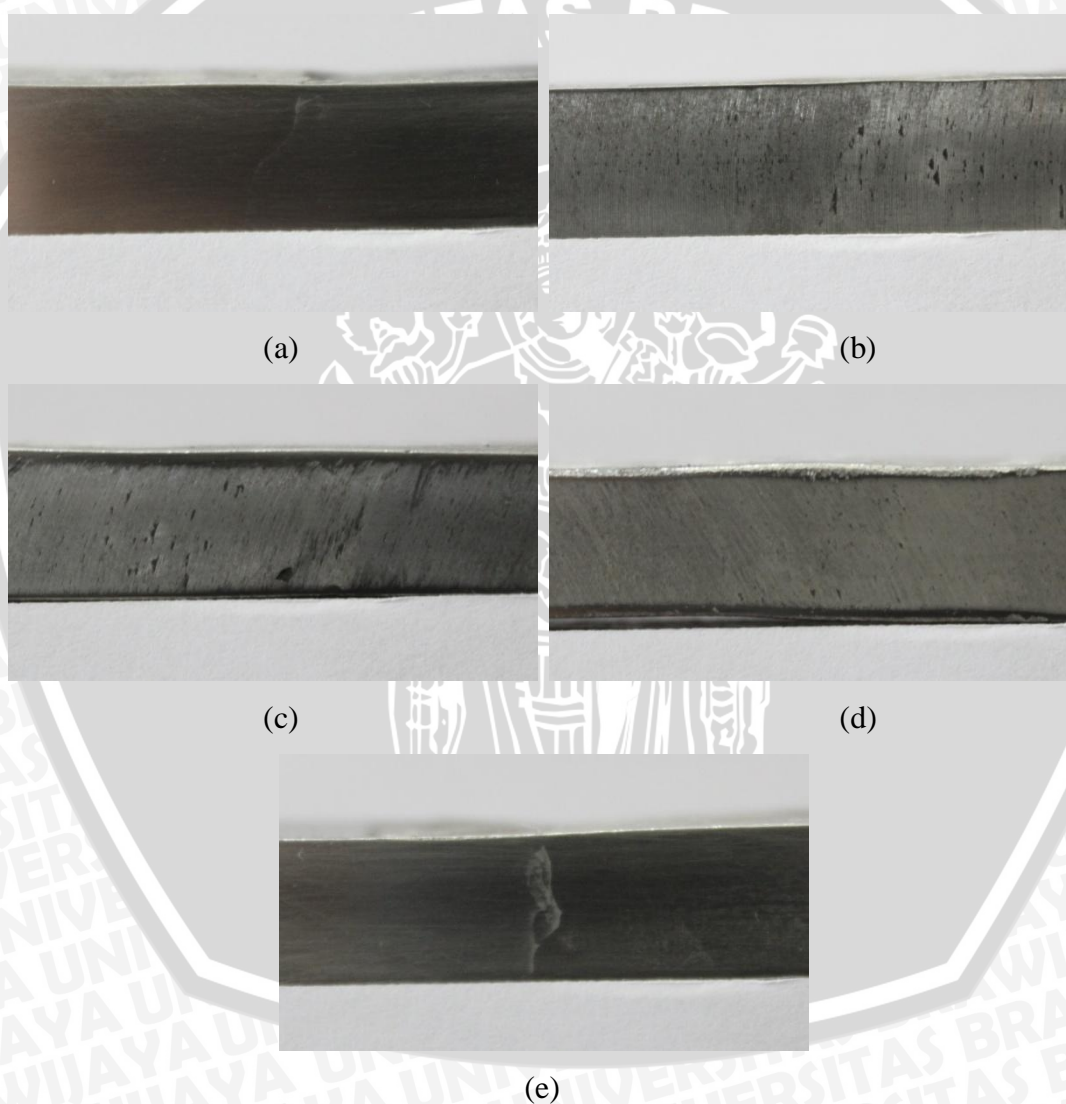


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Penelitian

Pada hasil penelitian pengaruh variasi jumlah *layer* pengelasan terhadap kekuatan tarik didapatkan beberapa macam data yang digunakan untuk mengolah hasil dari perumusan masalah tersebut. Data yang akan diolah antara lain hasil perhitungan kekuatan tarik dan regangan spesimen dari masing-masing variasi *layer* pengelasan. Gambar 4.1 berikut menunjukkan sambungan las spesimen hasil pengelasan pada masing-masing variasi *layer* pengelasan.



