

**PENGARUH VARIASI KUAT ARUS LAS LISTRIK PADA
PENGELASAN KAMPUH V BAJA KARBON RENDAH ST 37
TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK**

SKRIPSI

*Diajukan kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Mesin
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin sebagai salah satu persyaratan
Guna memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan*



Oleh

JEFRI JAIFO AMZAH

18676/2010

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI

" PENGARUH VARIASI KUAT ARUS LAS LISTRIK PADA PENGELASAN KAMPUH V BAJA KARBON RENDAH ST 37 TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK"

Nama : Jefri Jaifo Amzah
Nim/Bp : 18676 / 2010
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Padang, 2 Februari 2016

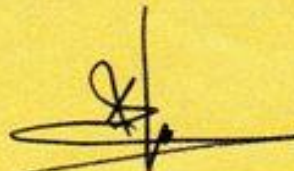
Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



Drs. Syahrul, M.Si
Nip. 19610829 198703 1 003

Dosen Pembimbing II,



Drs. Jasman, M.Kes
NIP. 19621228 198703 1 003

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Arwizet K, ST, MT
NIP. 19690920 199802 1 001

PENGESAHAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Judul : Pengaruh Variasi Kuat Arus Las Listrik Pada Pengelasan
Kampuh V Baja Karbon Rendah ST 37 Terhadap Kekerasan
dan Kekuatan Tarik.

Nama : Jefri Jaifo Amzah

NIM / TM : 18676 / 2010

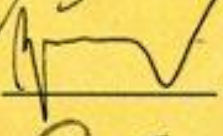
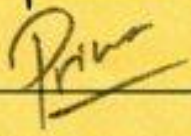
Prog. Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Padang, Januari 2016

Tim Penguji

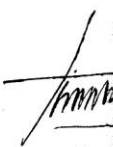
	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. Syahrul, M.Si	1. 
2. Sekretaris	: Drs. Jasman, M.Kes	2. 
3. Anggota	: Drs. Purwantono, M.Pd.	3. 
4. Anggota	: Zonny A. Putra, ST. MT	4. 
5. Anggota	: Primawati, M.Si	5. 

SURAT PERNYATAAN

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

Padang, Januari 2016

Yang menyatakan,



Jetri Jaito Amzah

ABSTRAK

Jefri Jaifo Amzah : Pengaruh Variasi Kuat Arus Las Listrik Pada Pengelasan Kampuh V Baja Karbon Rendah ST 37 Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik.

Hasil pengelasan yang baik merupakan suatu tuntutan namun seorang juru las sering tidak memperhatikan faktor pengontrolan pemakaian arus sehingga sewaktu proses pengelasan sering terjadi perubahan bentuk dan sifat mekanik yaitu kekerasan dan kekuatan pada logam yang di las karena setiap logam akan memuai apabila dipanasi. Untuk itu dilakukan penelitian tentang kekerasan dan kekuatan tarik pada baja karbon rendah ST 37 yang dilakukan pengelasan dengan arus yang berbeda. Maka tujuan pengujian untuk membuktikan nilai kekerasan dan kekuatan tarik pada baja karbon rendah ST 37 setelah dilakukan pengelasan las busur listrik.

Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian eksperimen, dimana hasil pengujian diperoleh langsung terhadap benda uji (spesimen), jumlah spesimen dalam penelitian ini sebanyak 24 spesimen. Pembagian spesimen uji dilakukan perincian sebagai berikut, spesimen tanpa perlakuan (kontrol) serta spesimen dengan pengelasan yang memakai arus 120A, 150A, dan 180 A masing-masing sebanyak 6 spesimen, dimana 3 spesimen dilakukan pengujian kekerasan dan 3 spesimen dilakukan pengujian kekuatan tarik. Maka dalam penelitian ini data diperoleh melalui hasil penelitian pengujian kekerasan brinell dan kekuatan tarik pada baja karbon rendah ST 37 yang telah mengalami proses pengelasan, dilanjutkan dengan pengamatan dan analisa terhadap data yang diperoleh dari pengujian di laboratorium. Pengelasan dilakukan terhadap plat baja karbon rendah ST 37 dengan tebal bahan 6 mm menggunakan kampuh V tertutup yang dilas dengan las busur listrik dan jenis elektroda Kobe Steel Rb Ø 4 mm jenis kawat E 6013 kuat arus yang dipakai 120 A, 150 A, dan 180 A.

Hasil analisa pengujian kekerasan pada logam yang di las dengan arus 120 A memiliki rata-rata kekerasan yaitu 258 kg/mm^2 , logam yang di las dengan arus 150 A memiliki rata-rata kekerasan yaitu 246 kg/mm^2 , logam yang di las dengan arus 180 A memiliki rata-rata kekerasan yaitu 232 kg/mm^2 , sedangkan untuk logam tanpa perlakuan yaitu 192 kg/mm^2 . Perbedaan kekerasan pada daerah bahan dasar, daerah HAZ dan daerah jalur las disebabkan oleh perbedaan pengaruh panas yang dihasilkan dari pengelasan. Sedangkan pada pengujian kekuatan tarik terlihat bahwa dari rata-rata spesimen tanpa perlakuan yaitu $36,28 \text{ kg/mm}^2$ memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan spesimen yang di las dengan arus 120 A rata-rata $36,44 \text{ kg/mm}^2$, arus 150 A rata-rata $39,62 \text{ kg/mm}^2$, tetapi dengan menggunakan arus 180 A kekuatan tariknya menurun dengan rata-rata $34,29 \text{ kg/mm}^2$ bila dibandingkan dengan spesimen tanpa perlakuan. Faktor peningkatan kekuatan pada logam yang di las disebabkan karena pengaruh peningkatan kekerasan pada daerah pengelasan dan daerah HAZ.

Kata kunci adalah variasi kuat arus, kekerasan brinell, kekuatan tarik.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis hanturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan hidayah dan inayah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Kuat Arus Las Listrik Pada Pengelasan Kampuh V Baja Karbon Rendah ST 37 Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik”** ini dengan baik.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan petunjuk dari berbagai pihak, untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Syahrul, M.Si selaku sekretaris Jurusan Teknik Mesin sekaligus dosen pembimbing I
2. Bapak Drs. Jasman, M.Kes selaku Dosen pembimbing II.
3. Bapak Drs. Nelvi Erizon, M.Pd selaku tim penguji.
4. Bapak Zonny A. Putra, ST. MT selaku tim penguji.
5. Ibu Primawati, M.Si selaku tim penguji.
6. Bapak Arwizet K, ST. M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
7. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
8. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu dan pengalaman studi yang sangat bermanfaat bagi penulis.
9. Keluarga tercinta Papa, Ibu, Kakak, serta adik perempuanku tersayang Arisa Janiatul Putri yang telah membantu penulis dengan do'a dan dukungan dalam berbagai hal.

10. Rekan-rekan seperjuangan di Jurusan Teknik Mesin angkatan 2010 khususnya untuk rekan-rekan yang seperdudukan.

Semoga arahan, motivasi dan bantuan yang telah diberikan menjadi amal ibadah, sehingga memperoleh balasan yang setimpal dari Allah SWT, Amin.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun, penulis harapkan demi perbaikan untuk kedepannya. Semoga skripsi ini bermanfaat baik bagi penulis sendiri khususnya maupun bagi pembaca pada umumnya serta dapat dijadikan sebagai sumbangan pikiran untuk perkembangan pendidikan khususnya pendidikan teknik mesin.

Padang, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Pembatasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
 BAB II KAJIAN TEORI	
A. Pengelasan.....	7
B. Las Busur Listrik Dengan Elektroda Berselaput (SMAW)	10
C. Elektroda	14
D. Mesin Las.....	19
E. Arus Las.....	22
F. Sambungan Las	23
G. Kampuh Las	24

H. Baja Karbon	27
I. Kekerasan Material	30
J. Kekuatan Tarik	33

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian	39
B. Waktu dan Tempat	39
C. Objek Penelitian	40
D. Jenis dan Sumber Data	41
1. Jenis Data	41
2. Sumber Data.....	41
E. Alat dan Bahan	41
1. Alat.....	41
2. Bahan.....	42
F. Metode Pelaksanaan	33
1. Pengukuran Bahan	43
2. Pemotongan Bahan.....	43
3. Pembagian Spesimen Uji	43
4. Pengujian Kekerasan	44
5. Pengujian Tarik	45
G. Instrumen Pengumpulan Data	46
H. Prosedur Penelitian.....	48
I. Teknik Analisis Data	49
1. Uji Kekerasan.....	49

