

**PENGARUH KOROSI TERHADAP KEKUATAN IMPACT HASIL
PENGELASAN LAS BUSUR LISTRIK PADA BAJA KARBON
RENDAH**

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Mesin
Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan*



Oleh:

DONI SAPUTRA

55499/2010

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

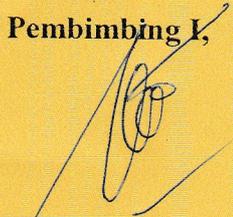
PENGARUH KOROSI TERHADAP KEKUATAN IMPACT HASIL
PENGELASAN LAS BUSUR LISTRIK PADA BAJA KARBON RENDAH

Nama : Doni Saputra
NIM/TM : 55499/2010
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, Januari 2017

Disetujui Oleh

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Drs. Svahrul, M. Si.
NIP. 19610829 198703 1 003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin FT-UNP



Arwizet K, S.T., MT.
NIP. 19690920 199802 1 001

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Doni Saputra

NIM/TM : 55499/2010

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan skripsi ini di depan Tim Penguji
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang
dengan judul

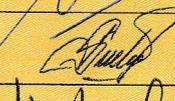
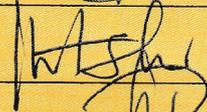
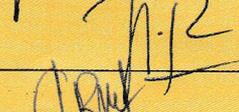
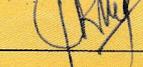
PENGARUH KOROSI TERHADAP KEKUATAN IMPACT HASIL PENGELASAN LAS BUSUR LISTRIK PADA BAJA KARBON RENDAH

Padang, Januari 2017

Tim Penguji:

1. Ketua : Drs. Purwantono, M.Pd.
2. Sekretaris : Drs. Syahrul, M.Si.
3. Anggota : Dr. Waskito, M.T.
4. Anggota : Drs. Nofri Helmi, M.Kes.
5. Anggota : Ir. Arwizet K, S.T., M.T.

Tanda Tangan

1. 
2. 
3. 
4. 
5. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya, tugas akhir ini berupa skripsi dengan judul “Pengaruh Korosi Terhadap Kekuatan *Impact* Hasil Pengelasan Las Busur Listrik Pada Baja Karbon Rendah”, adalah asli karya saya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, Januari 2017

Yang membuat pernyataan



DONI SAPUTRA
NIM : 55499

ABSTRAK

DONI SAPUTRA : Pengaruh Korosi Terhadap Kekuatan *Impact* Hasil Pengelasan Las Busur Listrik Pada Baja Karbon Rendah

Pengelasan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan industri karena memegang peranan utama dalam kehidupan. Dalam teknologi pengelasan logam, material baja yang banyak digunakan pada dunia industri dan konstruksi-konstruksi umum yaitu baja karbon rendah ST 37. Luasnya pemakaian dari baja ST 37 dikarenakan baja ini mempunyai kekuatan dan sifat mampu las yang baik. Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam dunia industri dan konstruksi sangat luas, meliputi bidang rangka baja, jembatan, perkapalan, pipa saluran dan sebagainya. Hal yang paling ditakutkan dalam perkembangan konstruksi ini adalah korosi. Dimana korosi dapat mengakibatkan umur dari perencanaan suatu konstruksi tidak lagi tepat sesuai dari yang direncanakan malah cenderung berkurang.

Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian eksperimen, dimana hasil dari penelitian didapatkan setelah spesimen diuji pada labor pengujian. Dimulai dengan membuat spesimen sesuai dengan standar alat pengujian ketangguhan. Dengan pengambilan empat kelompok spesimen, yaitu kelompok spesimen dilas tanpa perlakuan dengan spesimen dilas yang mengalami perlakuan proses korosi 10 hari, 20 hari dan 30 hari pada baja St 37.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapat nilai rata-rata ketangguhan tanpa perlakuan sebesar **2.6043 x10⁶ N/m**, pada spesimen yang dilas yang mengalami perlakuan proses korosi 10 hari diperoleh nilai ketangguhan rata-rata **2.5087 x10⁶ N/m**, pada spesimen yang mengalami perlakuan proses korosi 20 hari diperoleh nilai ketangguhan rata-rata **2.4127 x10⁶ N/m**, dan pada spesimen yang dilas yang mengalami perlakuan proses korosi 30 hari diperoleh nilai ketangguhan rata-rata **2.269 x10⁶ N/m**. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa proses korosi mempengaruhi nilai ketangguhan baja St 37.