Gambar 4.1 Foto Spesimen Hasil Pengelasan (a) 4 *layer* ; (b) 5 *layer* ; (c) 6 *layer* ; (d) 7 *layer* ; (e) 8 *layer*

## 4.2 Pengolahan Data

### 4.2.1 Pengujian Tarik

Pada penelitian ini digunakan data rata-rata dari tiga kali pengulangan pengujian sebagai data yang digunakan dalam pembahasan dan pembuatan grafik hubungan antara variasi jumlah *layer* pengelasan dengan kekuatan tarik yang terjadi pada hasil pengelasan logam berbeda (*dissimilar metal*). Pada gambar 4.2 di bawah ini menunjukkan foto bentuk spesimen uji tarik.



Gambar 4.2 Foto Spesimen Uji Tarik

Di bawah ini adalah tabel yang menunjukkan beban tarik maksimum yang dapat diterima oleh masing-masing spesimen uji tarik.

Tabel 4.1 Data Beban Tarik Maksimum (N)

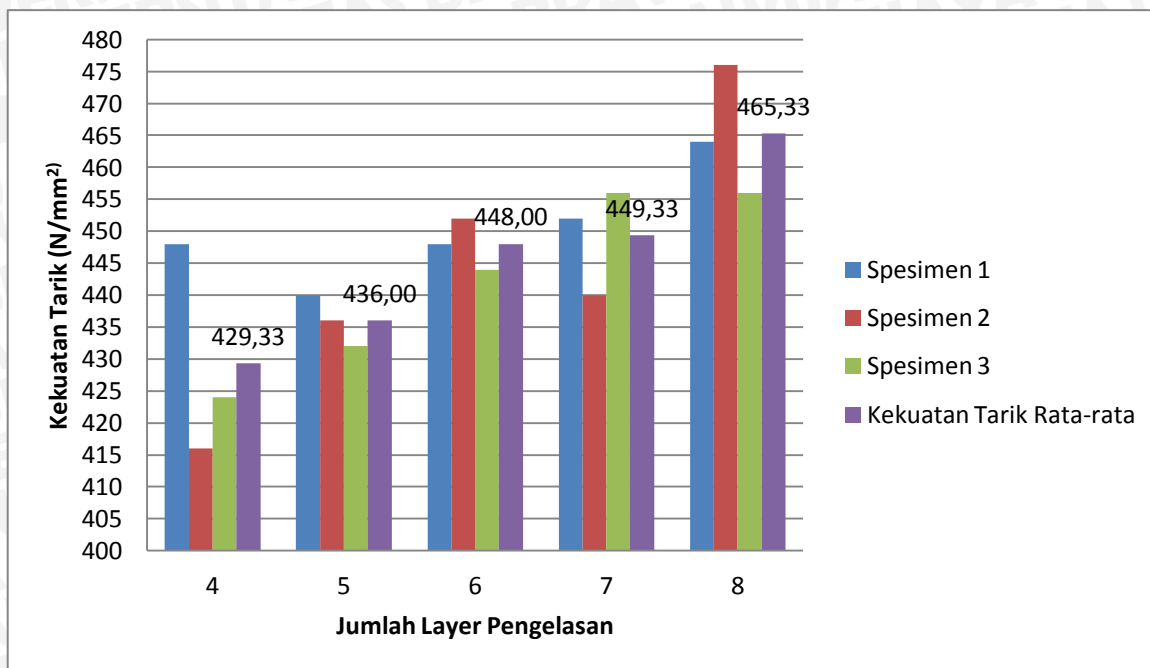
Jumlah <i>Layer</i> Pengelasan	BEBAN ULTIMATE (N)			Jumlah	Rata-rata
	spesimen 1	spesimen 2	spesimen 3		
4	56000	52000	53000	161000	53666.67
5	55000	54500	54000	163500	54500.00
6	56000	56500	55500	168000	56000.00
7	56500	55000	57000	168500	56166.67
8	58000	59500	57000	174500	58166.67

Berikut data perhitungan kekuatan tarik pada hasil lasan antara dua logam berbeda yaitu Baja ST 37 dan Baja SUS 304.