2. Uji Tarik.....	50
-------------------	----

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian	52
B. Pembahasan	56

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	62
B. Saran	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Perlengkapan Pengelasan	12
2. Pengelasan dengan Elektroda Berflux	13
3. Jenis-jenis Sambungan Dasar	24
4. Alur Sambungan Las Tumpul	26
5. Alat Uji Kekerasan	32
6. Standar Uji Spesimen Uji Tarik Berdasarkan ASTM E8.....	34
7. Diagram Tegangan-regangan	34
8. Diagram Tegangan-regangan Untuk Bahan Lunak dan Getas.....	36
9. Titik-titik Pengujian Kekerasan	40
10. Dimensi Pengujian Tarik Berdasarkan ASTM E8	41
11. Diagram Penelitian Pengujian Kekerasan dan Uji Tarik	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kekuatan Tarik Menurut AWS	18
2. Jenis Selaput dan Pemakaian Arus.....	18
3. Hubungan Tebal Plat dan Diameter Elektoda dengan Arus Las.....	23
4. Komposisi Baja Karbon Rendah Type St 37	28
5. Data Hasil Pengujian Kekerasan.....	46
6. Data Hasil Pengujian Tarik	47
7. Hasil Pengujian kekerasan Brinell	52
8. Hasil uji Tarik	54
9. Hasil Rata-rata Kekuatan Tarik.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Bila dicermati pada era globalisasi seperti sekarang ini tuntutan kebutuhan manusia dalam menatap kehidupan di dunia ini, terkesan sarat dan penuh persaingan yang sangat tajam. Dulunya orang mungkin hanya mendambakan kehidupan sekedar pemenuhan kebutuhan primer (sandang, pangan, dan perumahan) secara sederhana, namun sekarang telah berubah dengan multidemensi kebutuhan sekunder yang serba mewah (*elite*) dan tanpa batas.

Di kota-kota besar sudah jarang sekali dijumpai lahan-lahan yang dipergunakan untuk persawahan, perkebunan dan lain sebagainya, yang ada kini hanyalah pembangunan pabrik-pabrik, rumah-rumah bertingkat, dan gedung-gedung mewah. Semua pembangunan itu tidak terlepas dari proses manufaktur. Dan pengelasan adalah salah satu faktor penting yang tidak bisa terlepas dari proses manufaktur itu.

Teknik pengelasan ini dipergunakan pada penyambungan logam, konstruksi bangunan yang berbahan baja, dan konstruksi mesin. Dengan teknik pengelasan segala macam proses bangunan dan mesin yang dibuat dengan teknik penyambungan akan menjadi semakin ringan dan lebih sederhana. Cakupan ruang lingkup dalam pengerjaan yang memakai teknologi pengelasan ini meliputi: rangka baja, jembatan, kereta api, perkapalan, dan

lain sebagainya. Dari semua contoh pengerjaan yang memakai teknologi pengelasan itu hanya memiliki satu tujuan, yaitu sebagai sarana untuk mencapai hasil kesempurnaan. Untuk mencapai hasil sempurna itu, semua pengerjaan pengelasan harus memperhatikan atau memperhitungkan berbagai hal, diantaranya: keefisiensi pengelasan, penghematan tenaga, penghematan energi, dan penghematan biayanya.

Menurut Syamsul Arifin (2003:7) pengelasan adalah menyambung atau mempersatukan dua buah logam menjadi satu logam yang tidak mudah dilepaskan. Penyambungan dua buah logam menjadi satu dilakukan dengan jalan pemanasan atau pelumeran, di mana kedua ujung logam (bidang logam) yang akan di sambung di lumer atau dilelehkan dengan busur nyala atau panas yang didapat dari busur nyala listrik atau gas pembakar (oktogen), sehingga kedua ujung logam merupakan suatu massa yang kuat dan tidak mudah untuk di pisahkan atau diceraikan lagi.

Menurut Daryanto (2012:11) “Kualitas hasil pengelasan ditentukan beberapa faktor antara lain teknik pengelasan, bahan logam yang di sambung, pengaruh panas jenis kampuh yang digunakan”. Dalam pengelasan, pengetahuan tentang cara-cara pengelasan, cara-cara pemeriksaan, bahan las , dan jenis las yang digunakan harus di pahami secara terperinci, karena mutu dari pengelasan selain tergantung dari persiapan sebelum pelaksanaan pengelasan juga sangat tergantung dari pengerjaan las itu sendiri. Ketepatan pemakaian kuat arus adalah salah satu prosedur yang harus diperhatikan karena merupakan salah satu faktor penentu baik buruknya hasil pengelasan.

Dari hasil pengamatan saya dilapangan para pekerja las sering kali tidak memperhatikan tentang ketepatan pemakaian kuat arus terhadap elektroda yang akan dipakai dan ketebalan bahan yang akan digunakan, sehingga berpengaruh pada hasil pengelasan, pembengkakan pada biaya perbelanjaan bahan, elektroda, dan rekening listrik. Maka untuk mengoptimalkan hasil pengelasan yang baik dan berkualitas maka perlu memperhatikan prosedur pengelasan yang tepat, terutama dalam penggunaan arus las. Pengelasan yang dilakukan dengan menggunakan arus yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya pencairan yang berlebihan pada elektroda dan logam las sehingga menimbulkan cacat pada material yang di las. Sebaliknya apabila arus pengelasan yang digunakan terlalu rendah, maka busur las yang terjadi tidak mantap, penetrasi las yang dangkal, dan penyatuan pada logam las kurang baik serta menimbulkan *over lapping* (cacat las).

Agar dapat mengetahui pengaruh kuat arus terhadap kekerasan dan kekuatan tarik pada hasil pengelasan dengan las busur listrik, maka perlu dilakukan pengujian terhadap benda uji hasil dari pengelasan las busur listrik. Berdasarkan uraian di atas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul : **“Pengaruh Variasi Kuat Arus Las Listrik Pada Pengelasan Kampuh V Baja Karbon Rendah ST 37 Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik”**.

B. Identifikasi Masalah

Bertolak dari latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang ada yaitu sebagai berikut:

1. Banyak para pekerja las yang sering kali tidak memperhatikan ketepatan pemakaian kuat arus, sehingga hasil pengelasan menjadi kurang baik.
2. Penggunaan arus las yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya pencairan yang berlebihan pada elektroda dan logam las sehingga menimbulkan cacat pada material yang di las.
3. Penggunaan arus las yang rendah maka busur las yang terjadi tidak mantap, penetrasi las yang dangkal, dan penyatuan pada logam las kurang baik serta menimbulkan cacat las (*over lapping*).

C. Batasan Masalah

Dengan mengacu pada identifikasi masalah di atas, maka agar pembahasan dalam penelitian ini lebih terfokus serta dikarenakan keterbatasan yang dimiliki oleh peneliti, maka peneliti memberi batasan masalah yang akan diteliti adalah: Pengaruh Variasi Kuat Arus Las Listrik Pada Pengelasan Kampuh V Baja Karbon Rendah ST 37 Terhadap Kekerasan Dan kekuatan Tarik. Peneliti akan menggunakan las busur listrik dengan elektroda berselaput (SMAW) dengan memakai mesin las AC atau bolak-balik.

Bahan yang peneliti gunakan yaitu baja karbon rendah ST 37 dengan ketebalan plat 6 mm dengan sudut kampuh dibuat antara 60° – 80° , kuat

arus yang digunakan 120 A, 150 A, dan 180 A, elektroda yang digunakan E 6013 dengan diameter 4 mm, posisi pengelasan yang digunakan ialah pengelasan bawah tangan, dan jenis sambungan yang peneliti pakai yaitu jenis sambungan kampuh V. Setelah itu dilakukan pengujian kekerasan dengan metode kekerasan Brinell dan uji tarik.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu: Seberapa besar pengaruh variasi kuat arus pada pengelasan kampuh V baja karbon rendah ST 37 terhadap kekerasan dan kekuatan tarik?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai setelah penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi kuat arus pada pengelasan kampuh V baja karbon rendah ST 37 terhadap kekerasan dan kekuatan tarik.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan setelah penelitian ini adalah :

1. Dapat membandingkan hasil pengelasan setelah melakukan pengujian kekerasan dan uji tarik dengan memakai kuat arus yang bervariasi atau berbeda-beda.

2. Sebagai informasi bagi para pekerja las agar lebih memperhatikan ketepatan pemakaian kuat arus untuk meningkatkan kualitas hasil pengelasan.
3. Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan di Jurusan Teknik Mesin FT UNP Padang.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Pengelasan

Las menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah penyambungan besi dengan cara membakar. Definisi umum pengelasan adalah suatu proses penyambungan benda-benda kerja logam dengan cara memanasi sampai titik cairnya, dimana pada bagian benda kerja yang mencair atau meleleh akan menyatu menjadi satu dengan bahan tambah (elektroda) yang mencair atau meleleh, sehingga terbentuk suatu sambungan (kampuh). Berdasarkan definisi dari Deutsche Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. Menurut Maman Suratman (2001:1) mengatakan, mengelas yaitu salah satu cara menyambung dua bagian logam secara permanen dengan menggunakan tenaga panas.