Kata Kunci : *Pengelasan, Baja karbon rendah ST 37, Korosi, Ketangguhan*

KATA PENGANTAR



Puji syukur, peneliti ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul *“Pengaruh Korosi terhadap Kekuatan Impact Hasil Pengelasan Las Busur Listrik pada Baja Karbon Rendah”* ini dengan baik. Shalawat beserta salam tidak lupa pula penulis hadiahkan kepada Rasulullah SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman jahiliyah ke zaman yang berilmu pengetahuan seperti saat sekarang ini.

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

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

1. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd. Selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Drs. Syahrul, M.Si. Selaku Dosen pembimbing II sekaligus selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Zonny Amanda Putra, M.T. Selaku penasehat akademik.
4. Bapak Arwizet K, ST., M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Dr. Waskito, M.T. Selaku Dosen Penguji 1.

6. Bapak Drs. Nofri Helmi, M.Kes. Selaku Dosen Penguji 2.
7. Bapak Arwizet K, S.T., M.T. Selaku Dosen Penguji 3.
8. Seluruh Dosen, Teknisi dan Karyawan Universitas Negeri Padang.
9. Kedua orang tua tercinta yang selalu mendoakan dan memberi semangat, dukungan moril, materil, serta kasih sayang yang tidak ternilai harganya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik.
10. Rekan-rekan seperjuangan diJurusan Teknik Mesin, khususnya angkatan 2010 semoga sukses selalu.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu,yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.

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

Padang, Januari 2017

Peneliti

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|----------------------------------|----------------|
| HALAMAN PERSETUJUAN | |
| HALAMAN PENGESAHAN | |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | |
| SURAT PERNYATAAN | |
| ABSTRAK | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | viii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Identifikasi Masalah | 5 |
| C. Batasan Masalah | 6 |
| D. Rumusan Masalah | 6 |
| E. Tujuan Penelitian | 6 |
| F. Manfaat Penelitian | 7 |
| | |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | |
| A. Korosi | 8 |
| B. Pengelasan | 14 |
| C. Baja..... | 22 |
| D. Elektroda..... | 27 |
| E. Pengujian Bahan | 31 |
| F. Uji Impact | 33 |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|---------------------------------------|----|
| A. Metode Penelitian | 37 |
| B. Objek Penelitian | 38 |
| C. Jenis dan Sumber Data | 39 |
| D. Tabulasi Data | 39 |
| E. Peralatan dan Bahan | 39 |
| F. Metode Pelaksanaan | 40 |
| G. Prosedur Penelitian | 43 |
| H. Teknik Analisa Data | 44 |
| I. Jadwal dan Tempat Penelitian | 45 |

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

| | |
|--|----|
| A. Hasil Pengujian Ketangguhan | 47 |
| B. Analisa Hasil Pengujian <i>Impact</i> | 50 |
| C. Pembahasan | 52 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|--------------------|----|
| A. Kesimpulan..... | 53 |
| B. Saran | 55 |

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|----------------|
| 1. Pemilihan Ampere | 21 |
| 2. Klasifikasi Baja Karbon | 24 |
| 3. Penggolongan dan Posisi Pengelasan yang Tepat..... | 29 |
| 4. Jenis Selaput, Arus, Busur, Penembusan, dan Kadar..... | 30 |
| 5. Jadwal Penelitian | 46 |
| 6. Hasil Uji Ketangguhan | 47 |
| 7. Hasil Rata-Rata Uji Ketangguhan | 50 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|----------------|
| 1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Korosi | 9 |
| 2. Las Busur Dengan Elektroda Terbungkus | 16 |
| 3. Jenis-Jenis Sambungan Dasar | 18 |
| 4. Macam-Macam Posisi Pengelasan..... | 20 |
| 5. Penulisan Jenis Elektroda | 28 |
| 6. Ilustrasi <i>Uji Impact Charpy</i> | 35 |
| 7. Spesimen Uji Impak (<i>Impact Test Specimen</i>) | 38 |
| 8. Bahan Dasar Spesimen | 40 |
| 9. Bentuk kampuh Spesimen | 41 |
| 10. Spesimen Hasil Pengelasan | 42 |
| 11. Prosedur Penelitian | 43 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Tabel | Halaman |
|--|----------------|
| 1. Analisa Data Uji <i>Impact Charpy</i> | 57 |
| 2. Dokumentasi Penelitian | 69 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang masalah

