

**PENGARUH ARUS AC DAN DC TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN
UJI *BENDING* HASIL SAMBUNGAN LAS PELAT BAJA ST 44**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan*



**Oleh:
Zetri Firmanda
NIM.16067035/2016**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

**Pengaruh Arus AC dan DC terhadap Kekuatan Tarik dan Uji *Bending* Hasil
Sambungan Las Pelat Baja ST 44**

Oleh:

Nama : Zetri Firmanda
NIM/BP : 16067035/2016
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

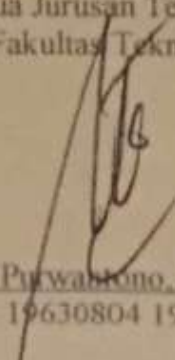
Padang, November 2020

Disetujui oleh:
Pembimbing



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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik-UNP



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

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

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

Judul :

**Pengaruh Arus AC dan DC terhadap Kekuatan Tarik dan Uji *Bending* Hasil
Sambungan Las Pelat Baja ST 44**

Oleh:

Nama : Zetri Firmanda
NIM/BP : 16067035/2016
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, November 2020

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Drs. Purwantono, M.Pd.

1.

2. Anggota : Drs. Abd. Aziz, M.Pd.

2.

3. Anggota : Bulkia Rahim, S.Pd., M.Pd.T.

3.

HALAMAN PERSEMBAHAN



“ Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya dan bahwasanya usaha itu kelak akan diperhatikan (kepadanya)”

(An-Najm : 39)

Ya Allah...

Dalam setiap sujudku mengadu, karena Engkau lah sang maha tempatku mengadu, dalam pinta kumohonkan anugrah dan rahmatMu agar ku bisa menggapai harapanku demi kebahagiaan orang tua dan orang disekililingku...

Kubersyukur padamu ya Allah...

Aku sadar apa yang kuhasilkan hari ini belum mampu menebus jerih payah kedua orang tuaku, tapi aku berharap ini bisa memberikan kebahagiaan bagi mereka, dan tak henti-hentinya aku tetap berusaha untuk memberikan yang terbaik dengan ijinMu ya Allah...

Dengan kesungguhan dan usaha yang tulus kupersembahkan karya kecil ini kepada almarhum ayahanda Syahril dan Ibunda Mawarni tersayang yang tak kenal lelah dan putus asa untuk terus berjuang menyekolahkan ananda sampai tingkat Universitas. Ayah walaupun kau tidak disampingku untuk sekarang ini tetapi kau tetap menghiasi hari-hari ku dengan semangat, dorongan, perhatian, dan doa yang begitu besar. Ibu tempat ku bercerita dan menangis yang selalu mengiringi langkahku dengan do'a untuk selalu sukses dalam segala hal. Amiin.....

Selanjutnya kupersembahkan karya kecil ini untuk kakak-kakakku tersayang Ana Ade Roza, Bambang Nuryadi, dan Mela Nova Sari yang telah mendukung dan membantu ku meraih gelar Sarjana, yang selalu memberikan yang terbaik buat adikmu atas izinNya. Selanjutnya keponakan-keponakanku Gifri Yudha Al-Azhar dan Muhhamad Al-Qahfi yang telah menemani ku baik suka maupun duka dalam menyelesaikan gelar Sarjana ini, dan terspesial buat yang tidak dapat disebutkan satu persatu terima kasih atas dukungannya.

Terima kasih juga...

Bapak Drs. Purwantono, M.Pd., bapak Drs. Abd. Aziz, M.Pd., dan Bulkia Rahim, S.Pd., M.Pd.T., terima kasih atas bimbingannya selama ini, dan seluruh

Bapak/Ibu Dosen dan Teknisi Jurusan Teknik Mesin, semoga Allah memberikan kebaikan dan kemudahan kepada kita semua di dunia dan akhirat.

Amin.....

Dan....

**Buat teman-teman Hore-hore Squad terima kasih atas kekeluargaannya
dimana saat kita ngumpul bareng dan becanda pergi kesana-kesini yang selalu
mengingatkan buat stay terus di padang untuk skripsi ini serta teman-teman
mesin angkatan 16 (walau jauh nantinya tapi kita tetap komunikasi Ok sob...),
selanjutnya teman-tempat di kampung (terima kasih atas doa dan
motivasinya)...**

**Serta kehangatan kasih sayang dari semua pihak..... termasuk kamu, mereka,
dan kita semua....**

**Hal yang tidak mungkin bisa terjadi dapat terwujud dengan kegigihan, usaha,
tekad dan doa serta ketulusan**

**"Selama dirimu yakin akan kemampuanmu maka kerjakanlah karena orang-
orang hanya bisa melihat tanpa tahu akan usahamu, jangan pernah menyerah !!!**

Wassalam,

Zetri Firmanda

SURAT PERNYATAAN

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

Padang, November 2020
Yang menyatakan,



Zetri Firmanda
Nim. 16067035/2016

ABSTRAK

Zetri Firmanda: **Pengaruh Arus AC dan DC terhadap Kekuatan Tarik dan Uji Bending Hasil Sambungan Las Pelat Baja ST 44**

Pengelasan material kerja dengan arus AC (*Alternating Current*) dan arus DC (*Direct Current*) menghasilkan penetrasi yang berbeda. Penetrasi yang dihasilkan las arus AC sangat dangkal berbanding terbalik dengan hasil las arus DC menghasilkan penetrasi yang dalam. Penggunaan arus listrik dan prosedur pengelasan yang tidak tepat dapat menyebabkan kerugian seperti cacat las. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh arus AC dan DC terhadap kekuatan tarik dan uji bending hasil sambungan las pelat baja ST 44.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimana penelitian dilakukan dengan memberikan perlakuan pengelasan arus AC dan DC penetrasi langsung (DC-) las *Shielded Metal Arc Welding*. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelat baja karbon rendah jenis baja ST 44 dengan elektroda E7016. Proses sambungan las menggunakan kampuh V tunggal, kuat arus yang sama dengan posisi pengelasan 1G. Pengujian hasil sambungan las dilakukan dengan pengujian tarik menggunakan standar ASTM E-8 dan penerimaan hasil uji *bending (root bend dan face bend)* sesuai standar AWS D1. 1.

Hasil sambungan tarik menunjukkan bahwa spesimen yang diberikan perlakuan las arus AC menghasilkan rata-rata kekuatan tarik sebesar 444,22 N/mm², lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan las arus DC dengan rata-rata kekuatan tarik sebesar 434,2 N/mm². Sedangkan hasil pengujian *bending (root bend dan face bend)* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan daya tahan retak sambungan las dari jenis arus yang digunakan. Daya tahan retak pada uji *root bend* arus AC lebih baik dibandingkan dengan uji *root bend* arus DC, akan tetapi sebaliknya pada uji *face bend* las arus DC retak yang terjadi lebih baik dibandingkan dengan uji *face bend* arus AC. Dapat disimpulkan bahwa pengelasan arus AC baik digunakan pada proses pengelasan root dan pengelasan arus DC baik digunakan pada proses pengelasan capping.

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhaanahu Wa Ta'ala yang telah senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah beserta karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Skripsi ini penulis beri judul **“Pengaruh Penggunaan Arus AC dan DC terhadap Kekuatan Tarik dan Uji Bending Hasil Sambungan Las Pelat Baja ST 44”**. Shalawat dan salam semoga selalu dilimpahkan Allah Subhaanahu Wa Ta'ala kepada junjungan umat islam sedunia yakni Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang penuh cahaya ilmu pengetahuan, aqidah dan berakhlak baik.

Penelitian ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Selama penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan perhatian dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang sekaligus Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran-saran, dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Abd. Aziz, M.Pd. selaku Pembimbing Akademis dan Dosen Peninjau I.
3. Bapak Bulkia Rahim, S.Pd., M.Pd. T. selaku Dosen Peninjau II.

4. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang telah membimbing penulis selama menuntut ilmu.
5. Almarhum Ayah yang telah mendidik dan mendoakan disurga sana serta Ibu dan kakak-kakak yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini banyak terdapat kekurangan mengingat keterbatasan pengetahuan penulis dan hambatan-hambatan yang dialami dalam memperoleh sumber dan bahan penelitian. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan laporan skripsi ini.

Padang, November 2020
Penulis,

Zetri Firmanda
NIM. 16067035/2016

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Masalah	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengelasan	7
B. Las Busur Lisrik (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>)	8
C. Mesin Las Listrik	9

D. Mesin Las Arus Bolak-balik AC (<i>Alternating Current</i>).....	10
E. Mesin Las Arus Searah DC (<i>Direct Current</i>)	12
F. Pengkutuban Elektroda	13
G. Baja ST 44.....	15
H. Elektroda	16
I. Kampuh V	21
J. Metalurgi Las	22
K. <i>Heat Input</i> Pengelasan	23
L. Pengujian Tarik	24
M. Pengujian <i>Bending</i>	27
N. Penelitian Relevan	28

BAB III METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian	30
B. Jenis Penelitian	30
C. Tempat dan Waktu Penelitian	31
D. Objek Penelitian	31
E. Jenis dan Sumber Data.....	32
F. Variabel Penelitian	32
G. Alat dan Bahan	33
H. Metode Pengumpulan Data	35
I. Instrumen Pengumpulan Data	36
J. Prosedur Penelitian	37
K. Teknik Analisis Data	43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Tarik	45
B. Pengujian <i>Bending</i>	47

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	51
B. Saran	52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Baja Karbon Rendah Tipe ST 44	16
2. Elektroda Bersalut dan Kawat Inti	17
3. Arti Simbol yang digunakan dalam Standar AWS A5.1	19
4. Unsur-unsur Bahan Pelindung Elektroda E7016 dan fungsinya	20
5. Komposisi Kimia dan Sifat Mekanik Elektroda E7016	21
6. Hubungan Diameter Elektroda E7016 dengan Arus Pengelasan	21
7. Kriteria Penerimaan Hasil Uji <i>Bending</i>	28
8. Penelitian Relevan	28
9. Prosedur Las	39
10. Hasil Uji <i>Bending</i> Spesimen Las AC	47
11. Hasil Uji <i>Bending</i> Spesimen Las DC	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tempat Kerja Las Listrik	7
2. Las Busur dengan Elektroda Terbungkus	9
3. Mesin Las Arus AC	10
4. Mesin Las Arus DC	12
5. Pengkutuban Langsung (DC-)	14
6. Pengkutuban Terbalik (DC+)	14
7. Pengaruh Pengkutuban pada Hasil Penembusan Las	15
8. Elektroda	16
9. Bentuk Kampuh V Tunggal	22
10. Daerah HAZ Las	23
11. Kurva Tegang-regang Teknik	25
12. (a) <i>Root Bend</i> dan (b) <i>Face Bend</i>	27
13. Desain Pelaksanaan Penelitian	30
14. Busur Derajat	33
15. Mesin Las AC	33
16. Mesin Las DC	34
17. Mesin Uji Tarik	34
18. Alat Uji <i>Bending</i>	35
19. Ukuran Material Pelat Baja ST 44	37
20. Desain Sambungan Las	38
21. Pemotongan Spesimen Uji Tarik	40

22. Standar ASTM E-8 untuk Spesimen Uji Tarik	40
23. Pemotongan Spesimen Uji <i>Bending</i>	40
24. Standar AWS D1.1 Spesimen <i>Face Bend</i> dan <i>Root Bend</i>	41
25. Posisi Letak Spesimen Uji <i>Root Bend</i>	42
26. Posisi Letak Spesimen Uji <i>Face Bend</i>	42
27. Pembebanan pada Spesimen dan Hasil Uji <i>Bending</i>	43
28. Grafik Nilai Kekuatan Tarik	45
29. Grafik Nilai Regangan	46
30. Grafik Nilai Modulus Elastisitas	46
31. Grafik Jumlah Panjang Retak Hasil Uji <i>Bending</i>	49

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan ilmu teknologi produksi dengan bahan baku logam yang semakin maju memiliki peranan yang sangat penting dalam pemanfaatan teknologi pengelasan. Pada era-industrialisasi saat ini pemanfaatan teknologi pengelasan logam banyak dipergunakan untuk proses penyambungan khususnya dibidang rancang bangun. Hal tersebut dikarenakan bangunan dan mesin yang dibuat dengan teknik pengelasan menjadikannya memiliki keunggulan dimana sambungan las yang dihasilkan kuat, rapat dan juga mudah untuk digunakan.

Pengelasan yang sering ditemukan pada kontruksi mesin dan penyambungan logam adalah las busur listrik. Las busur listrik merupakan proses penyambungan logam menggunakan sumber panas dari nyala busur listrik untuk mencairkan logam. Jenis bahan pengisi (*filler metal*) yang digunakan pada las busur listrik adalah elektroda terbungkus atau *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Elektroda terbungkus terdiri dari kawat logam sebagai penghantar arus listrik ke busur sekaligus sebagai bahan pengisi (*filler*). Kawat tersebut dibungkus dengan pelindung (*fluks*). *Fluks* berfungsi sebagai penghalang terjadinya oksidasi (reaksi dengan zat asam O₂) yang sewaktu-waktu ikut mencair.

Las busur listrik terbugkus (SMAW), biasanya busur yang ditimbulkannya ada dua yaitu listrik arus bolak-balik atau AC (*Alternating Current*) dan listrik arus searah atau DC (*Direct Current*). Pada bengkel-

bengkel las kecil penggunaan listrik arus AC lebih banyak dan sering dijumpai dibandingkan listrik arus DC. Hal itu disebabkan pengelasan dengan menggunakan listrik arus AC memiliki keuntungan dimana listrik arus AC lebih mudah dalam hal perlengkapan dan perawatan dibandingkan listrik arus DC yang sedikit lebih rumit.

Menurut Despa Wandri (2016) dalam artikelnya kedalaman penetrasi, lebar jalur pengelasan dan tinggi jalur pengelasan menggunakan listrik arus DC lebih baik dibandingkan listrik arus AC. Listrik arus AC memiliki keuntungan lain diantaranya yaitu busur nyala yang kecil sehingga memperkecil kemungkinan timbulnya keropos pada rigi-rigi las. Sedangkan pada listrik arus DC memiliki keuntungan yang mana nyala busur stabil sehingga bisa digunakan pada pelat tipis. Disamping nyala busur yang stabil, pada listrik arus DC ternyata juga dapat digerakkan dengan mudah menggunakan motor-motor bakar. Hal tersebut membuat penggunaan mesin-mesin las busur listrik arus DC sering dijumpai di lapangan dimana terbatasnya sumber listrik.

Pemasangan polaritas pada mesin las ada dua jenis, yakni polaritas langsung (*straightpolarity*) dan polaritas terbalik (*reservepolarity*). Polaritas langsung sering disebut juga siklus las listrik dengan elektroda negatif (DC-), sedangkan polaritas terbalik sering disebut juga siklus las listrik dengan elektroda positif (DC+). Kelemahan pada polaritas langsung yaitu penembusannya dangkal, sedangkan pada polaritas terbalik malah sebaliknya. Pada mesin las arus AC pengkutuban kabel massa dan kabel elektroda dapat

dipertukarkan tanpa mempengaruhi perubahan panas yang timbul pada busur nyala (Daryanto, 2013: 53).