Tabel 4.2 Data Hasil Perhitungan Kekuatan Tarik (N/mm<sup>2</sup>)

Jumlah <i>Layer</i> Pengelasan	KEKUATAN TARIK (N/mm <sup>2</sup> )			Jumlah	Rata-rata
	spesimen 1	spesimen 2	spesimen 3		
4	448	416	424	1288	429.33
5	440	436	432	1308	436.00
6	448	452	444	1344	448.00
7	452	440	456	1348	449.33
8	464	476	456	1396	465.33





Grafik 4.1 Hubungan Jumlah *Layer* Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik

Di bawah ini adalah tabel yang menunjukkan pertambahan panjang yang dialami oleh masing-masing spesimen uji tarik.

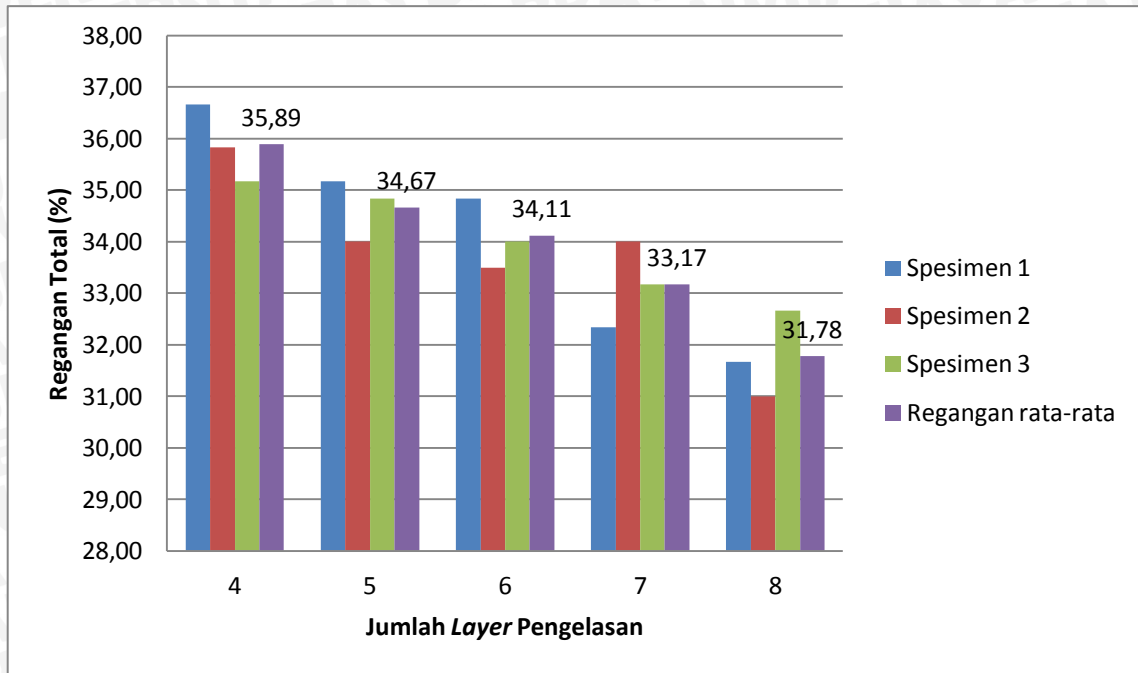
Tabel 4.3 Data Pertambahan Panjang Masing-Masing Spesimen (mm)

Jumlah Layer Pengelasan	Pertambahan Panjang (mm)			Jumlah	Rata-rata
	spesimen 1	spesimen 2	spesimen 3		
4	22	21.5	21.1	64.6	21.53
5	21.1	20.4	20.9	62.4	20.80
6	20.9	20.1	20.4	61.4	20.47
7	19.4	20.4	19.9	59.7	19.90
8	19	18.6	19.6	57.2	19.07

Berikut data perhitungan regangan pada hasil lasan antara dua logam berbeda yaitu Baja ST 37 dan Baja SUS 304.

Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan Regangan (%)

Jumlah Layer Pengelasan	Regangan (%)			Jumlah	Rata-rata
	spesimen 1	spesimen 2	spesimen 3		
4	36.67	35.83	35.17	107.67	35.89
5	35.17	34.00	34.83	104.00	34.67
6	34.83	33.50	34.00	102.33	34.11
7	32.33	34.00	33.17	99.50	33.17
8	31.67	31.00	32.67	95.33	31.78



Grafik 4.2 Regangan Total Tiap Variasi *Layer* Pengelasan

Contoh perhitungan kekuatan tarik dan regangan.

Perhitungan luas penampang, kekuatan tarik dan regangan berdasarkan tabel di atas.

- Luas penampang tiap spesimen uji tarik

$$A = p \times l$$

$$A = 12,5 \times 10$$

$$A = 125 \text{ mm}^2$$

- Kekuatan Tarik

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

$$\sigma = \frac{56000}{125}$$

$$\sigma = 448 \text{ N/mm}^2$$

- Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{22}{60} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 36,67\%$$

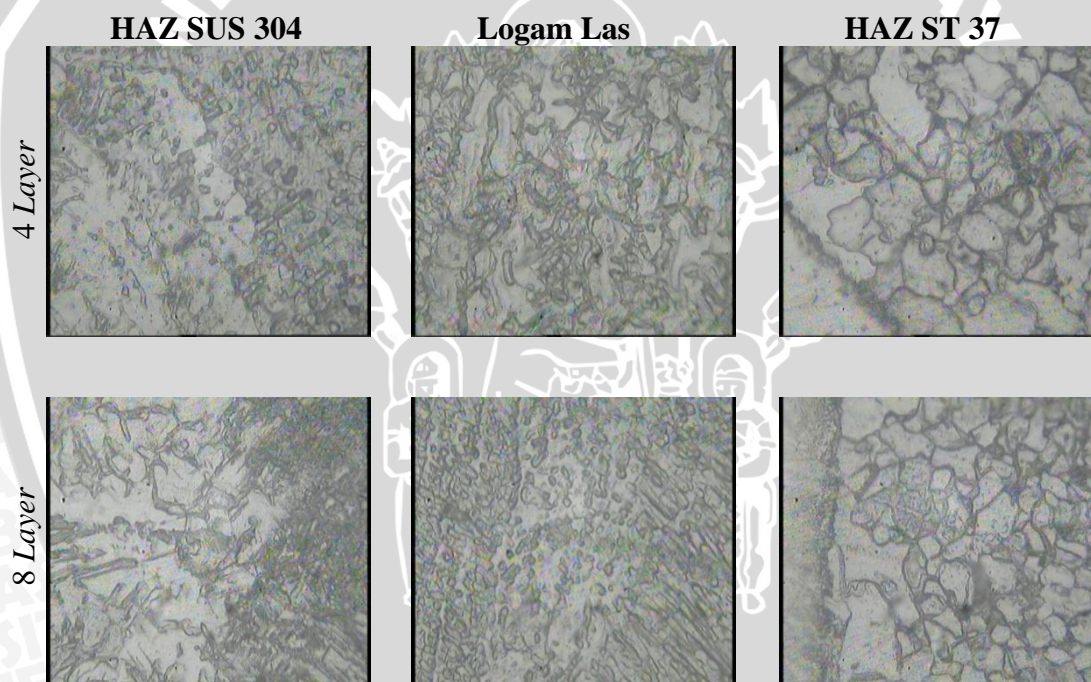


## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Analisa Pengujian Kekuatan Tarik

Untuk mengetahui kualitas hasil lasan salah satunya perlu dilakukan pengujian mekanik, pada penelitian ini dilakukan pengujian kekuatan tarik hasil lasan untuk mengetahui kemampuannya menerima beban sebelum mengalami kerusakan.

Dari data grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah *layer* pengelasan akan mengakibatkan peningkatan kekuatan tarik dari hasil lasan, tetapi regangan yang dihasilkan akan semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya jumlah *layer* pengelasan akan meningkatkan kekerasan hasil lasan dan dibuktikan dengan menurunnya nilai regangan yang menandakan hasil lasan bersifat semakin getas. Di bawah ini adalah foto mikrostruktur daerah HAZ dan logam las dari spesimen hasil pengelasan *dissimilar metal* baja St 37 dengan baja SUS 304.