Pengelasan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan industri karena memegang peranan utama dalam kehidupan. Peran las dalam produksipun semakin hari semakin meningkat. Sebagai contoh dalam proses produksi sarana transportasi, las berperan sebagai proses penyambungan logam yang paling handal. Untuk membangun sebuah konstruksi dari sebuah mesin diperlukan komponen-komponen yang kemudian disambung, diantaranya sambungan las. Pengelasan sangat dibutuhkan oleh dunia industri contohnya saat melakukan survey dilapangan pada bangunan, salah satunya jembatan yang memakai sambungan las dan masih banyak lagi, seperti penyambungan pipa saluran, rangka baja, perkapalan, dan sebagainya.

Dalam teknologi pengelasan logam, material baja yang banyak digunakan pada dunia industri dan konstruksi-konstruksi umum yaitu baja karbon rendah ST 37. Luasnya pemakaian dari baja ST 37 dikarenakan baja ini mempunyai kekuatan dan sifat mampu las yang baik. Sifat mampu las ini sangat penting karena dalam perkembangan industri dikenal adanya penyambungan antara komponen yang satu dengan komponen yang lain yang menggunakan teknik pengelasan.

Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam dunia industri dan konstruksi sangat luas, meliputi bidang rangka baja, jembatan, perkapalan,

pipa saluran dan sebagainya. Sarana dan prasarana tersebut berlokasi tidak hanya dikota tetapi juga sampai ke pelosok daerah. Sarana dan prasarana tersebut dapat berlokasi didaerah dengan lingkungan yang ekstrim, dalam arti pada lokasi tersebut banyak mengandung kandungan unsur yang bersifat korosif seperti didaerah pantai, didaerah bekas tanah rawa, daerah yang mempunyai kadar polusi tinggi, daerah yang curah hujannya tinggi, daerah kawasan industri, dan lain sebagainya.

Hal yang paling ditakutkan dalam perkembangan konstruksi ini adalah korosi. Dimana korosi dapat mengakibatkan umur dari perencanaan suatu konstruksi tidak lagi tepat sesuai dari yang direncanakan, malah cenderung menjadi berkurang. Menurut Sumantri (1999:1), korosi didefinisikan sebagai degradasi atau penurunan mutu logam akibat logam tersebut bereaksi dengan lingkungannya.

Korosi merupakan masalah yang sangat serius dalam dunia material dan sangat merugikan. korosi dapat menurunkan performa dari suatu konstruksi dalam memikul beban, sehingga usia konstruksi menjadi berkurang dari yang telah direncanakan. Apabila tidak diantisipasi sejak awal maka akan mengakibatkan kerugian yang sangat besar dikemudian hari, baik berupa materil bahkan hingga merenggut nyawa.

Kondisi geografis indonesia yang beriklim tropis dan dekat dengan laut membuat proses korosi menjadi lebih cepat, logam yang teroksidasi disebut dengan karat. Proses perkaratan termasuk proses elektro kimia, dimana logam Fe yang teroksidasi bertindak sebagai anode dan oksigen yang terlarut

dalam air yang ada pada permukaan logam bertindak sebagai katode, zat yang mengandung garam dan asam akan membuat materil logam menjadi lebih cepat terkorosi, sehingga dampak kerugian sangat besar dirasakan.

Dampak yang ditimbulkan korosi dapat berupa kerugian langsung dan kerugian tidak langsung. Kerugin langsung berupa kerugian yang terjadi karena adanya kerusakan pada peralatan, permesinan maupun struktur bangunan. Sedangkan kerugian tidak langsung terjadi karena adanya penggantian peralatan yang rusak karena korosi. Korosi juga sangat memboroskan sumberdaya alam, hal ini bisa dilihat bahwa di Inggris pada tahun 1991 dapat diungkapkan bahwa 1 ton baja diubah menjadi karat dalam waktu 98 detik, sedangkan energi untuk memproduksi 1 ton baja dari biji besi dapat digunakan untuk kebutuhan energi satu keluarga selama 3 bulan. Bagaimana kerugian korosi di Indonesia?. Kerugian korosi di Indonesia diperkirakan sebesar 1,5 milyar dollar AS (1997) atau kurang lebih 10,5 trilyun rupiah per tahun atau kurang lebih 5% dari APBN 1999/2000.