Baja karbon rendah dapat di las dengan berbagai cara pengelasan. Baja ini memiliki sifat mampu las yang baik dan memiliki kepekaan retak las yang rendah dibandingkan dengan baja karbon lainnya. Cara untuk mengetahui sifat mekanik dari material logam yang dilas yaitu dengan melakukan pengujian seperti uji tarik, uji keras, uji tekuk (*bending*), uji tumbuk (*impack*), dan sebagainya. Pengujian tersebut termasuk dalam jenis pengujian yang merusak (terjadinya kerusakan pada spesimen uji). Pada penelitian ini ada dua pengujian yaitu uji tarik dan uji tekuk (*bending*), dimana pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas dari hasil sambungan las. Kualitas dari hasil sambungan las juga bergantung pada pengetahuan, keterampilan dan prosedur pengelasan yang tepat agar tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan seperti cacat pada hasil lasan dan lain sebagainya.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penggunaan sumber arus yang digunakan dalam proses pengelasan dapat mempengaruhi kekuatan hasil sambungan maka pada penelitian ini penulis mengambil judul: ***“Pengaruh Arus AC dan DC terhadap Kekuatan Tarik dan Uji Bending Hasil Sambungan Las Pelat Baja ST 44”***

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka penelitian ini dapat penulis identifikasi masalahnya sebagai berikut:

1. Penggunaan arus pada mesin yang tidak disesuaikan dengan tempat dan kondisi dapat mempengaruhi efisiensi proses pengelasan.
2. Busur yang dihasilkan oleh jenis mesin las sangat berpengaruh pada hasil pengelasan.
3. Pemilihan arus pada mesin berdampak besar pada hasil kedalaman penetrasi, lebar jalur las dan tinggi jalur las.
4. Pemilihan pengkutuban elektroda pada mesin arus DC dapat menghasilkan penetrasi yang berbeda (dangkal dan dalam).
5. Kualitas suatu pengelasan bergantung pada pengetahuan, keterampilan dan prosedur pengelasan yang tepat agar tidak terjadi cacat pada hasil lasan.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang diatas, maka batasan masalah pada penelitian ini lebih terfokus maka peneliti membatasi masalah yang akan diteliti yaitu:

1. Bahan baja yang digunakan jenis pelat baja ST 44.
2. Proses pengelasan menggunakan mesin las AC dan DC (polaritas langsung) dengan elektroda E 7016 berdiameter Ø2,6 dan Ø3,2 mm, kuat arus yang sama dan dengan posisi dibawah tangan.

3. Proses pengelasan dilakukan berdasarkan prosedur las yang telah ditentukan.
4. Pengujian hasil las dilakukan dengan pengujian tarik, uji *bending* (*face bend* dan *root bend*).

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian adalah:

1. Bagaimana pengaruh arus AC terhadap kekuatan tarik dan uji *bending* (*face bend* dan *root bend*) hasil sambungan las pelat baja ST 44.
2. Bagaimana pengaruh arus DC terhadap kekuatan tarik dan uji *bending* (*face bend* dan *root bend*) hasil sambungan las pelat baja ST 44.

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui pengaruh arus AC terhadap kekuatan tarik dan uji *bending* (*face bend* dan *root bend*) hasil sambungan las pelat baja ST 44.
2. Mengetahui pengaruh arus DC terhadap kekuatan tarik dan uji *bending* (*face bend* dan *root bend*) hasil sambungan las pelat baja ST 44.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai kajian teoritis dan praktis bagi pihak-pihak terkait yang berkompeten dalam bidang penelitian dan industri yaitu:

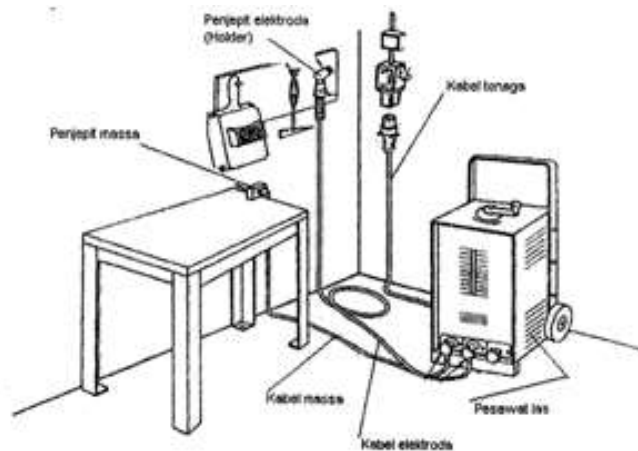
1. Sebagai informasi bagi juru las tentang kuat tarik dan retak yang terjadi pada perlakuan las arus AC dan arus DC.

2. Sebagai literatur pada penelitian sejenisnya tentang pengaruh arus AC dan DC terhadap kekuatan tarik dan uji *bending* pada hasil las.
3. Bagi penulis sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang pengelasan bahan teknik dan ilmu pengujian bahan serta sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

BAB II TIJAUAN PUSTAKA

A. Pengelasan

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Sedangkan menurut Daryanto (2012: 51) pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat proses pemanasan atau akibat dari metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom-atom. Dengan kata lain, pengelasan merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan proses pemanasan.



Gambar 1. Tempat Kerja Las Listrik
Sumber: Daryanto (2012: 51)

Penyambungan logam dengan teknik pengelasan memiliki keunggulan sambungan las yang dihasilkan ringan, dapat menahan kekuatan yang besar, pelaksanaannya mudah, dan lebih ekonomis. Namun, hal tersebut tentu juga memiliki kelemahan diantaranya yaitu terjadinya perubahan struktur mikro pada bahan, sehingga mengakibatkan perubahan sifat fisik dan mekanis dari

bahan yang dilas. Kelemahan serta kekurangan tersebut dapat dihindari dengan adanya pengetahuan, keterampilan dan prosedur pengelasan yang tepat.

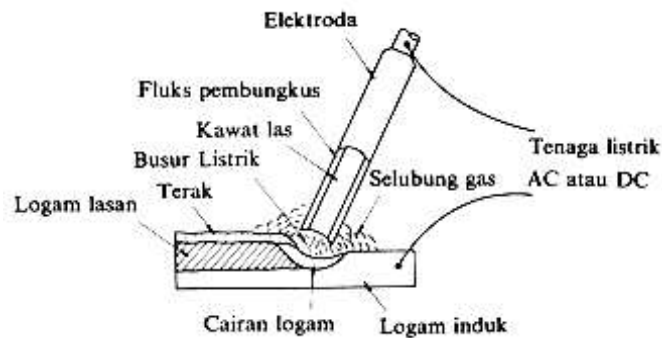
Klasifikasikan pengelasan berdasarkan cara kerjanya dibagi menjadi tiga kelompok yaitu las cair, las tekanan dan pematrian. Dalam penggunaannya pengelasan yang sering digunakan adalah pengelasan cair dengan busur listrik atau gas. Pengelasan cair merupakan suatu proses pengelasan dengan cara sambungan dipanaskan hingga mencair menggunakan sumber panas dari busur listrik.

B. Las Busur Listrik (*Shielded Metal Arc Welding*)

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua logam atau lebih dimana logam mencair akibat pemanasan. Las listrik dibagi menjadi 4 jenis yaitu las busur dengan elektroda terbungkus, las busur gas (TIG, MIG, las busur CO₂), las busur tanpa gas, las rendam. Jenis las busur yang sering digunakan adalah elektroda terbungkus atau las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*).