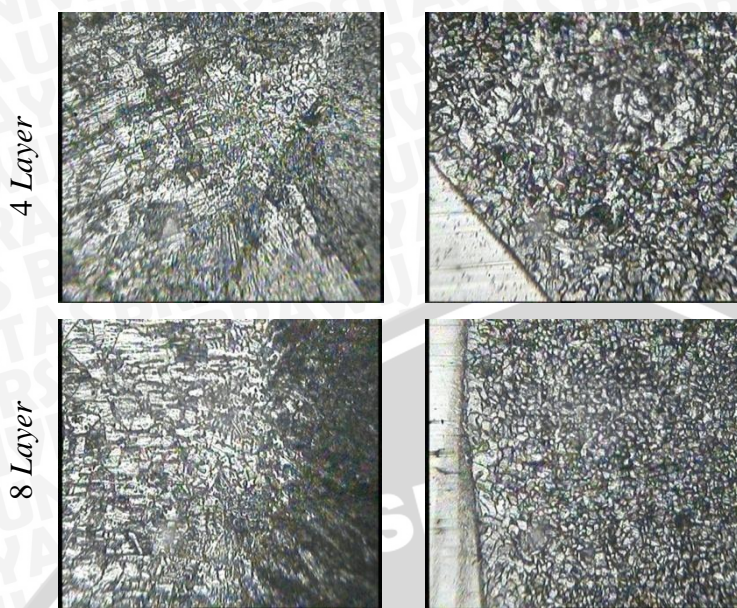


Gambar 4.3 Foto Mikro Masing-Masing Daerah Las Pembesaran 400x  
4 layer pengelasan; 8 layer pengelasan



## HAZ SUS 304

## HAZ ST 37

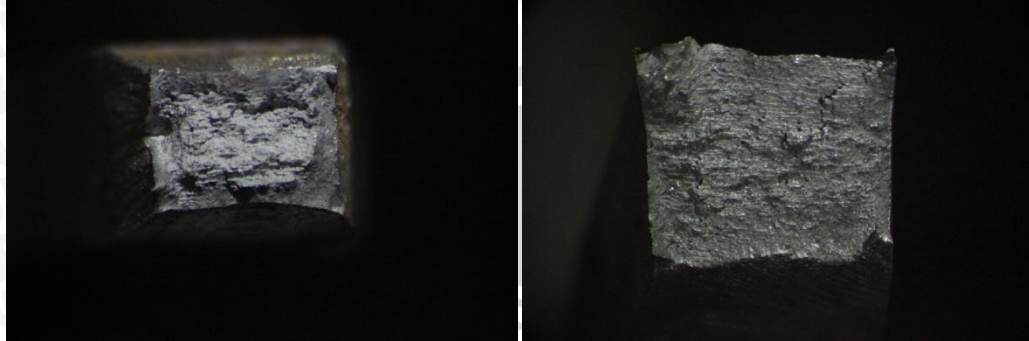


Gambar 4.4 Foto Mikro Masing-Masing Daerah Las Pembesaran 100x  
4 layer pengelasan ; 8 layer pengelasan

Dari hasil foto mikrostruktur spesimen hasil pengelasan pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 menunjukkan bahwa butiran yang dihasilkan pada peningkatan jumlah *layer* pengelasan semakin kecil dan merata, hal ini disebabkan karena untuk meningkatkan jumlah *layer* pengelasan diperlukan kecepatan pengelasan yang lebih tinggi. Dengan peningkatan kecepatan pengelasan akan mengakibatkan masukan panas yang diterima logam semakin rendah, sehingga pendinginan masing-masing *layer* lebih cepat yang selanjutnya menghasilkan struktur butiran yang kecil dan merata. Logam dengan struktur butiran kecil memiliki sifat yang keras dan getas karena batas butir yang dimiliki semakin luas sehingga gaya tarik menarik antar atom semakin besar. Hal ini menyebabkan kekerasan logam akan meningkat dan kekuatan tariknya akan meningkat pula.