Sejalan dengan itu pengelasan menurut Daryanto (2012:51) adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu, akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antar atom. Sebelum atom-atom tersebut membentuk ikatan, permukaan yang menjadi satu perlu bebas dari gas yang terserap atau oksida-oksida.

Pada tahap-tahap permulaan dari pengembangan teknologi las, biasanya pengelasan hanya digunakan pada sambungan-sambungan dari reparasi yang

kurang penting. Tapi setelah melalui pengalaman dan praktek yang banyak dan waktu yang lama, maka sekarang penggunaan proses-proses pengelasan dan penggunaan konstruksi-konstruksi las merupakan hal yang umum di semua negara di dunia. Terwujudnya standar-standar teknik pengelasan akan membantu memperluas ruang lingkup pemakaian sambungan las dan memperbesar ukuran bangunan konstruksi yang dapat di las. Dengan kemajuan yang di capai sampai saat ini, teknologi las memegang peranan penting dalam masyarakat industri modern.

Ditinjau dari cara pengelasannya, pengelasan dibedakan menjadi beberapa bagian besar. Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2008:7), pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu:

1. Pengelasan cair

Adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.

2. Pengelasan tekan

Adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian di tekan hingga menjadi satu.

3. Pematrian

Adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan logam yang mempunyai titik cair yang lebih rendah, dan dalam hal ini logam induk tidak mencair.

Berdasarkan Syamsul Arifin (2000:23), pada garis besarnya pengelasan terbagi atas dua macam yaitu:

1. Pengelasan tekanan (*Pressure Welding*)

Las tekan adalah pengelasan yang dilakukan dengan jalan mengalirkan arus listrik melalui bidang-bidang dari bagian benda kerja yang akan di las, dimana tahanan yang di timbulkan oleh arus listrik pada bidang-bidang sentuhan akan menimbulkan panas yang ,digunakan untuk melunakkan atau melumerkan bagian logam yang akan disambung dan logam yang telah di lumer diberi tekanan, sehingga kedua logam yang mengalami tekanan akan bersatu dan tidak dapat dipisahkan lagi.

2. Pengelasan cair atau lumer (*Fusion Welding*)

Las lumer disebut juga alas busur nyala adalah pengelasan yang dilakukan dengan jalan melelehkan logam yang akan dilas dengan busur nyala listrik atau nyala api gas. Jadi panas yang diperoleh untuk melelehkan benda kerja di dapat dari busur nyala listrik yang di bentuk dari arus listrik di antara elektroda dan benda kerja, sehingga terjadi masa yang kuat antara kedua bidang logam yang di sambung yang tidak dapat di pisahkan lagi. Adapun jenis-jenis las lumer adalah las tangan dan las otomatis. Kedua jenis las listrik tersebut adalah yang paling banyak di gunakan untuk menyambung bagian-bagian daripada logam, dimana untuk menyambung dua bidang logam dengan cara las lumer di pergunakan bahan tambahan yang dinamakan elektroda las, sedangkan untuk las tekan hanya berdasarkan panas yang di dapat dari pengaliran arus listrik.

B. Las Busur Listrik Dengan Elektroda Berselaput (SMAW)

Las busur listrik atau umumnya disebut dengan las listrik adalah termasuk suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas.

Proses perkembangan pengelasan selalu berubah-ubah dari masa ke masa, pada awalnya manusia hanya mengenal las tempa, proses ini berusia sekitar 300 tahun, kemudian manusia baru mengenal las tekan dan las cair, proses pengelasan ini merupakan pengembangan langsung dari las tempa, yang sampai sekarang proses ini masih dipergunakan. Kedua cara proses pengelasan ini digunakan untuk menyambung dua buah logam dengan jalan dipanaskan, dimana pada proses las tekan tidak mempergunakan bahan tambahan hanya penyambungan logam dilakukan dengan jalan pemanasan arus listrik dan penekanan pada bidang las, sedangkan las cair (lumer) menggunakan bahan tambahan seperti elektroda las (kawat las). Berikut para penemu dan pengembang proses pengelasan las busur listrik ini, berdasarkan Sukaini (2006:4)

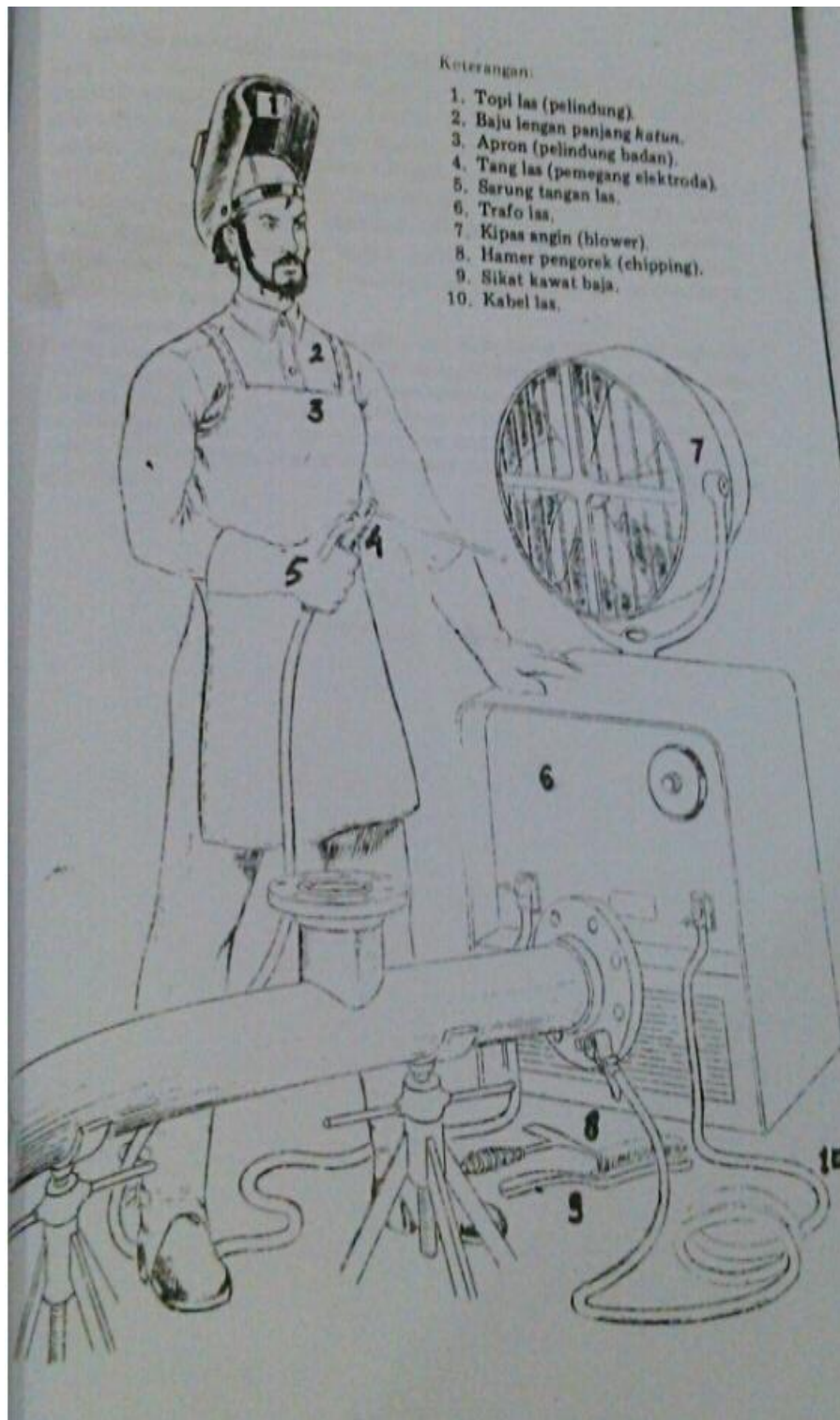
1. Benardos (Rusia,1885): Busur listrik terjadi antara elektroda karbon dengan benda kerja
2. Slavjanoff (Rusia,1892): Busur listrik terjadi antara elektroda yang digunakan dengan benda kerja.
3. Oskar Kejllberg (swedia,1904): Crater forming, elektroda dengan salutan.