Elektroda terbungkus banyak distandarkan sesuai penggunaannya seperti di Jepang telah distandarkan berdasarkan *Japan Industri Standar (JIS)*, *America Society For Testing And Material (ASTM)* dan *Amerika Wilding (AWS)* di Amerika, serta *Deutsche Industrie Normen (DIN)* di Jerman (Wiryosumarto, 2008). Elektroda terbungkus terdiri dari kawat logam sebagai penghantar arus listrik ke busur sekaligus sebagai bahan pengisi (*filler*). Kawat tersebut dibungkus dengan pelindung (*fluks*). *Fluks* berfungsi sebagai

penghalang terjadinya oksidasi (reaksi dengan zat asam O_2) yang sewaktu-waktu ikut mencair.



Gambar 2. Las Busur dengan Elektroda Terbungkus
Sumber: Wiryosumarto dan Okumura (2008: 9)

Pengelasan menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan pengisi (*filler*) juga berfungsi untuk menyatukan logam yang dipanaskan. Pada bagian tersebut akan mencair bersamaan dengan elektrodanya hingga cairan tersebut membeku. Sewaktu membeku, *fluks* juga ikut membeku dan tetap melindungi metal dari reaksi oksidasi.

Pengelasan SMAW banyak ditemukan pada proses penyambungan pada bangunan dan mesin. Proses ini mempunyai fleksibilitas maksimum dan mampu untuk pengelasan berbagai macam logam, jembatan, kereta api, industri otomotif, perkapalan dan lain sebagainya (Sindokou, 1987).

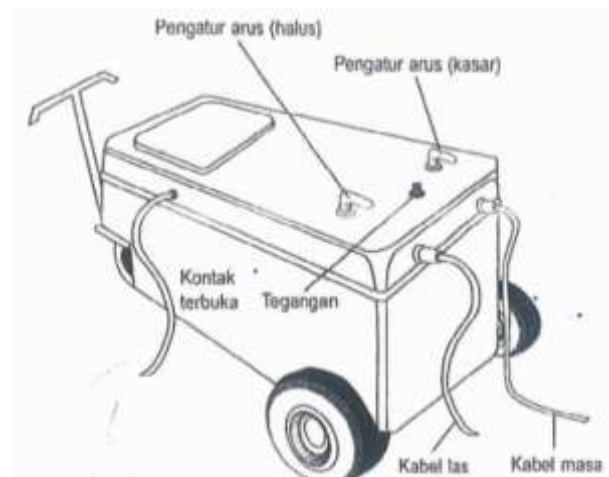
C. Mesin Las Listrik

Mesin las merupakan sumber tenaga yang memberi jenis tenaga listrik yang diperlukan serta tegangan yang cukup untuk terus melangsungkan suatu lengkung listrik las. Sumber tenaga listrik mesin las dapat diperoleh dari motor bensin, motor listrik, motor diesel dan PLN atau generator AC. Jenis-

jenis mesin las listrik terbagi atas yaitu mesin las arus bolak-balik AC (*Alternating Current*) dan mesin las arus searah DC (*Direct Current*)

D. Mesin Las Arus Bolak-balik AC (*Alternating Current*)

Menurut Daryanto (2012: 52) mesin ini memerlukan sumber arus bolak-balik dengan tegangan yang lebih rendah pada lengkung listrik. Arus AC dihasilkan dari pembangkit listrik berupa generator AC atau PLN, yang dapat digunakan sebagai sumber tenaga dalam proses pengelasan. Pada mesin ini tegangan yang dihasilkan dari pembangkit listrik belum tentu sesuai dengan tegangan yang diperlukan untuk pengelasan. Tegangan yang dihasilkan bisa saja terlalu tinggi atau terlalu rendah untuk itu tegangan perlu disesuaikan terlebih dahulu, dengan cara menaikkan atau menurunkannya.



Gambar 3. Mesin Las Arus AC
Sumber: Bintoro (2000)

Transformator atau trafo merupakan alat yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Trafo yang sering digunakan pada peralatan las yaitu trafo *step-down*, dimana trafo ini berfungsi untuk menurunkan tegangan. Hal ini disebabkan listrik yang dihasilkan dari

pembangkit listrik mempunyai tegangan yang tinggi (110 *volt* - 240 *volt*), sedangkan tegangan yang dibutuhkan oleh mesin las untuk proses pengelasan hanya 55 *volt* – 85 *volt*.

Trafo yang digunakan untuk proses pengelasan memiliki daya yang besar serta membutuhkan energi yang besar untuk mencairkan logam induk dan elektroda. Daya yang besar tentu perlu juga arus yang besar. Hal tersebut tentu memerlukan kabel lilitan sekunder yang berdiameter besar supaya dapat menghasilkan aliran arus yang besar. Arus yang digunakan yang diperlukan untuk pengelasan busur listrik berkisaran antara 10 *ampere* sampai 500 *ampere*. Besarnya arus listrik dalam proses pengelasan dapat diatur sesuai keperluan saat pengelasan.

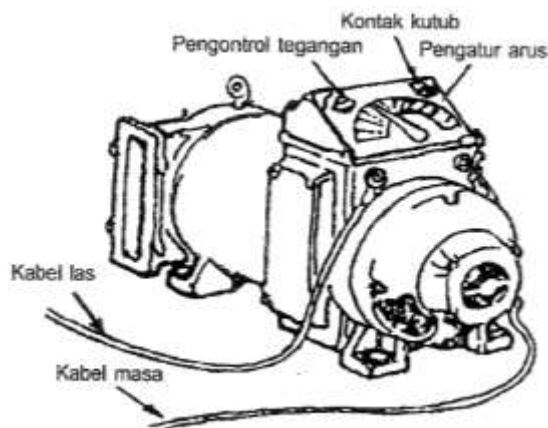
Arus AC (*Alternating Current*) merupakan arus yang pada sifatnya mempunyai dua arah disebut juga arus bolak-balik yang tidak memiliki sisi negatif, dan hanya mempunyai *ground* (bumi). Proses awal terjadinya proses pengelasan menggunakan arus AC dimulai dari digoreskannya elektroda ke material dasar hingga terjadi hubungan pendek dan saat itu terjadi pengelasan menarik elektroda sehingga terbentuk busur listrik yaitu lompatan ion yang menimbulkan panas.

Mesin arus bolak-balik AC (*Alternating Current*), kabel massa dan kabel elektroda dapat dipertukarkan tanpa mempengaruhi perubahan panas yang ditimbulkan oleh nyala busur (Daryanto, 2013: 53). Keuntungan lain menggunakan mesin las AC yaitu busur nyala yang dihasilkan kecil, sehingga

dapat memperkecil kemungkinan timbulnya keropos pada rigi-rigi las dan perlengkapan serta perawatan pada mesin ini lebih murah.

E. Mesin Las Arus Searah DC (*Direct Current*)

Arus listrik yang digunakan mesin ini adalah arus searah, dimana arus bolak-balik (AC) yang masuk diubah menjadi arus (DC) keluar. Arus DC berasal dari dinamo listrik searah yang digerakan oleh beberapa motor penggerak diantaranya motor bensin, motor diesel, motor listrik dan motor penggerak lainnya. Mesin arus searah (DC) berpenggerak awal memerlukan peralatan yang dapat menyearahkan arus. *Rectifier* arus searah atau penyearah arus digunakan untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC).



Gambar 4. Mesin Las Arus DC
Sumber: Bintoro (2000)

Arus DC (*Direct Current*) merupakan arus searah dimana arus ini memiliki kutup positif dan negatif yang lebih dikenal dengan simbol (+) dan simbol (-), Arus DC disini harus benar-benar sudah searah dengan menggunakan rangkaian penyearah seperti adaptor, fungsi penyearah disini dipakai untuk komponen-komponen elektronika seperti: IC, Resistor,

Capasitor, Transistor dan lainnya yang semuanya itu menggunakan arus searah.