Pada gambar 4.5 di bawah memperlihatkan bahwa patahan dari spesimen hasil uji tarik dengan pengelasan 4 *layer* terlihat ulet yang ditandai dengan permukaan patahan yang tidak merata dan terlihat berserat, sedangkan spesimen dengan 8 *layer* pengelasan terlihat patahan getas yang ditandai dengan permukaan patahan yang lebih rata dan mengkilat. Hal ini menandakan bahwa pada spesimen tarik dengan 4 *layer* pengelasan terjadi deformasi terlebih dahulu sebelum patah, sedangkan spesimen tarik dengan 8 *layer* pengelasan mengalami patah tanpa terjadi deformasi dimana hal ini membuktikan

bahwa kekerasan dari spesimen dengan pengelasan 8 *layer* lebih tinggi karena memiliki bentuk patahan getas, sehingga kekuatan tariknya pun lebih tinggi daripada spesimen dengan 4 *layer* pengelasan.



(a)

(b)

Gambar 4.5 Foto Makro Patahan Spesimen Hasil Uji Tarik

(a) 4 *layer* pengelasan ; (b) 8 *layer* pengelasan

Hal ini sesuai dengan hipotesis bahwa semakin banyak jumlah *layer* pengelasan akan meningkatkan kekuatan tarik dari hasil las yang disebabkan oleh semakin kecilnya butiran yang dihasilkan pada hasil lasan. Dan kekuatan tarik terbesar yang dihasilkan adalah pada spesimen dengan jumlah 8 *layer* pengelasan yaitu sebesar  $465,33 \text{ N/mm}^2$  dengan regangan sebesar 9,53 %.





## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari data dan pembahasan pengaruh variasi jumlah *layer* pengelasan terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan dua logam tidak sejenis (*dissimilar metal welding*) antara Baja ST 37 dengan Baja SUS 304 didapat kesimpulan :

- a) Variasi jumlah *layer* berpengaruh terhadap kekuatan tarik hasil lasan dua logam tidak sejenis.
- b) Penambahan jumlah *layer* pengelasan akan meningkatkan kekuatan tarik hasil pengelasan dua logam tidak sejenis (*dissimilar metal welding*).
- c) Kekuatan tarik terbesar adalah pada hasil pengelasan dengan jumlah *layer* pengelasan 8 *layer* yaitu sebesar 465,33 N/mm<sup>2</sup> dimana hal ini disebabkan karena untuk meningkatkan jumlah *layer* pengelasan diperlukan kecepatan pengelasan yang lebih tinggi,. Dengan peningkatan kecepatan pengelasan akan mengakibatkan masukan panas yang diterima logam semakin rendah, sehingga pendinginan masing-masing *layer* lebih cepat yang selanjutnya menghasilkan struktur butiran yang kecil dan merata. Struktur butiran yang kecil dan merata memiliki batas butir yang luas sehingga gaya tarik menarik antar atom semakin besar sehingga kekerasan meningkat dan kekuatan tariknya pun ikut meningkat.

#### 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

- a) Perlu diadakan penelitian variasi jumlah *layer* pengelasan dengan penggunaan jumlah *layer* yang lebih banyak pada pengelasan baja tidak sejenis untuk mengetahui batas maksimal peningkatan kekuatan tarik akibat penambahan jumlah *layer*.
- b) Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai distribusi kekerasan hasil lasan baja tidak sejenis.
- c) Perlu dilakukan pengujian kualitas hasil lasan pada proses pengelasan dengan variasi jumlah *layer* pengelasan.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Alvides, Z. 2004. *Pengaruh Jumlah Layer Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Sambungan Tumpang*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- ASM. 1993. *Welding, Brazing, and Soldering*. Ohio: ASM Handbook Committee.
- ASTM A 370. 2003. *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*. New York: Annual Book of ASTM Standard.
- Beumer, B.J.M. 1985. *Ilmu Bahan Logam*. Jakarta: Bharata Karya Aksara.
- Funderburk, R. Scott. 1999. *Heat Input Source of Welding*. New York: ASME Handbook Commitee.
- Khan, I. Md. 2007. *Welding Science and Technology*. New Delhi: New Age International.
- Kou, S. 2003. *Welding Metallurgy 2<sup>th</sup> edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Yahdi, W. A. 2009. *Ilmu dan Teknik Material*. Diktat Mata Kuliah Teknik Mesin. Malang: Universitas Brawijaya.
- Setiawan, W., Santoso, N. 2007. *Pengaruh Dissimilar Metal Baja Karbon Rendah ST 37 dan Baja Austenitic SUS 304 (Tahan Karat) Pada Pengelasan SMAW terhadap Sifat Mekanik*. Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Widharto, S. 2003. *Teknik Kerja Las*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Wirjosumarto, H., Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Erlangga.