Disamping itu korosi dapat mengakibatkan bencana, contohnya ialah pada tahun 1985 di Swiss terjadi kecelakaan yang menyebabkan tewasnya 12 orang dan mencederai beberapa orang lainnya akibat atap stadion yang berumur 13 tahun roboh dan diperkirakan penyebabnya adalah terjadinya korosi pada kontruksinya.

Laju korosi yang dapat mengakibatkan bekurangnya kemampuan dari suatu material logam, sehingga yang dulunya logam tersebut mampu mendapatkan/menerima beban kejut maka setelah terjadinya korosi material

tersebut tidak lagi mampu sebagaimana mestinya menerima beban kejut. Peristiwa ini tentu berdampak buruk seperti yang penulis gambarkan sebelumnya.

Laju korosi tidak dapat kita pandang sebelah mata, besarnya pengaruh korosi terhadap ketahanan dan kemampuan dari material membuat kita perlu memperhitungkannya. Dalam pengelasan menggunakan energi panas untuk penyambungan bahan, penggunaan panas dapat mempengaruhi sifat mekanik, metalurgi dan sifat ketahanan korosi dari logam induknya. Panas pengelasan dapat menyebabkan transformasi fasa, atau terjadinya presipitasi atau malahan mungkin dapat menimbulkan tegangan dalam atau disekitar daerah pengelasan.

Proses pengelasan yang jelek akan mengakibatkan terjadinya porositas, inklusi terak, dan kesalahan lain yang dapat memicu terjadinya korosi. Proses pembekuan lasan akan dapat menyebabkan terjadinya korosi retak tegang atau stres *corrosion cracking*.

Suatu konstruksi yang dibangun tanpa perhitungan dan pengujian terlebih dahulu dapat menyebabkan kecelakaan bahkan berakibat fatal bagi para penggunanya. Untuk mengurangi dan menghindari kemungkinan-kemungkinan terburuk yang mungkin bisa terjadi, maka sebelum menggunakan material perlu diadakan pengujian dahulu. Hal ini bertujuan untuk mengetahui ketangguhan material yang akan digunakan dalam menahan beban kejut.

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian tentang: **Pengaruh Korosi terhadap Kekuatan Impact Hasil Pengelasan Las busur Listrik Pada Baja Karbon Rendah.**

B. Identifikasi Masalah

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

1. Berkurangnya nilai material secara teknis, penurunan kualitas material dan akan menyebabkan berkurangnya umur pakai (*life time*) karena korosi.
2. Salah satu sifat baja yang mampu menerima beban kejut, namun karena korosi yang mengakibatkan penurunan mutu dari baja menjadikan kemampuan menerima beban kejut berkurang.
3. Energi panas dalam pengelasan akan mempengaruhi sifat mekanik, metalurgi dan sifat ketahanan korosi.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang diungkapkan di atas, maka agar pembahasan dalam penelitian ini lebih terfokus, penulis membatasi masalah yang akan diteliti yaitu pengelasan dilakukan terhadap baja karbon rendah (ST 37) dengan tebal 10 mm yang dilas dengan las listrik SMAW dengan posisi dibawah tangan dengan elektroda E 7016 menggunakan kampuh V tunggal. Setelah pembentukan spesimen, spesimen di rendam dalam air garam dengan variasi waktu 10 hari, 20 hari dan 30 hari. Setelah itu pengujian yang dilakukan adalah uji *impact* dengan metode *charpy*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan identifikasi masalah, maka penelitian dirumuskan yaitu bagaimana pengaruh korosi terhadap kekuatan *impact* hasil pengelasan las busur listrik pada baja karbon rendah.

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh korosi terhadap kekuatan *impact* hasil pengelasan las busur listrik pada baja karbon rendah.

F. Manfaat Penelitian

Berikut ini manfaat yang ingin di capai pada penelitian ini:

1. Secara akademis dapat memperdalam pengetahuan mahasiswa dan memberikan masukan bagi ilmu pengetahuan, khususnya bidang ilmu bahan atau material.
2. Sebagai bahan masukan dan pertimbangan bagi para pengguna baja dan elektroda dalam memilih bahan untuk pengelasan.
3. Bagi peneliti sebagai syarat meraih gelar sarjana pendidikan pada program studi pendidikan teknik mesin.
4. Memberikan informasi pengembangan penelitian dilingkungan akademik khususnya di jurusan Teknik Mesin FT UNP.