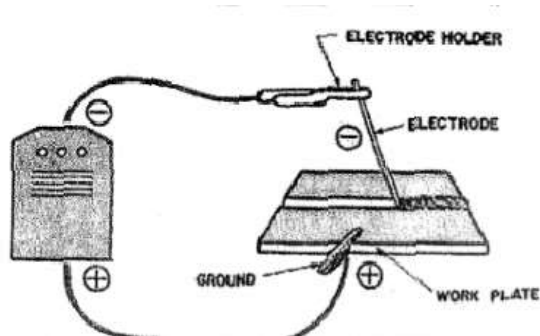
Pengaturan kecepatan awal kawat las yang dapat diubah-ubah perlu dilakukan untuk mendapatkan panjang busur yang diinginkan. Apabila menggunakan sumber listrik DC dengan tegangan tetap, maka kecepatan pengumpanan dapat dibuat tetap dan biasanya menggunakan polaritas terbalik (DCRP). Karakteristik yang dimiliki oleh mesin DC ini yaitu percikan api yang dihasilkan kecil, dapat digunakan pada pelat tipis, dapat menggunakan elektroda bersalut maupun tidak bersalut dan dapat digunakan ditempat yang tidak dialiri listrik PLN serta tempat yang lembab dan sempit.

F. Pengkutuban Elektroda

Mesin arus bolak-balik (AC) kabel massa dan kabel elektroda pada kutub-kutubnya dapat dipertukarkan tanpa mempengaruhi perubahan panas yang ditimbulkan oleh busur nyala. Sebaliknya pada mesin arus searah (DC) kabel massa dan kabel elektroda pada kutub-kutubnya perlu dipertukarkan karena akan mempengaruhi perubahan panas yang ditimbulkan oleh busur nyala. Ada dua jenis pengkutuban pada mesin las arus DC yaitu:

1. Pengkutuban Langsung

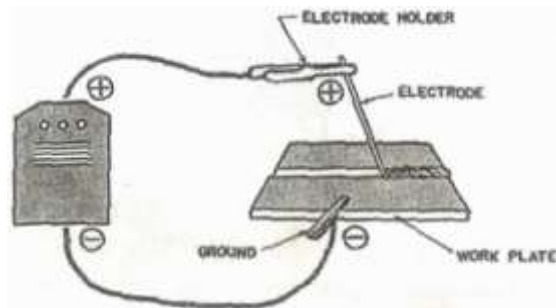
Pengkutuban atau polaritas langsung (*straight polarity*) kabel elektroda dipasang pada terminal negatif dan massa pada terminal positif. Pengkutuban ini sering disebut juga sebagai sirkuit las listrik dengan elektroda negative (DC-).



Gambar 5. Pengkutuban Langsung (DC-)
Sumber: Daryanto (2012 : 53)

2. Pengkutuban Terbalik

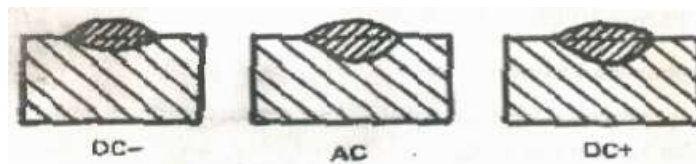
Pengkutuban atau polaritas terbalik (*reverse polarity*) kabel elektroda dipasang pada terminal positif dan kabel massa dipasang pada terminal negatif. Pengkutuban ini sering juga disebut sirkuit las listrik dengan elektroda positif (DC+).



Gambar 6. Pengkutuban Terbalik (DC+)
Sumber: Daryanto (2012 : 54)

Pengaruh pemilihan jenis arus ataupun pengkutuban pada proses pengelasan bergantung terhadap jenis bahan dasar yang akan dilas dan jenis elektroda yang dipergunakan. Sedangkan pengaruh pemilihan pengkutuban pada hasil las adalah pada hasil penembusan lasnya. Pada pengkutuban langsung menghasilkan penembusan yang dangkal, sedangkan pada pengkutuban terbalik malah terjadi sebaliknya

menghasilkan penembusan yang dalam. Pada mesin las arus bolak-balik (AC) penembusan yang dihasilkan antara keduanya, seperti terlihat pada gambar di bawah.



Gambar 7. Pengaruh Pengkutuban pada Hasil Penembusan Las
Sumber: Daryanto (2012 : 54)

G. Baja ST 44

Baja karbon merupakan logam yang terdiri dari besi (Fe), karbon (C) dan beberapa unsur paduan lain. Unsur yang paling berpengaruh terhadap sifat mekanik baja karbon ialah unsur karbonnya. Baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3% mempunyai sifat lunak dan ulet, baja ini disebut dengan baja karbon rendah (*low carbon steel*) dimana dapat dilas dengan las busur listrik tanpa adanya perlakuan *preheat* dan *postheat*. Sedangkan baja dengan kadar karbon lebih dari 0,3% mempunyai sifat keras dan getas, baja ini disebut dengan baja karbon sedang dan tinggi (*medium carbon steel* dan *high carbon steel*). Pada *medium carbon steel* dan *high carbon steel* memerlukan perlakuan khusus seperti *preheat* dan *postheat*. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan hasil las yang baik. Selain unsur karbon, sifat baja dapat juga ditentukan dengan unsur paduan lain seperti mangan (Mn), phosphor (P), sulfur (S) dan silium (Si).

Baja ST 44 merupakan baja yang memiliki sifat mampu las yang baik, baja ini tergolong ke dalam baja karbon rendah dengan persentase karbon

kurang dari 0,3%. ST dalam bahasa jerman adalah *Stahl* dan dalam bahasa inggris disebut *steel*, sedangkan 44 menunjukkan kekuatan tariknya. Kekuatan tarik maximum yg dimiliki baja ini mencapai $\leq 44 \text{ kg/mm}^2$. Baja ini dapat digunakan untuk membuat mur, ulir sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat persisi, batang tarik, perkakas silinder, bahan baku pengelasan serta penggunaan yang sejenisnya (Hari Amanto dan Daryanto, 1999).

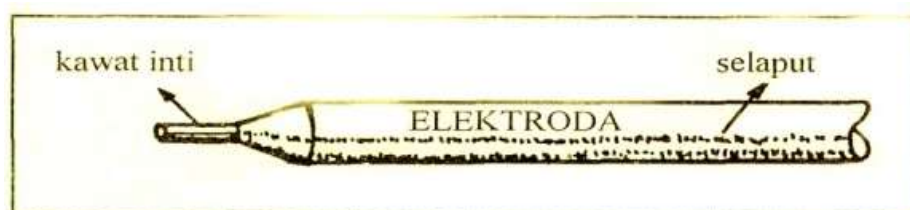
Tabel 1. Komposisi Baja Karbon Rendah.

Unsur	Kandungan %	Unsur	Kandungan %
Fe	99,310	S	0,015
Mn	0,118	Co	0,007
C	0,284	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)

H. Elektroda

Elektroda merupakan bagian terpenting dalam proses pengelasan terutama pada las busur listrik. Elektroda las busur listrik merupakan salah satu jenis elektroda berselaput yang terdiri dari kawat inti dan pelindung elektroda, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8. Elektroda.

Sumber: Maman Suratman (2007).

1. Kawat Inti (*Core Wire Rod*)

Material kawat inti memiliki tipe dari salutan elektrodanya, logam disesuaikan dengan logam induk yang akan dilas, bisa berupa *mild steel*, *low karbon steel*, *alloy steel* dan lain sebagainya (Daryanto, 2012: 158). Kawat inti berfungsi sebagai logam pengisi dan penghantar arus dari tang elektroda ke busur yang terbentuk. Tipe elektroda bersalut dan material pada kawat inti dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Elektroda Bersalut dan Kawat Inti.