Jenis sambungan dengan las busur listrik ini adalah merupakan sambungan tetap, Ada beberapa macam proses yang dapat digolongkan kadalam proses las listrik antara lain yaitu :

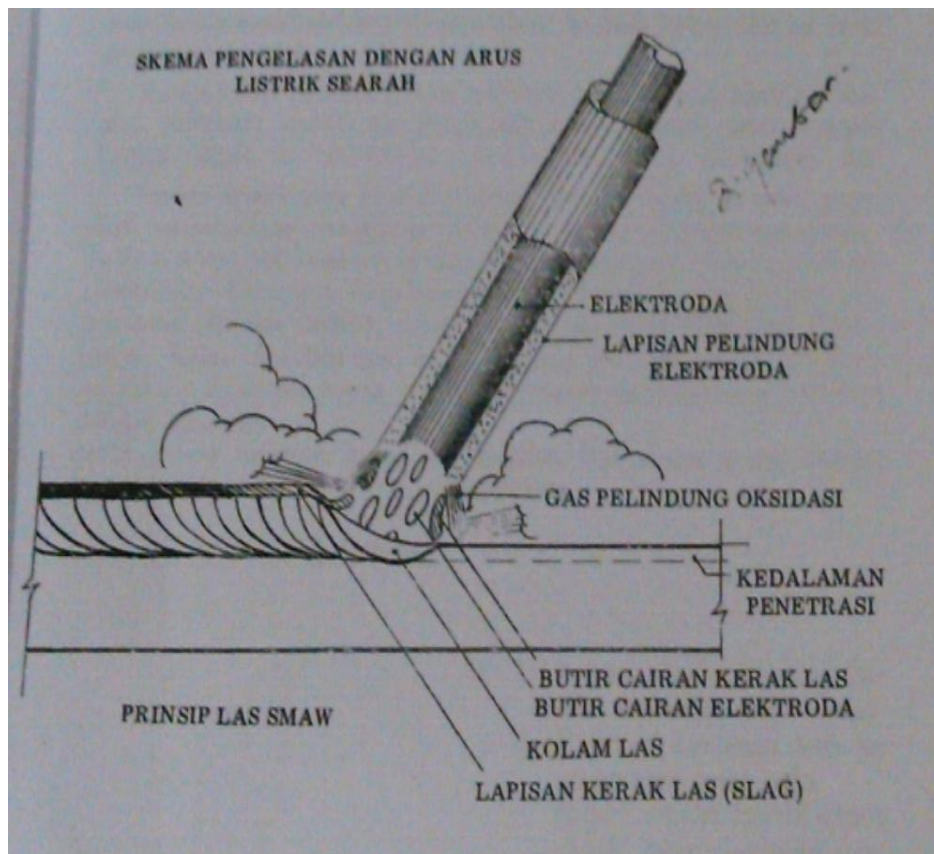
1. Las Listrik dengan Elektroda Karbon
2. Las Listrik Dengan Elektroda Logam, misalnya: las listrik dengan elektroda berselaput (SMAW)

Pada pembahasan ini penulis hanya membahas tentang las listrik dengan elektroda logam, seperti las listrik dengan elektroda berselaput (SMAW), Karena pada penelitian penulis menggunakan las listrik dengan elektroda berselaput (SMAW).

Las listrik dengan elektroda berselaput (SMAW) merupakan suatu teknik pengelasan dengan menggunakan arus listrik berbentuk busur arus dan elektroda berselaput. Di dalam pengelasan SMAW ini terjadi gas penyalut ketika elektroda berselaput itu mencair, sehingga dalam proses ini tidak diperlukan tekanan (pressure) gas inert untuk mengusir oksigen atau udara yang dapat menyebabkan korosi atau gelembung-gelembung di dalam hasil pengelasan.



Gambar 1. Perlengkapan Pengelasan
(Sriwidharto, 2003:138)



Gambar 2. Pengelasan Dengan Elektroda Berflux
(Sriwidharto, 2003:22)

Pada proses pengelasan ini diperlukan arus listrik khusus, dimana arus listriknya dapat diatur dan tegangan bebas muatannya terbatas, serta tinggi tegangan maksimal, harus sampai dengan batas yang diijinkan. Alat yang digunakan untuk mengatur arus disebut dengan transformator las.

Pengelasan ini mempunyai ciri-ciri yaitu bahan yang di las (benda kerja) dan bahan tambah pada tiap sisinya terdiri dari material yang lebih kurang sama, dan bersama-sama dicairkan kemudian membeku membentuk satu unit padat yang disebut kampuh. Melelehnya benda kerja dan bahan tambah atau elektroda, disebabkan oleh panas yang dihasilkan dari busur listrik. Busur listrik ini terjadi pada waktu adanya perpindahan arus listrik dari batang elektroda ke benda kerja lewat udara.

Menurut (<http://las listrik.blogspot.com/2009/06/html>) Busur listrik tersebut terjadi dalam garis lintasan udara yang menyalurkan arus listrik, yang dikarenakan adanya tahanan listrik yang tinggi pada waktu perpindahan arus dari ujung elektroda ke benda kerja, dan panas yang dihasilkan oleh busur listrik mencapai suhu 4000° C.

C. Elektroda

Mengelas dengan las listrik dengan elektroda berselaput dipergunakan elektroda las atau batang las yang digunakan sebagai bahan tambah di dalam pengisian kampuh las dan membuat busur las menyala melalui ujung elektroda. Menurut Mochamad Alip (1989:36) “Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas”.

Elektroda las terbuat dari bermacam-macam logam (logam ferro dan non ferro) seperti: logam-logam baja, baja tuang, tembaga, perunggu, aluminium, dan sebagainya atau tergantung dari pada tujuan serta komposisi kimia yang akan di las. Sewaktu pengelasan dilakukan terjadi pencairan pada elektroda dan benda kerja secara serentak atau bersamaan.

Menurut Syamsul Arifin (2003:37) elektroda yang dipergunakan pada pengelasan las listrik manual (SMAW) atau pada proses dengan busur nyala (las tangan) di buat dalam bentuk batang-batang, yang mempunyai diameter inti di atas 1,2 mm dengan panjang elektroda keseluruhan 450 mm, dan elektroda yang dipergunakan untuk mengelas baja karbon terbuat dari kawat

baja lunak yang mengandung 0,1% - 0,18% P dan 0,025% - 0,04% S, sedangkan untuk mengelas baja campur dipergunakan elektroda yang terbuat dari kawat baja campur rendah yang mengandung di atas 0,25% C.

Menurut Sriwhidarto (2003:93) elektroda berfungsi sebagai logam pengisi pada logam yang di las sehingga jenis bahan elektroda harus disesuaikan dengan jenis logam yang di las. Elektroda las terdiri dari 2 jenis yaitu sebagai berikut:

a. Elektroda tidak berbalut (*polos*)

Elektroda yang tidak berbalut sangat jarang dipergunakan dalam proses mengelas karena elektroda ini sangat sukar memelihara kestabilan busur nyala dibandingkan elektroda berbalut.

Pada umumnya elektroda polos ini banyak digunakan dalam mengelas otomatis karena kampuh las mempunyai bahan pengisi tersendiri dan pemakaian elektroda polos pada mesin las tangan (trafo las) hanya pada mesin las yang mempunyai arus searah (D.C) yang digunakan untuk mengelas benda kerja yang tidak begitu penting dan berkualitas rendah seperti: mengelas pagar-pagar, jeruji, jendela rumah, dan lain sebagainya.

b. Elektroda berbalut (*berselaput*)

Elektroda berbalut banyak dipergunakan dalam proses mengelas dengan busur nyala listrik, dimana balutan dari kawat inti elektroda terbuat dari bahan-bahan seperti: aluminium silikat, besi mangan, kalsium karbonat, soda silikat, titan oksida, dan sebagainya. elektroda

berbalut terdiri dari ujung (pemegang) elektroda yang mempunyai jarak dengan pembalut sekitar 3 cm.

Pada umumnya elektroda berbalut ini terdiri dari 2 bagian sebagai berikut:

1) Elektroda berbalut tipis

Elektroda berbalut tipis mempunyai tebal lapisan 0,1mm dan berat dari lapisan pembungkus sekitar 1 % – 5% dari berat seluruh elektroda.

Elektroda berbalut tipis dapat menambah kestabilan busur nyala tetapi hasil pengelasan mempunyai sifat-sifat mekanik yang kurang, karena kurangnya pemeliharaan dari cairan logam sewaktu pengelasan berlangsung.

2) Elektroda berbalut tebal

Elektroda berbalut tebal mempunyai tebal lapisan 1 – 3 mm dan berat dari lapisan pembungkus sekitar 15% – 30% dari berat seluruh elektroda. Elektroda berbalut tebal dapat mempertinggi kestabilan busur nyala dan memelihara lapisan logam cair yang dilakukan oleh gas-gas pelindung dan busur nyala di sekeliling terak..

Pada penelitian ini penulis menggunakan elektroda berbalut, karena balutan (flux) memiliki beberapa kelebihan. Berdasarkan Sukaini (2006:18) Fungsi selaput (flux) pada elektroda di antaranya :

1. Membuat busur nyala menjadi stabil

2. Menjaga busur nyala tetap baik selama pengelasan
3. Pengontrol reaksi yang terjadi selama pengelasan
4. Melindungi cairan logam selama pengelasan berlangsung
5. Menjaga karakteristik pengelasan dengan baik
6. Memelihara proses pembuatan terak sewaktu pendinginan benda kerja yang dilas
7. Menjamin lapisan (endapan) logam mempunyai susunan kimia, fisik dan sifat-sifat mekanik yang baik

Menurut Daryanto (2012:61) elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (*American Welding Society*) dinyatakan dengan tanda E XXXX yang artinya sebagai berikut:

E = Menyatakan elektroda busur listrik.