# LAMPIRAN





## Lampiran 1 Surat Keterangan Penelitian PPPPTK VEDC Malang



Jl. Teluk Mandar, Arjosari, Tromol Pos 5 Malang  
Telp. (0341) 491239 – 495849, Fax (0341) 491342  
e-mail: vedcmalang@vedcmalang.or.id.

### SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Drs. Sukaini  
NIP : 19550620 198403 1 002  
Jabatan : Kepala Departemen Teknologi Pengerjaan Logam  
PPPPTK / VEDC Malang

menerangkan bahwa ,

Nama : Septyan Nasional Askha  
NIM : 0810620090-62  
Jabatan : Mahasiswa Teknik Mesin  
Fakultas Teknik – Universitas Brawijaya Malang

Mahasiswa tersebut di atas telah melaksanakan pengelasan dan pembuatan spesimen pada Departemen Teknologi Pengerjaan Logam (TPL) PPPPTK/VEDC Malang, berkaitan dengan penyelesaian skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Jumlah Layer Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Dissimilar Metal Baja ST 37 Dengan Baja SUS 304”**.

Demikian surat keterangan ini diberikan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Malang, 31 Mei 2012  
Kepala Departemen TPL

Drs. Sukaini  
NIP. 19550620 198403 1 002

**Lampiran 2 Surat Keterangan Penelitian Laboratorium Struktur Teknik Sipil**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN KONSTRUKSI  
Jalan Mayjend. Haryono 167 Malang 65145 – Telp (0341) 587710, 587711 Pes. 1125-1126

**SURAT KETERANGAN**

No: 56 /LBK.FT/VI/2012

Yang bertanda tangan di bawah ini, Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Menerangkan bahwa :

N a m a : **Septyan Nasional askha**  
Nim : **0810620090**  
Lembaga : **Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin UB**

Telah melakukan pengujian tarik material di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya pada tanggal 7 Juni 2012. Demikian Surat Keterangan ini untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 7 Juni 2012  
Kepala Laboratorium



**Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS**  
NIP. 19511211 198103 2 001



**Lampiran 3 Surat Keterangan Penelitian Laboratorium Pengujian Bahan**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN**

Jl. Mayjen Haryono 167 Telp. 553286 Pes. 1214 Malang 65145

Nomor :015/PT.13.FT.6.M/VI/2012

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan dengan sesungguhnya bahwa mahasiswa:

Nama : **Septyan Nasional Askha**

Nim. : 0810620090-62

Instansi : Universitas Brawijaya

Program Studi : Teknik Mesin

Benar-benar telah melaksanakan penelitian / pengambilan data Mikrostruktur di Laboratorium Pengujian Bahan Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya Malang pada tanggal 11 Juni 2012, guna keperluan penyusunan skripsi dengan judul:

"Pengaruh Variasi Jumlah Layer Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Dissimilar Metal Baja ST 37 dengan Baja SUS 304"

Demikian agar surat keterangan ini dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang 14 Juni 2012