No.	Tipe elektroda Bersalut	Material kawat inti	Keterangan
1.	Elektroda untuk baja Lunak	Baja lunak	Campuran ditambahkan dari fluks
2.	Elektroda untuk baja kuat tarik tinggi	Baja lunak	
3.	Elektroda untuk baja temperature rendah dan baja campuran tinggi	Baja lunak dan baja campuran rendah	Untuk kawat inti baja lunak campuran ditambah dari fluks
4.	Elektroda untuk baja tahan karat	Baja tahan karat	
5.	Elektroda untuk nikel dan baja campuran Ni	Ni atau campuran Ni	
6.	Elektroda untuk tembaga dan campuran tembaga	Cu atau campuran Cu	
7.	Elektroda las pengerasan permukaan	Baja lunak atau baja campuran	Untuk kawat inti baja lunak campuran ditambah dari fluks
8.	Elektroda las untuk besi tuang	Nikel, Ni campuran atau baja lunak	

Sumber: Daryanto (2012: 158)

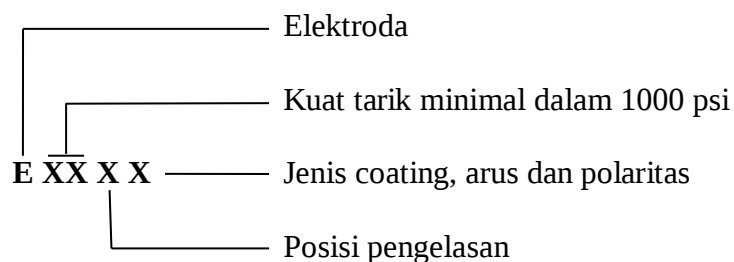
2. Pembungkus (*Coating*)

Waktu pengelasan, selaput elektroda ini akan ikut mencair dan menghasilkan gas CO₂ yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Udara luar yang mengandung O₂ dan N akan dapat mempengaruhi sifat mekanik dari logam las. Cairan

zat pelindung pada elektroda akan mengapung diatas permukaan yang menutupi jalur las yang telah membeku. Cairan yang telah membeku tersebut akan terbakar dan membentuk terak (*slag*) yang bersifat keras dan rapuh. *Slag* sangat mudah pecah dan dibersihkan apabila temperaturnya sudah turun (mendingin) setelah fungsi zat pelindung tidak diperlukan lagi. Jika pengelasan dilakukan dengan elektroda tanpa *fluks*, elektroda akan memnempel pada logam dan sukar dalam penyalaan busur atau menyebabkan busur mati. *fluks* berfungsi sebagai berikut:

- a. Sebagai pelindung pada proses pengelasan dan pada saat penyimpanan.
- b. Untuk memudahkan penyalaan busur dan meningkatkan intensitas dan stabilitas busur.
- c. Menstabilkan nyala busur listrik.
- d. Membentuk terak dan gas, untuk melindungi cairan logam las dari pengaruh udara terbuka (deoksidator) selama proses pengelasan.
- e. Untuk mempermudah pemindahan butiran-butiran caian elektroda.

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut AWS (*American Welding Society*) mengklasifikasikan dan membuat sistem symbol atau kode tertulis pada salutan elektroda untuk mengetahui sifat mekanis bahan las yang dinyatakan dengan tanda E XXXX yang artinya sebagai berikut:



Tabel 3. Arti simbol yang digunakan dalam Standar AWS A5.1.

Symbol	Arti	
	Kekuatan tarik logam las	
E 60 XX	60.000 psi	
E 70 XX	70.000 psi	
Symbol	Arti	
	Posisi pengelasan	
E XX 1X	Semua posisi (flat, horizontal, vertical dan overhead)	
E XX 2X	Posisi Flat dan Horizontal	
E XX 3X	Posisi Flat only	
E XX 4X	Khusus Vertikal down	
Symbol	Arti	
	Jenis pembungkus	Arus dan polaritas
E XX X0	High cellulose sodium	DCEP
E XX X1	High cellulose potassium	AC or DCEP
E XX X2	High titania sodium	AC or DCEN
E XX X3	High titania potassium	AC, DCEP or DCEN
E XX X4	Iron powder, titania	AC, DCEP or DCEN
E XX X5	Low-hydrogen sodium	DCEP
E XX X6	Low-hydrogen potassium	AC or DCEP
E XX X7	High iron oxide, iron powder	AC or DCEN
E XX X8	Low-hydrogen potassium, iron powder	AC or DCEP

Sumber: (American Welding Society A5.1, 2004)

Sebagai contoh elektroda E7016 mempunyai kekuatan tarik minimum 70.000 psi. Angka satu menyatakan elektroda dapat digunakan pada segala posisi (*Falt, horizontal, vertical dan overhead*). Angka enam menyatakan tipe bahan pelindung *low hydrogen potassium* dan pengelasan dengan arus AC atau DCEP.

3. Elektroda E7016

Elektroda E7016 merupakan elektroda las busur listrik dengan tipe *basic low hydrogen*. Bagian dari elektroda ini terdiri dari kawat las yang dilapisi bahan pelindung. Unsur-unsur yang terkandung dalam bahan pelindung pada elektroda E7016 berupa 60% limestone, 30% fluorspar, 2,5% Fe-Mn, 4% Fe-Si, dan 2,5% Fe-Ti (Khan, 2007: 75). Unsur-unsur tersebut memiliki fungsi pada proses pengelasan seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. Unsur-unsur Bahan Pelindung Elektroda E7016 dan fungsinya.

Bahan Pelindung	Fungsi
Limestone	Mengurangi tegangan busur, terak dan membentuk gas pelindung
Fluorspar	Menstabilkan busur
Fe-Mn/ Fe-Si	Deoxidizer
Fe-Ti	Pengikat

Sumber: (*The Engineer's Current Knowledge*, 2006: 7)

Pemilihan elektroda las sebagai bahan tambah pada las busur listrik ditentukan oleh jenis material yang akan disambung. Elektroda E7016 umumnya digunakan untuk pengelasan konstruksi, peralatan pemindahan tanah, peralatan penambangan, dan pembuatan kapal (Jeffus, 2012: 699). Contoh jenis material untuk pengelasan pembuatan kapal seperti baja karbon rendah. Selain itu, penggunaan elektroda E7016 pada desain sambungan las kampuh V memiliki kelebihan dimana dapat digunakan untuk pengelasan *root pass*, *hot pass*, *filler*, dan *capping*. Komposisi dan sifat mekanik dari elektroda E7016 dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Komposisi Kimia dan Sifat Mekanik Elektroda E7016.

Komposisi Kimia								
C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V
0.15	1.60	0.75	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08
Sifat Mekanik								
Uji Tarik								
Kekuatan Tarik (MPa)			Kekuatan Luluh (MPa)			Perpanjangan (%)		
490			400			22		

Sumber: (American Welding Society A5.1, 2004)

Kuat arus yang akan digunakan dalam proses pengelasan umumnya berdasarkan diameter elektroda dan tebal bahan yang akan dilas. Untuk itu dalam menentukan arus pada pengelasan dapat menggunakan tabel 5, sebagai acuan dasar untuk menentukan besar kuat arus las yang sesuai dengan diameter elektroda.

Tabel 6. Hubungan Diameter Elektroda E7016 dengan Arus Pengelasan.