XX = (angka kedua dan ketiga) sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuan lb/in² (lihat tabel 1).

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

X = (angka keempat) menyatakan jenis selaput dan jenis arus yang cocok yang dipakai untuk pengelasan (lihat tabel 2).

Tabel 1. Kekuatan Tarik Menurut AWS

Klasifikasi	Kekuatan tarik	
	Lb/in^2	$K_/mm^2$
E 60xx	60.000,-	42
E 70xx	70.000,-	49
E 80xx	80.000,-	56
E 90xx	90.000,-	63
E 100xx	100.000,-	70
E 110xx	110.000,-	77
E 120xx	120.000,-	84

Sumber. Solih Rohyana dan Eka Yogaswara (1999:10)

Tabel 2. Jenis Selaput dan Pemakaian Arus

Angka Keempat	Jenis selaput	Pemakaian Arus
0	Selulosa-Natrium	DC+
1	Selulosa-Kalium	AC,DC+
2	Rutil-Natrium	AC,DC—
3	Rutil-Kalium	AC,DC+ atau —
4	Rutil-Serbuk besi	AC,DC+ atau —
5	Natrium-Hydrogen rendah	AC,DC+
6	Kalium- Hydrogen rendah	AC,DC+
7	Serbuk besi-Oksidasi besi	AC,DC+ atau —
8	Serbuk besi- Hydrogen rendah	AC,DC+

Sumber. Solih Rohyana dan Eka Yogaswara (1999:11)

Contoh E 6013 yang artinya:

- E : Menyatakan elektroda
- 60 : Kekuatan tarik minimum dari deposit las adalah 60.000 lb/in^2 atau 42 kg/mm^2
- 1 : Dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi
- 3 : Jenis selaput elektroda Rutil-Kalium dan pengelasan dengan arus AC atau DC

Untuk menjaga elektroda berbalut tidak menjadi lembab yang akan membuat busur nyala tidak stabil, maka sebaiknya elektroda berbalut ini harus disimpan di dalam sebuah lemari (tempat) yang mempunyai temperatur sekitar 10°C lebih tinggi daripada temperatur udara luar. Pemanasan elektroda di dalam tempat penyimpanan elektroda dilakukan dengan pemanasan listrik atau bahan kimia pemanas.

D. Mesin Las

Mesin las digunakan untuk membagi tegangan agar mendapatkan busur nyala yang memberikan panas untuk digunakan mencairkan atau melumerkan logam-logam yang di las.

Mesin las digerakkan oleh :

1. Aliran listrik dari gardu listrik (jaringan listrik), dimana arus listrik dari gardu induk ini masih mempunyai tegangan tinggi yang belum dapat digunakan sebagai arus las. Oleh karena itu arus listrik yang mempunyai

tegangan tinggi sebelum digunakan untuk mengelas terlebih dahulu arus listrik tersebut dirubah menjadi arus las searah melalui transformator.

2. Motor listrik atau motor bensin, berdasarkan kegunaannya mesin las ini terdapat dalam bentuk stasioner (tidak bergerak atau diam) dan bentuk portable (bergerak) yang dapat dipindah-pindahkan, dimana mesin las bentuk stasioner hanya digunakan pada bengkel-bengkel las yang mempunyai jaringan listrik sedangkan bentuk mesin portable sangat baik digunakan untuk pekerjaan lapangan atau pada bengkel-bengkel yang tidak mempunyai jaringan-jaringan listrik.

Berdasarkan arus yang keluar dari mesin las, maka mesin las dapat di golongkan dalam 3 jenis yaitu :

1. Mesin las arus bolak-balik (A.C)

Mesin las arus bolak-balik (A.C) memperoleh busur nyala listrik dari transformator, dimana di dalam pesawat ini arus dari jaring-jaring listrik di rubah menjadi arus bolak-balik oleh transformator yang sesuai dengan arus yang digunakan untuk mengelas, sehingga mesin ini disebut juga dengan mesin las transformator.

Transformator las mempunyai dua buah kumparan (coli) yaitu: kumparan primer dan kumparan sekunder, dimana kumparan primer dililit oleh kawat tembaga yang berukuran kecil dengan jumlah yang banyak dan sedangkan kumparan sekunder dililit oleh kawat tembaga yang berukuran besar dengan jumlah yang sedikit.

Pada mesin las bolak-balik (A.C) kabel-kabel yang berhubungan dengan benda kerja dan kabel elektroda dapat dipertukarkan dan tidak mempengaruhi perubahan temperatur yang timbul pada busur nyala.

2. Mesin las arus searah (D.C)

Mesin las arus searah (D.C) memperoleh busur nyala dari arus listrik yang diperoleh dari dynamo las arus searah dan pesawat perata arus sehingga berdasarkan hal tersebut, maka mesin las arus searah dapat dibagi 2 jenis yaitu sebagai berikut:

- a. Dinamo las arus searah adalah sebuah pesawat las yang digerakkan oleh motor listrik, motor besin, dan motor diesel.
- b. Pesawat perata adalah pesawat las yang merubah arus bolak-balik (A.C) dari transformator menjadi arus searah (D.C) melalui regulator (pengatur) arus.

3. Mesin las arus ganda (AC/DC).

Mesin las arus ganda adalah sebuah mesin las yang mempunyai tranformator satu fasa dan sebuah alat perata dalam sebuah rangka. Pengeluaran arus bolak-balik (A.C) adalah mengambil dari kabel sekunder transformator melalui regulator arus, dan pengeluaran arus searah (D.C) adalah mengambil dari pengeluaran arus perata (pesawat perata). Jadi mesin arus ganda ini adalah berdasarkan arus bolak balik (A.C) dan arus searah (D.C), dimana dengan memutar alat pengatur pengeluaran arus dari mesin las dapat distel.

Pada penelitian ini penulis memakai arus bolak-balik (A.C) Karena proses pengelasan dilakukan di dalam bengkel (*workshop*), selain itu arus bolak-balik (A.C) memiliki dua keuntungan, yaitu:

1. Dapat menghasilkan rigi-rigi las yang baik dan dapat menghindarkan timbulnya keropos-keropos karena mempunyai busur nyala yang kecil.
2. Pengawasan, perawatan, dan berkelengkapan mesin las lebih murah.

E. Arus Las

Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las. Bila arus terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik sehingga busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan yang kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu besar maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam.

Pemakaian arus pada pengelasan tergantung pada besarnya diameter elektroda las dan tipe elektroda las yang dipakai, posisi pengelasan serta tebal bahan dasar yang akan di las. Biasanya, tiap pabrik pembuat elektroda mencantumkan tabel variabel penggunaan arus las yang disarankan pada bagian luar kemasan elektroda, dan lain pihak seorang operator las yang berpengalaman akan dengan mudah menyesuaikan arus las dengan

mendengarkan, melihat busur las atau hasil las. Namun secara umum pengaturan amper las dapat mengacu pada ketentuan berikut:

Tabel 3. Hubungan Tebal Plat dan Diameter Elektroda Dengan Arus Las

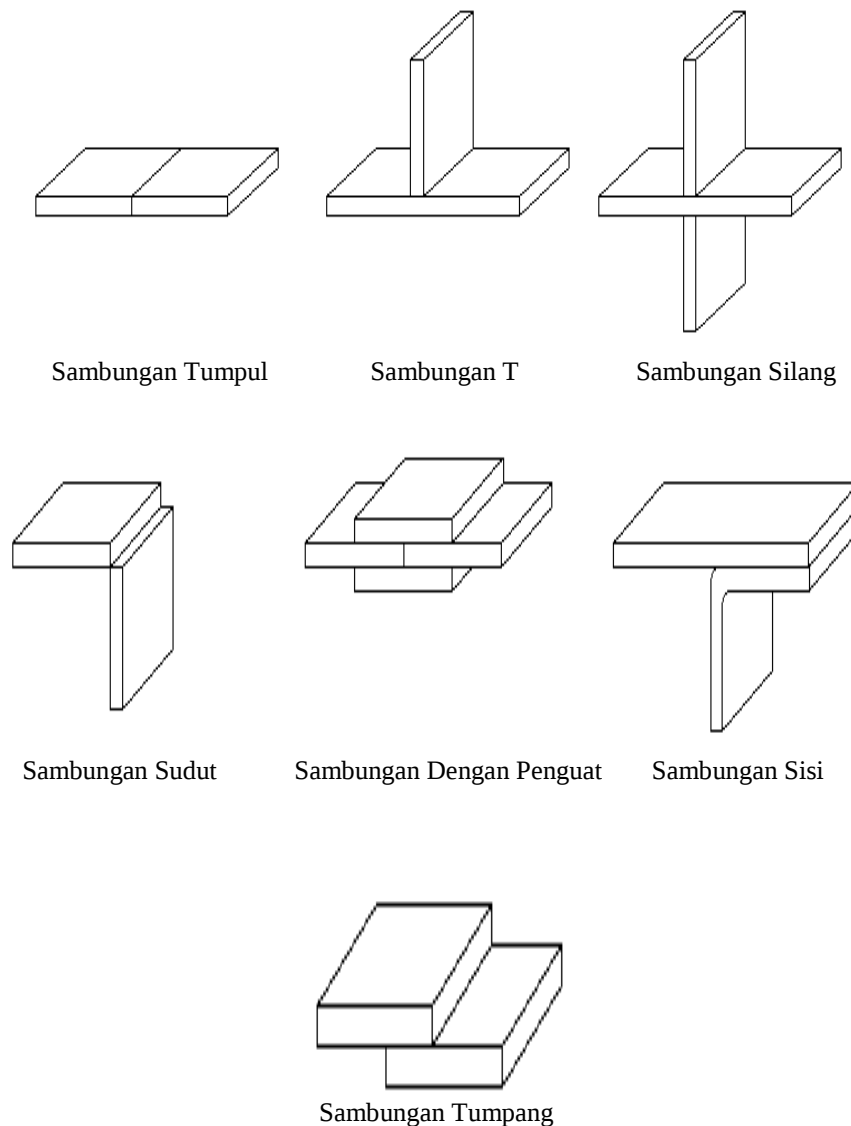
NO	TEBAL BAHAN (mm)	DIAMETER ELEKTRODA (mm)	KUAT ARUS (AMPER)
1	Sampai - 1	1,5	20 - 30
2	1 - 1,5	2	30 - 60
3	1,5 - 2,5	2,5	60 - 100
4	2,5 - 4,0	3,2	90 - 120
5	4 - 6,0	4	120 - 180
6	6 - 10	5	150 - 220
7	10 - 16	6	200 - 300
8	Diatas - 16	8	280 - 400

Sumber. Workshop Fabrikasi UNP

F. Sambungan Las

Pada sambungan las, sisi las (bentuk sisi kampuh las) dibentuk sesuai dengan rencana agar mendapatkan hasil pengelasan yang baik, kuat, memenuhi standar, serta efektif, dan efisien (mudah dikerjakan dan dengan harga yang murah). Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2008:157), mengatakan bahwa sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya dibagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut di

atas terjadi sambungan silang, sambungan dengan penguat, dan sambungan sisi.



Gambar 3. Jenis-jenis Sambungan Dasar
(Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008:157)

G. Kampuh Las

Kampuh las adalah bentuk dari sambungan dan juga merupakan bagian dari logam induk yang nantinya akan diisi oleh logam las, kampuh las

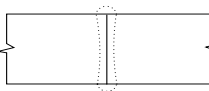
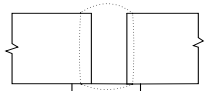
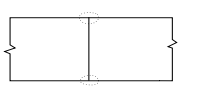
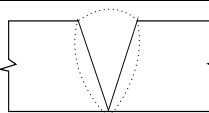
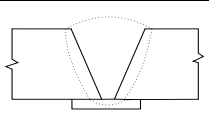
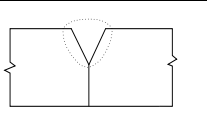
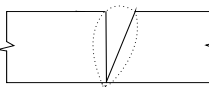
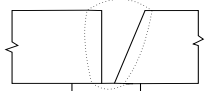
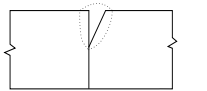
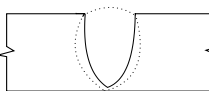
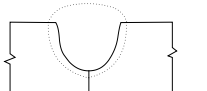
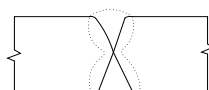
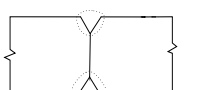
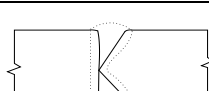
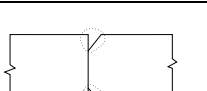
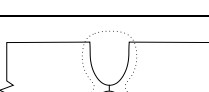
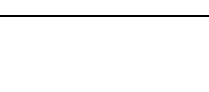
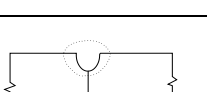
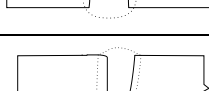
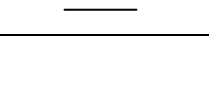
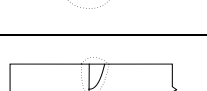
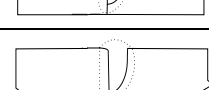
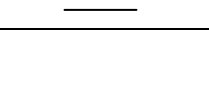
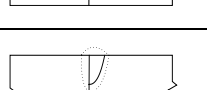
awalnya adalah berupa hubungan logam las yang kemudian di isi dengan elektroda las. Bentuk kampuh las disesuaikan dengan tebal benda kerja, posisi pengelasan, bahan yang dilas, dan kekuatan yang di inginkan. Macam-macam bentuk kampuh las yaitu kampuh tepi, kampuh I, kampuh T, kampuh V, kampuh K, kampuh X, kampuh U, dan sebagainya.

Pada bagian ini akan dibahas mengenai bentuk kampuh las pada sambungan tumpul yang dibatasi pada kampuh V. Menurut Syamsul Arifin (2000:11) “Kampuh V digunakan untuk menyambung logam/plat yang tebalnya 6-15 mm, di mana sambungann ini terdiri dari sambungan kampuh terbuka dan sambungan kampuh tertutup”.

Pada sambungan kampuh terbuka, di pergunakan untuk menyambung logam atau plat yang tebalnya 6-15 mm dengan sudut kampuh di buat antara 60° - 80° dan jarak atau celah kampuh sekitar 2 mm serta tinggi dasar sampai sudut kampuh 1-2 mm. Pada waktu mengelas kampuh V terbuka bisa diberi plat penahan cairan sepanjang kampuh yang gunanya untuk mencegah cairan bertumpuk sebelah bawah kampuh dan plat penahan tersebut dapat dibuka bila di perlukan. Macam-macam kampuh dapat dilihat pada gambar 3.

Pada sambungan kampuh tertutup di pergunakan untuk menyambung logam/plat yang tebalnya 8-15 mm dengan sudut kampuh dan tinggi dari dasar sampai dasar sudut kampuh di buat sama dengan sambungan kampuh terbuka. Setelah seluruh bagian kampuh tumpul di las penuh, maka benda kerja di balik untuk di las bagian bawahnya yang di sebut pengelasan lawan.

Sebelum pengelasan lawan di lakukan terlebih dahulu di buat alur sampai pada bagian las pertama atau kampuh.

Jenis lasan	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan Penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan Penetrasi sebagian
Jenis Alur			
Persegi (I)			
V tunggal (V)			
Tirus tunggal (V)			
U tunggal (U)			
V ganda (X)			
Tirus ganda (K)			
U ganda (H) (DU)			
J tunggal (J)			
J ganda (D)			

Gambar 4. Alur Sambungan Las Tumpul
(Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008:158)

H. Baja Karbon

Bahan logam merupakan salah satu jenis bahan yang paling banyak digunakan dalam proses manufaktur, salah satu jenis logam yang paling banyak digunakan adalah baja. Menurut Hari Amanto dan Daryanto (2003:22) “Baja dapat didefinisikan suatu campuran dari besi dan karbon, dimana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya”.

Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2004:89) “Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit silikon (Si), mangan (Mn), fosfor (P), sulfur (S), dan tembaga (Cu). Sifat dari baja karbon tergantung dari banyaknya unsur karbon yang terkandung didalamnya, apabila unsur karbon naik maka kekuatan dan kekerasannya juga bertambah tinggi. Menurut Fenoria Putri (2012:21) secara kadar karbonnya, baja karbon terbagi atas tiga jenis yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi. Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2008:90) “Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,30%, baja karbon sedang mengandung unsur karbon antara 0,30% sampai 0,40%, dan baja karbon tinggi berisi antara 0,45% sampai 1,70% unsur karbon”.

1. Baja karbon rendah (*Low carbon steel*)

Baja karbon rendah bersifat lunak, ulet dan memiliki ketangguhan yang sangat baik. Baja karbon rendah dapat digunakan untuk keperluan tempa, pekerjaan mesin, dan keperluan umum dalam bidang pembangunan. Salah satu jenis baja karbon rendah adalah baja ST 37.

Baja ini banyak dijumpai di pasaran karena sifatnya yang kuat dan ulet sehingga banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Baja ST 37 merupakan salah satu logam yang mudah untuk di las karena baja karbon ini mengandung kadar fosfor dan belerang rendah, sekitar 0,04% P dan tidak lebih dari 0,07% S. karena pada pengelasan logam yang banyak mengandung kadar fosfor (P) dan belerang (S) akan berpengaruh buruk terhadap hasil pengelasan.