Ka. Lab. Pengujian Bahan

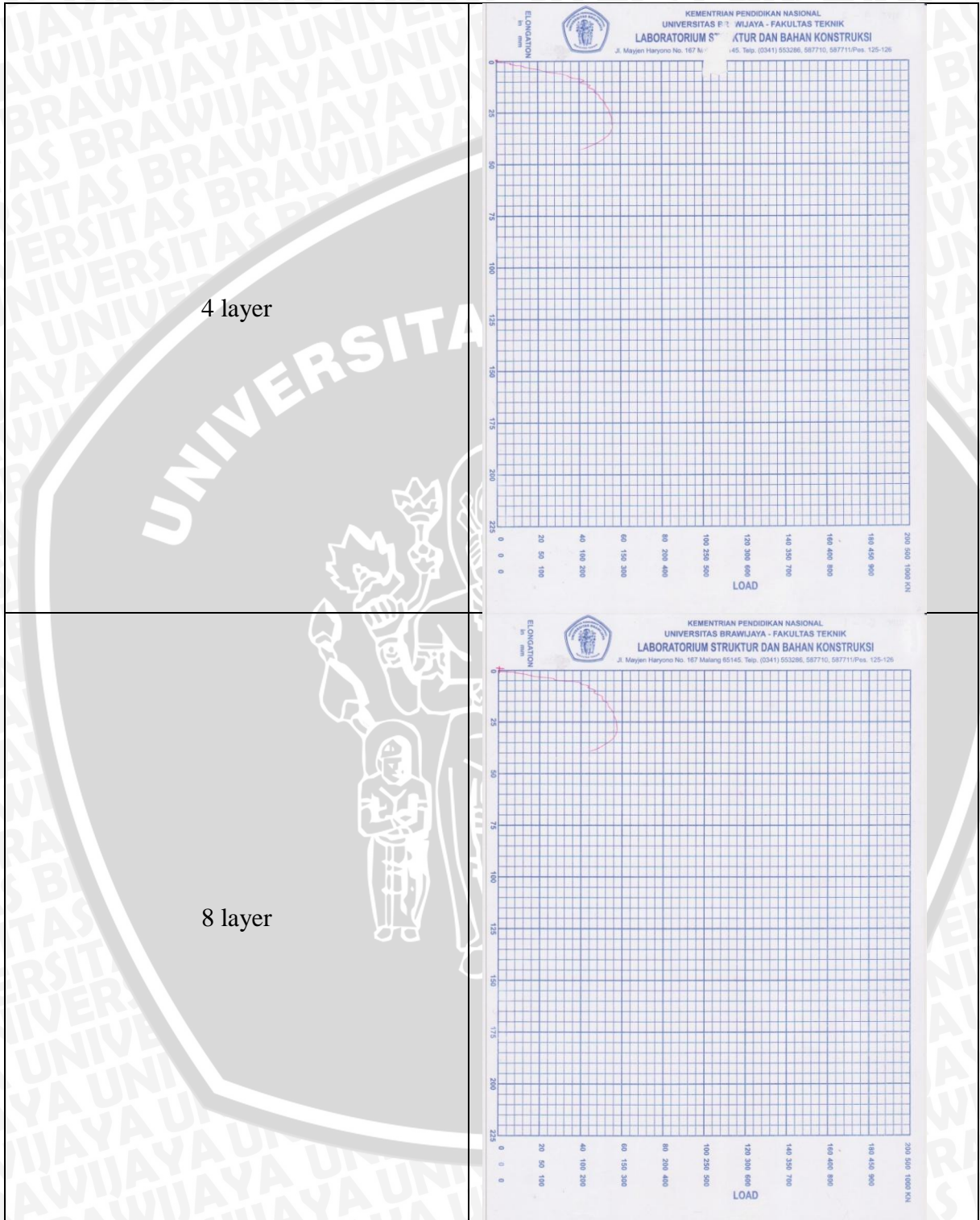


Putu Hadi Setyarini, ST. MT.







NIP. 19770806 200312 2 001



### Lampiran 4 Grafik Hasil Uji Tarik



### Lampiran 5 Foto Spesimen Hasil Uji Tarik

<p>4 layer</p>			
<p>5 layer</p>			
<p>6 layer</p>			
<p>7 layer</p>			
<p>8 layer</p>			



### Lampiran 6 Foto Kegiatan Penelitian



Proses pembuatan kampuh las



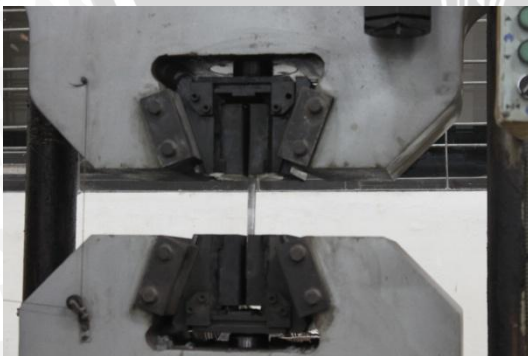
Proses pengelasan



Proses pemotongan hasil las



Proses persiapan foto mikrostruktur



Proses uji tarik