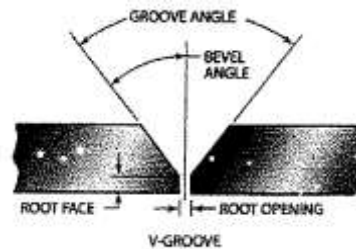
No.	Diameter	Ampere
1.	2,4 ; 2,5	65-110
2.	3,2	100-150
3.	4,0	140-200
4.	5,0	180-225
5.	5,6	240-320
6.	6,0	300-390
7.	8,0	375-475

Sumber: (American Welding Society A.1, 2004)

I. Kampuh V

Persiapan awal pada material sebelum proses pengelasan adalah persiapan bentuk kampuh yang akan digunakan pada sambungan. Bentuk sambungan kampuh las yang sering dipakai dalam proses penyambungan logam salah satunya adalah kampuh V tunggal. Bentuk sambungan kampuh V tunggal ditemukan pada material las dengan ketebalan 4,88 mm sampai 19,1 mm (Khan, 2007: 165). Pengelasan pada kampuh V tunggal terdiri dari

beberapa urutan dalam proses pengelasan yaitu *root pass*, *hot pass*, *filler pass* dan *capping*.



Gambar 9. Bentuk Kampuh V Tunggal
Sumber : Jeffus (2012: 430)

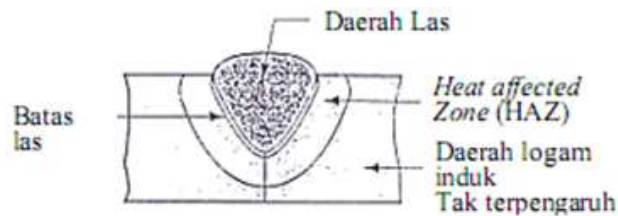
Bentuk sambungan V tunggal ada beberapa istilah umum yang dipakai pada sambungan las diantaranya *root opening*, *root face*, *groove angel* dan *bevel angel*. Berikut pengertian istilah-istilah tersebut adalah:

1. *Root opening* merupakan jarak dasar.
2. *Root face* merupakan tinggi dasar las.
3. *Groove angel* merupakan sudut kampuh.
4. *Bevelangel* merupakan setengah sudut kampuh.

J. Metalurgi Las

Siklus termal las adalah proses pemanasan dan pendinginan di daerah lasan yang terjadi pada saat proses pengelasan. Pengaruh panas dapat juga merubah struktur bila kombinasi pemanasan dan pendinginan dilakukan pada laju tertentu. Akibat dari hal tersebut logam las akan mengalami siklus termal yang cepat dan menghasilkan perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan termal. Hal ini sangat erat hubungannya dengan kekuatan, cacat las dan lain sebagainya yang

umumnya mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan dari konstruksi yang dilas (Daryanto, 2012: 91).



Gambar 10. Daerah HAZ Las.

Sumber : Malau (2003)

Proses pengelasan yang melibatkan adanya pencairan di daerah sambungan secara metalurgi akan menghasilkan empat daerah las, dimana pada masing-masing daerah memiliki temperatur panas yang berbeda-beda. Keempat daerah las tersebut yaitu sebagai berikut:

1. Daerah *fusi* atau garis las, merupakan daerah yang membatasi antara logam las dengan daerah terpengaruh panas.
2. Daerah logam lasan (*weld metal*), merupakan bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku.
3. Daerah terpengaruh panas atau *heat affected zone (HAZ)*, merupakan logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendingin cepat.
4. Daerah logam induk tidak terpengaruh panas atau (*unaffected base metal*) merupakan bagian logam dasar dimana panas dan temperatur pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat.

K. *Heat Input* Pengelasan

Pencairan logam induk dan logam pengisi memerlukan energi yang cukup. Energi yang dihasilkan dalam operasi pengelasan dihasilkan dari

bermacam-macam sumber tergantung pada proses pengelasannya. Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil kolaborasi dari arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan. Parameter ketiga yaitu kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi pengelasan (*heat input*) karena proses pemanasannya tidak diam akan tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu. Persamaan dari *heat input* hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut:

$$HI = \frac{60 \times V \times I}{s} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan : *HI* = *heat input* atau masukan panas (J/mm)

V = *Arc voltage*

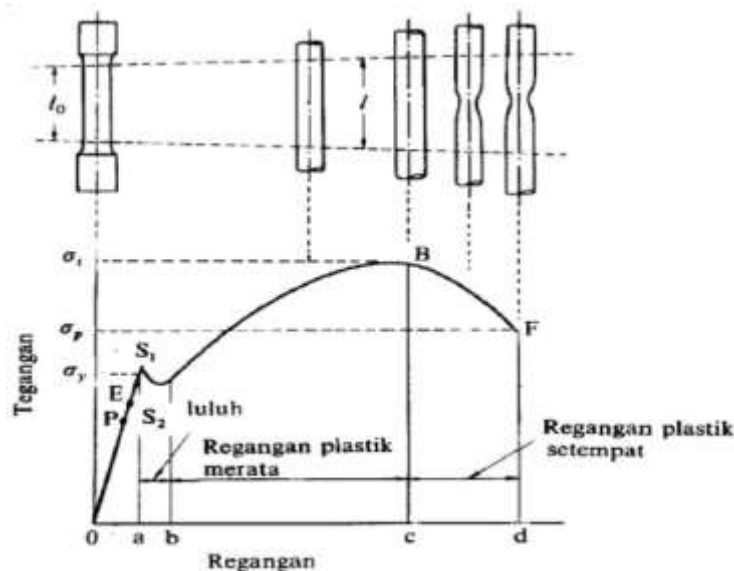
I = *Welding current*

s = *Arc travel speed* (mm/menit)

L. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan salah satu jenis pengujian yang merusak atau *destructive test*. Bila suatu logam dibebani beban tarik maka akan mengalami deformasi. Deformasi suatu logam adalah perubahan ukuran atau bentuk karena pengaruh beban yang dikenakan kepadanya. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Prinsip kerja uji tarik dilakukan dengan diberikannya beban statis secara bertahap sampai spesimen (benda uji) putus, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai

perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 11. Kurva Tegang-regang Teknik
Sumber: Wiryosumarto dan Okumura (2008: 182)

Sifat-sifat logam pada pengujian tarik dapat terjadi secara *elastis* dan *plastis*. *Deformasi elastis* yaitu perubahan bentuk yang segera hilang kembali bila beban yang menyebabkan deformasi tersebut diiadakan. Sedangkan *deformasi plastis* yaitu suatu perubahan bentuk yang tetap ada, meskipun beban yang menyebabkan deformasi ini diiadakan. Sifat-sifat material uji yang dapat ditentukan dari hasil pengujian tarik adalah sebagai berikut:

1. Rapuh (*brittle*), merupakan sifat yang terjadi ketika material putus sebelum terjadi deformasi plastis.
2. Keuletan (*ductility*), merupakan ukuran kemampuan bahan terhadap perubahan bentuk tanpa terjadi patah.
3. Titik luluh atau kekuatan luluh (*yield strength*), merupakan titik dimana material mengalami luluh setelah melewati batas elastis.

4. Tegangan tarik, merupakan tegangan tertinggi yang masih dapat ditahan oleh bahan itu.
5. Regangan, merupakan persentase pertambahan panjang yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur dengan panjang ukur mula-mula benda uji.
6. Modulus elastisitas atau angka kekenyalan, merupakan ukuran kekuatan material pada batas elastisitasnya. Modulus elastisitas adalah konstanta bahan, dan E sama dengan $\tan \alpha$ dari kurva tegangan – regangan pada daerah proposional. (GF.W Hauck, 1982).