Arti dari St itu sendiri adalah singkatan dari stell (baja) sedangkan angka 37 berarti menunjukkan kekuatan tarik maksimum 37 Kg/mm². Baja ST 37 adalah baja karbon rendah yang mempunyai unsur karbon kurang dari 0,3% dan lebih dari 99% Fe seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Komposisi Baja Karbon Rendah Type ST 37

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	99,310	S	0,015
Mn	0,375	Co	0,007
C	0,118	Nb	0,006
Si	0,055	Cu	Max. 0,004
W	0,046	Mo	Max. 0,005
Ni	0,026	Al	Max. 0,002
Cr	0,021	V	Max. 0,001
P	0,017	-	-

Sumber. Rusianto dan Sigit, (2002:)

1. Baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang mengandung unsur karbon lebih banyak dari pada baja karbon rendah, tetapi memiliki keuletan serta ketangguhan yang lebih rendah, tapi memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,30% C – 0,40% C. Besarnya kandungan karbon yang terdapat dalam besi memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai.

Baja karbon sedang biasanya digunakan sebagai alat-alat perkakas, poros engkol, roda gigi, ragum, rel kereta api, baut, pegas, dan komponen mesin lainnya. Salah satu aplikasi penggunaan baja karbon sedang adalah baja profil I yang banyak dipakai untuk konstruksi jembatan.

2. Baja karbon tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi merupakan baja karbon yang paling keras dan kuat serta tidak ulet. Baja ini mengandung kadar antara 0,45% C – 1,70% C, baja jenis ini mempunyai tegangan tarik yang tinggi dibandingkan dengan baja lainnya. Baja karbon tinggi banyak digunakan untuk keperluan alat-alat potong, landasan, palu, gergaji, pahat, kikir, bantalan, peluru dan sebagainya.

I. Kekerasan Material

Kekerasan di devinisikan sebagai salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material, ketahanan suatu material atau logam terhadap perubahan bentuk plastis atau tetap yang diakibatkan oleh gaya luar yang bekerja melalui benda lain yang lebih keras.

Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mangalami pergesekan (*Frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban identasi atau penetrasi (penekanan).

Di dalam aplikasi manufaktur, material dilakukan pengujian dengan dua pertimbangan yaitu untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi kualitas tertentu. Dan pengujian kekerasan ini bertujuan untuk :

1. Untuk memperoleh harga kekerasan suatu logam
2. Untuk mengetahui perubahan suatu sifat dan perubahan suatu kekerasan dari logam setelah di *Heat Treatment*
3. Untuk mengetahui kekerasan baja terhadap kecepatan pendinginan
4. Untuk mengetahui perbedaan kekerasan yang disebabkan oleh media pendingin.

Pengujian kekerasan adalah salah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasinya. Pengujian kekerasan digolongkan dalam kelompok pengujian merusak, dan diterapkan untuk inspeksi sebagai suku cadang karena kekerasan berbanding lurus dengan kekuatan tarik sedangkan ketahanan aus berbanding terbalik dengan kekerasan.

Terdapat 3 jenis ukuran kekerasan secara umum, yang bergantung pada cara pengujian ketiga jenis tersebut adalah:

1. Kekerasan goresan (*Stracht Hardness*), adalah kekerasan yang diukur dari hasil goresan yang terdapat pada benda kerja. misalnya cara pengujian MOHS.
2. Kekerasan Lekukan (*Indentation Hardness*), adalah harga kekerasan yang diukur dari hasil lekukan yang terdapat pada benda kerja.
3. Kekerasan Pantulan (*Rebound*) atau kekerasan dinamik (*Dinamic Hardness*), adalah harga kekerasan yang diukur dari hasil pantulan yang lakukan pada saat pengujian. Misalnya cara penekanan : *Brinell*, *Meyer*, *Vickers*, dan *Rockwell*. Mesin yang dipergunakan pada uji kekerasan disebut *Universal Hardness Tester* (mesin uji kekerasan universal).



Gambar 5. Alat Uji Kekerasan
(Labor Pengujian Bahan UNP)

Cara kerja dari pengujian ini adalah dengan melakukan penekanan dengan menggunakan bola indenter bola baja pada permukaan benda kerja dengan beban tertentu serta mengukur ukuran penekanan yang terbentuk di atasnya. Untuk mendapatkan harga kekerasan diperoleh dengan rumus:

$$BHN = \frac{2P}{\pi \cdot D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dimana :

BHN : Kekerasan brinell (kg/mm²)

P : Pembebanan (kg)

D : Diameter bola indenter (mm)

d : Diameter tapak tekan (mm)

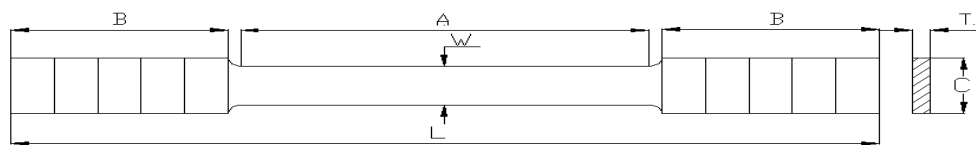
J. Kekuatan Tarik

Menurut (<http://www.slideshare.net/vestersaragih/isi-makalah-uji-kuat-tarik>) uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan (material) dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah dalam satu garis lurus. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan. Pemberian beban pada kedua arah sumbunya diberi beban yang sama besarnya. Beban yang diberikan pada bahan yang diuji ditransmisikan pada pegangan bahan yang diuji. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan standar baku pengujian.

Menurut Bondan T. Sofyan (2011:27) cara umum untuk mengetahui sifat mekanik dari material adalah dengan melakukan pengujian tarik, menggunakan bentuk specimen seperti tulang (lihat gambar 6) dengan ukuran sesuai standar (ASTM, JIS, BS, dan lain-lain). Spesimen kemudian dipasang dalam mesin uji tarik dan diberi beban statik yang meningkat secara perlahan sampai spesimen akhirnya patah. Selama pembebanan, mesin merekam pertambahan beban dan perpanjangan spesimen dalam bentuk grafik. Grafik ini kemudian dikonversi ke dalam grafik tegangan dan regangan, dengan menggunakan persamaan atau formulasi sebagai berikut:

$$\text{Tegangan } (T) = \frac{F_{max}}{A_0} \quad \text{dan} \quad \text{Regangan } (\epsilon) = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% .$$

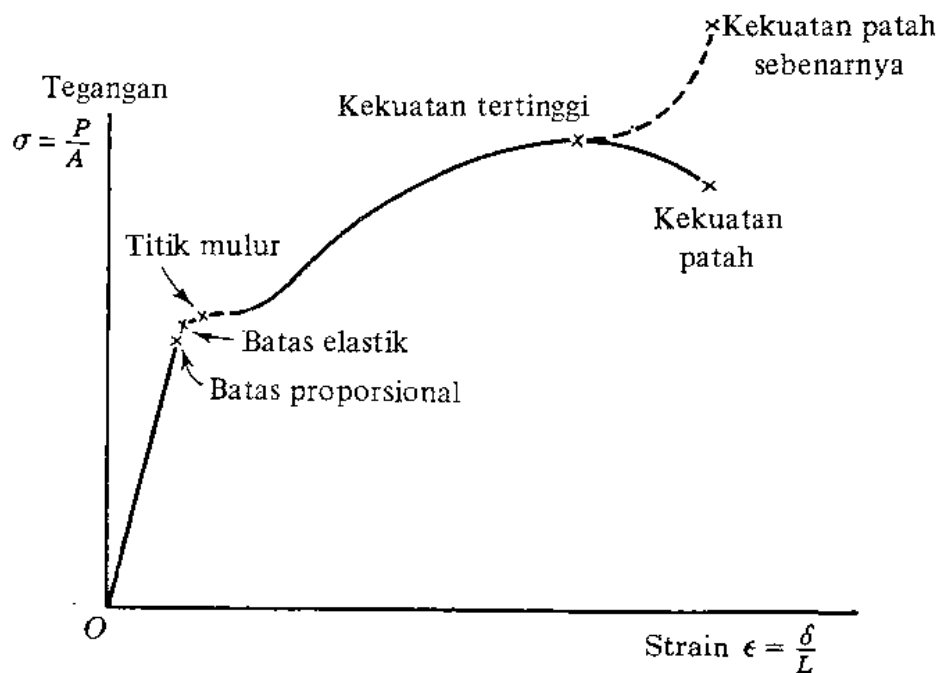
Adapun bentuk benda uji (spesimen) umumnya seperti pada gambar 6. Dari gambar 6 kita dapat menganalisis sifat mekanik dari material, yang dapat dibagi dalam daerah deformasi elastis dan daerah deformasi plastis.