Untuk mengetahui hasil tegangan, regangan dan modulus elastisitas dari suatu bahan berlaku *Hukum Hooke*, berikut adalah rumus-rumusnya:

Tegangan

$$\sigma = \frac{Fu}{Ao} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan : σ = Tegangan (kg/mm²)

Fu = Gaya (N)

Ao = Luas penampang awal (mm²)

Regangan

$$(\varepsilon) = \frac{Li - Lo}{Lo} = \frac{\Delta L}{Lo} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

keterangan : ε = Regangan (%)

Li = Panjang akhir (mm)

Lo = Panjang awal (mm)

ΔL =Pertambahan panjang (mm)

Modulus elastisitas

$$(E) = \sigma = \varepsilon \cdot E \text{ atau } E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(4)$$

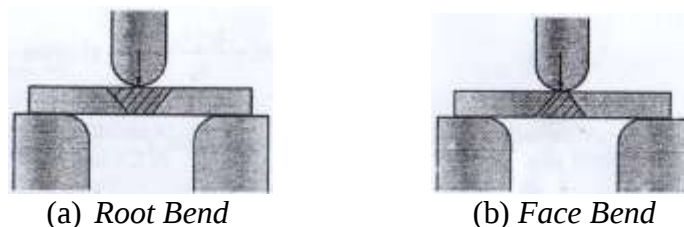
Keterangan : E = Modulus elastisitas

σ = Tegangan (kg/mm²)

ε = Regangan (%)

M. Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* (*bend test*) disebut juga dengan uji lengkung atau tekuk yang sifatnya merusak. Pengujian *bending* digunakan untuk menentukan keuletan dan kekuatan dari sambungan las. Prinsip kerja dari pengujian *bending* yaitu spesimen uji diberi pembebanan hingga spesimen uji berbentuk huruf U pada *jig* (tatakan). Pengujian ini dipisah menjadi tiga jenis pengujian yaitu pengujian *root bend*, pengujian *face bend*, dan pengujian *side bend*. Pada pengujian *root bend* pembebanan diberikan ke arah sisi permukaan las untuk mengetahui kualitas dari sambungan las pada akar las (*root penetration*). Sedangkan pada uji *face bend* pembebanan diberikan ke arah sisi akar las untuk mengetahui kualitas dari hasil las pada bagian permukaan las, seperti gambar dibawah ini.



Gambar 12. (a) *Root Bend* dan (b) *Face Bend*

Sumber: Jeffus (2013: 579)

Lulus atau tidaknya hasil uji *bending* sambungan las dapat dinilai secara visual yaitu dengan melakukan pengukuran terhadap gejala-gejala seperti diskontinuitas yang terjadi pada *weld metal* (daerah logam las) dan daerah HAZ. Berikut adalah kriteria penerimaan hasil uji *bending* berdasarkan standar AWS D1.1(2015)

Tabel 7. Kriteria Penerimaan Hasil Uji *Bending*.

<i>Acceptance Criteria for Bend test</i>
(1) 1/8 in [3 mm] diukur ke segela arah di permukaan. (2) 3/8 in [10 mm] — jumlah dimensi terbesar dari semua diskontinuitas melebihi 1/32 in [1 mm], tetapi kurang dari atau sama dengan 1/8 in [3 mm]. (3) ¼ in [6 mm] — retak sudut maximum, kecuali ketika sudut itu retak hasil dari inklusi terak yang terlihat atau diskontinuitas jenis fusi lainnya, maka maksimal 1/8 [3 mm].

Sumber: (American Welding Society D1.1, 2015: 112)

N. Penelitian Relevan

Penelitian yang penulis lakukan memiliki penelitian yang relevan dengan penelitian dari beberapa penelitian terdahulu, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8. Penelitian Relevan

No.	Hubungan	Hasil Penelitian	Variabel	Referensi
1	Hubungan antara penelitian ini adalah sama-sama menggunakan mesin las arus listrik AC dan DC serta mengetahui kekuatan tarik.	Pengelasan baja karbon Sedang 0,30% menggunakan elektroda RD 260 – 2,0 mm Merk Nikko Steel dengan arus DC Lebih besar nilai tegangannya 10 N/mm ² . Dari kondisi ini sebaiknya dalam pengelasan baja	• Mesin Las Arus Listrik AC. • Mesin Las Arus Listrik DC. • Kekuatan Tarik.	Kori Septiko, 2015

		karbon sedang menggunakan Las DC.		
2	Hubungan antara penelitian ini adalah sama-sama menggunakan mesin las arus listrik AC dan DC.	Penetrasi, lebar, dan tingi jalur pengelasan las DC lebih baik dibandingkan las AC.	• Mesin Las Arus Listrik AC. • Mesin Las Arus Listrik DC. • Hasil Pengelasan	Despa Wandri, 2016
3	Hubungan antara penelitian ini adalah sama-sama mengetahui kekuatan tarik dan uji <i>face bend</i> .	Pengelasan material baja stainless SUS 304 menggunakan elektroda E308 dengan pemanasan awal pada suhu 150° C menghasilkan kekuatan tarik tertinggi dan tidak menimbulkan retak.	• Pemanasan awal elektroda • Uji tarik • Uji bending • Uji kekerasan	Wibowo, 2011

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa spesimen yang diberikan perlakuan las arus DC menghasilkan rata-rata kekuatan tarik sebesar 434,4 Mpa, sedangkan spesimen dengan perlakuan las arus AC menghasilkan rata-rata kekuatan tarik sebesar 444,22 Mpa, lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan las arus DC. Rendahnya nilai kekuatan tarik tersebut dikarenakan sambungan las bersifat rapuh sehingga membuat keuletan dari sambungan las turun. Hal tersebut ditandai dengan rendahnya nilai regangan dari hasil pengujian.
2. Hasil data dari pengujian *root bend* dan *face bend* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan daya tahan retak sambungan las dari jenis arus yang digunakan melalui uji *root bend* dengan *face bend*. Daya tahan retak pada uji *root bend* arus AC lebih baik dibandingkan dengan uji *root bend* arus DC, akan tetapi sebaliknya pada uji *face bend* las arus DC retak yang terjadi lebih baik dibandingkan dengan uji *face bend* arus AC. Dapat disimpulkan bahwa pengelasan arus AC baik digunakan pada proses pengelasan root dan pengelasan arus DC baik digunakan pada proses pengelasan capping.

B. SARAN

1. Adanya penelitian lanjutan mengenai jenis arus yang digunakan terhadap hasil kekuatan tarik dan uji *bending* dengan bervariasi setiap *layers* pengelasan.
2. Adanya penelitian lanjutan menggunakan jenis pengujian lain seperti; uji *impeck* dan struktur mikro.

DAFTAR PUSTAKA

- American Welding Society (AWS). 2004. *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*. AWS A5.1/A5.1M: 2004, Miami: American Welding Society.
- AWS D1.1. (2015), *Structural Welding Code-Steel*, 23rd edition, American Welding Society., Miami.
- ASTM E8/E8M. *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*.
- Bintoro, A. G., 2000. *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*. Yogyakarta: Kanisius
- Callister, William D. Jr., & David G. Rethwisch. 2009. *Material Science and Engineering: An Introduction, 8th Edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Creswell, John W. 2016. *Research Design. Pendekatan Metode Kuantitatif, Kuantitatif dan Campuran*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Daryanto, 2013. *Teknik Las*. Bandung: Alfabeta
- Despa Wandri, Purwantono, W. (2016). Pengaruh Arus AC dan DC Terhadap Hasil Pengelasan Pada Las Busur Listrik. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 1-7.
- Jeffus, Larry. 2012 *Welding: Principles and Applications*. Clifton Park, N.Y.: Delmar Cengage Learning.
- Lippold, Jhon C. 2015. *Welding Metallurgy and Weldability*. Canada: Wiley.
- Maman Suratman. 2007. *Teknik Mengelas*. Bandung: Pustaka Grafika.
- Soetardjo, 1997. *Petunjuk Praktek Las Asitelin dan Las Listrik*.
- Widharto, Sri. 2013. *Welding Impection*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Widoyoko, S., Eko Putro. 2014. *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Wirjosumatro, H., & Okumura, T. 2008. *Teknologi pengelasan logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.