Gambar 6. Standar Dimensi Spesimen Uji Tarik Berdasarkan ASTM E8
(Bondan T. Sofyan, 2011:28)

Keterangan:

- A : Panjang bagian tereduksi
- B : Panjang bagian pegangan
- C : Lebar bagian pegangan
- L : Panjang keseluruhan
- T : Tebal spesimen
- W : Lebar spesimen



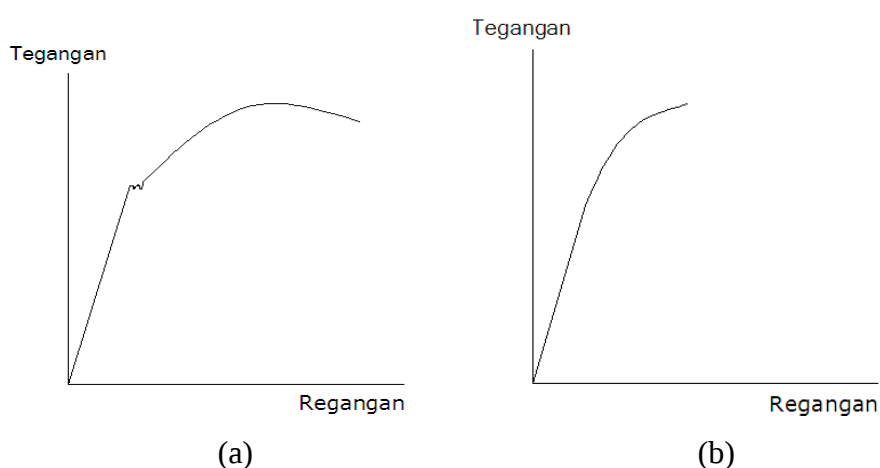
Gambar 7. Diagram Tegangan-regangan
(Ferdinan L. Singer dan Andrew Pytel, 1985:32)

Pada gambar 7 didapat beberapa istilah yaitu:

1. Batas proposional, adalah daerah batas dimana tegangan dan regangan mempunyai hubungan proporsionalitas satu dengan lainnya. Setiap penambahan tegangan akan diikuti dengan penambahan regangan secara proposional dalam hubungan linear (<http://temonsoejadi.com/2012/10/10/regangan-hukum-hook-poisson-ratio-dan-safety-faktor/>).
2. Batas elastis, adalah batas tegangan dimana bahan tidak kembali lagi ke bentuk semula apabila beban dilepas, tetapi akan tetap pada deformasi tetap yang disebut *permanent set* yang dikemukakan oleh Ferdinand L. Singer dan Andrew Pytel (1985: 33).
3. Titik mulur, adalah batas dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Tegangan (stress) yang mengakibatkan bahan menunjukkan mekanisme luluh ini disebut tegangan luluh (*yield stress*). Gejala luluh umumnya hanya ditunjukkan oleh logam-logam ulet. Untuk baja berkekuatan tinggi dan besi tuang yang getas pada umumnya tidak memperlihatkan batas luluh yang jelas. Sehingga digunakan metode offset untuk menentukan kekuatan luluh material (<http://temonsoejadi.com/2012/10/10/regangan-hukum-hook-poisson-ratio-dan-safety-faktor/>).
4. Kekuatan tarik maksimum, adalah tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan dan merupakan ordinat tertinggi pada kurva tegangan-regangan yang dikemukakan oleh Ferdinand L. Singer dan Andrew Pytel (1985: 34).

5. Kekuatan patah, untuk bahan yang bersifat ulet pada saat beban maksimum terlampaui dan bahan terus terdeformasi hingga titik putus maka terjadi mekanisme penciutan (*necking*) sebagai akibat adanya suatu deformasi yang terlokalisasi. Pada bahan ulet, kekuatan putus lebih kecil dari kekuatan maksimum, dan pada bahan getas kekuatan putus hampir sama dengan kekuatan maksimumnya (<http://temonsoejadi.com/2012/10/10/regangan-hukum-hook-poisson-ratio-dan-safety-faktor/>).

Secara eksperimen diterangkan bahwa diagram tegangan-regangan sangat berbeda untuk bahan-bahan yang berbeda. Menurut E. P. Popov (1991:39) untuk bahan yang sama diagram tegangan-regangan ini akan berbeda pula, tergantung pada suhu pengujian yang dilakukan, kecepatan pengujian, dan beberapa variabel lainnya. Tetapi umumnya ada 2 jenis diagram tegangan-regangan yang dikenal, yaitu diagram tegangan-regangan untuk bahan lunak seperti pada gambar 8.a, dan diagram tegangan-regangan untuk bahan getas (rapuh) seperti pada gambar 8.b.



Gambar 8. a. Diagram Tegangan-regangan Untuk Bahan Lunak, b. Diagram Tegangan-Regangan Untuk Bahan Getas.
(E. P. Popov, 1991: 39)

Pengujian tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan, karena dengan pengujian tarik dapat diukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan. Pengujian tarik ini merupakan salah satu pengujian yang penting untuk dilakukan, karena dengan pengujian ini dapat memberikan berbagai informasi mengenai sifat logam yang diuji.

Dalam bidang industri juga diperlukan pengujian tarik ini untuk mempertimbangkan faktor metalurgi dan faktor mekanis yang tercakup dalam proses perlakuan terhadap logam atau untuk memenuhi proses selanjutnya. analisa pengujian tarik meliputi tiga hal, yaitu:

1. Analisa diagram hasil uji tarik
2. Analisa benda uji yang sudah putus
3. Analisa terhadap benda selama penarikan.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu material, khususnya logam diantara sifat-sifat mekanis yang dapat diketahui dari hasil pengujian tarik adalah sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik
2. Kuat luluh
3. Keuletan
4. Modulus elastisitas
5. Ketangguhan
6. Kelentingan.

Tetapi dalam pengujian ini, peneliti membatasi pengujian pada kekuatan tarik saja.

Disamping terjadinya deformasi dalam arah gaya yang bekerja, ternyata terjadi pula deformasi pada arah tegak lurus gaya yang bekerja, yaitu perpanjangan dan perpendekan dalam arah lateral (melintang). Apabila sebatang baja ditarik maka dalam arah aksial maka akan terjadi perpanjangan dalam arah aksial, dan perpendekan dalam arah lateral. Demikian pula sebaliknya apabila sebatang baja ditekan dalam arah aksial maka akan terjadi perpendekan dalam arah aksial, dan perpanjangan dalam arah lateral. Hal ini disebabkan oleh efek Poisson ν (nu), tanda negatif artinya perpendekan dan sebaliknya perpanjangan untuk tanda positif.

$$\nu = - \frac{\text{regangan lateral}}{\text{regangan aksial}}$$

Pada keadaan ekstrem harga ν ada yang serendah 0,1 (pada beberapa jenis beton) dan ada pula yang nilainya tinggi sebesar 0,5 (pada karet) (<http://suryasebayang.files.wordpress.com/2011/11/bab-iv2.doc>).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Berdasarkan data hasil pengujian kekerasan brinell, menunjukkan. Kekerasan brinell yang dihasilkan pada spesimen tanpa perlakuan memiliki rata-rata kekerasan yaitu 192 kg/mm^2 , kekerasan pada logam yang di las dengan arus 120 A memiliki rata-rata kekerasan yaitu 258 kg/mm^2 , logam yang di las dengan arus 150 A memiliki rata-rata kekerasan yaitu 246 kg/mm^2 , logam yang di las dengan arus 180 A memiliki rata-rata kekerasan yaitu 232 kg/mm^2 . Dari data tersebut terlihat terdapat kenaikan nilai kekerasan pada logam yang dilas disebabkan pengaruh panas yang di alami pada logam di daerah pengelasan.
2. Hasil pengujian kekuatan tarik untuk spesimen tanpa perlakuan memiliki kekuatan tarik maksimum yaitu 36.28 kg/mm^2 , sedangkan spesimen yang di las dengan arus 120 A sebesar 36.44 kg/mm^2 , spesimen yang di las dengan arus 150 A sebesar 39.62 kg/mm^2 , tetapi spesimen yang di las dengan arus 180 A kekuatan tariknya menurun yaitu sebesar sebesar 34.29 kg/mm^2 , kenaikan kekuatan tarik pada logam yang di las disebabkan karena pengaruh peningkatan kekerasan pada daerah pengelasan dan

daerah HAZ, di samping kualitas pengelasan yang masih terdapat porositi pada jalur las

B. Saran

1. Hasil pengelasan sebaiknya ditingkatkan karena apabila hasil pengelasannya tidak berkualitas, maka hasil pengujiannya tidak memuaskan.
2. Untuk memperoleh hasil yang maksimal, beban yang diterapkan ke benda uji harus sesuai dengan kekuatan benda uji tersebut. Jika beban terlalu besar, spesimen akan patah terlalu cepat. Sebaliknya, jika beban terlalu kecil akan memakan waktu yang lama.
3. Perlu diadakannya penelitian lebih lanjut mengenai kekerasan brinell dan kekuatan tarik pada berbagai jenis pengelasan yang berbeda.