BAB II

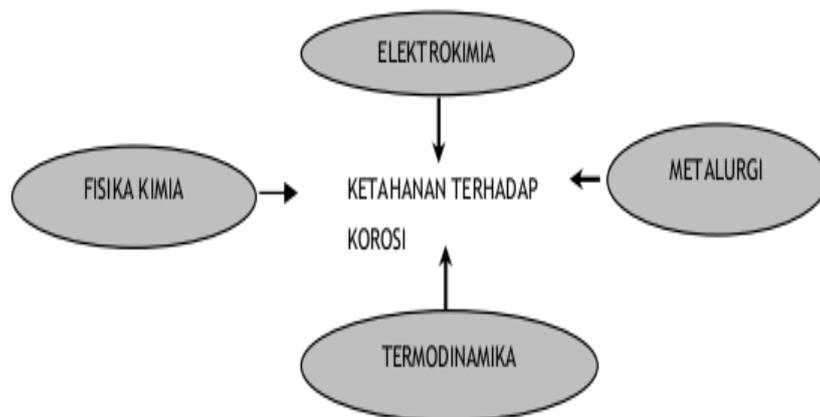
KAJIAN PUSTAKA

A. Korosi

Sebagian orang mengartikan korosi sebagai karat, yakni sesuatu yang hampir dianggap sebagai musuh umum masyarakat. Karat (rust) adalah sebutan yang belakangan ini hanya dikhususkan bagi korosi pada baja, padahal korosi merupakan gejala destruktif yang mempengaruhi hampir semua logam. Walaupun besi bukan logam pertama yang dimanfaatkan oleh manusia, tidak perlu diingkari bahwa logam itu paling banyak digunakan, dan karena itu, paling awal menimbulkan masalah korosi serius. Karena itu tidak mengherankan bila istilah korosi dan karat hampir dianggap sinonim (KR. Trethewey J. Chamberlain, 1991). Korosi sangat berhubungan dengan pengelasan, dimana setiap baja yang mengalami penyambungan las kemungkinan besar akan mengalami korosi dikarenakan saat penyambungan antara baja induk dan baja tambahan menggunakan energi panas yang berlebih yang akan mengubah struktur pada baja yang mengakibatkan terjadinya laju korosi dan mempengaruhi penurunan ketahanan korosi pada sambungan pengelasan.

Korosi adalah suatu fenomena yang kompleks yang terjadi tidak hanya pada material yang terbuat dari besi namun korosi secara umum diketahui terjadi pada permukaan metal yang disebut *general corrosion*, pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi sedangkan oksigen (udara) mengalami reduksi. Karat logam umumnya adalah berupa oksidasi dan karbonat. Rumus

kimia karat logam adalah $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, suatu zat padat yang berwarna merah coklat-merah. Korosi merupakan proses elektro kimia. Pada korosi logam, bagian tertentu dari logam itu berlaku sebagai anode, dimana logam mengalami oksidasi. $\text{Fe(s)} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ $E^\circ = +0,44$ v. Elektron yang dibebaskan di anode mengalir ke bagian lain logam yang bertindak sebagai katode, dimana oksigen tereduksi. $\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O(l)} + 4\text{e}^- \leftrightarrow 4\text{OH}^-(\text{aq})$ $E^\circ = +0,40$ V atau $\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O(l)}$ $E^\circ = +1,23$ V. Ion (II) yang terbentuk pada anode selanjutnya teroksidasi membentuk ion besi (III) yang kemudian membentuk senyawa oksidasi terhidrasi, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ yaitu karat logam. Seiring dengan perkembangan jaman dan pengetahuan maka para ahli metalurgi telah mempunyai cara bagaimana membuat suatu unsur yang mempunyai ketahanan diri terhadap serangan korosi. Kemampuan suatu bahan untuk dapat tahan dari proses korosi tergantung dari beberapa faktor, seperti yang tergambar di bawah.



Gambar 1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Korosi Pada Logam (Fontana, 1986)

Berdasarkan gambar (5) diagram tersebut dapat kita lihat bahwa faktor termodinamika dan elektrokimia mempunyai peran yang penting dalam memahami dan mengontrol korosi. Ada berbagai cara untuk mengklasifikasikan korosi yang terjadi pada metal, bila ditinjau dari mekanisme terjadinya korosi, maka korosi dapat di klasifikasikan menjadi:

1. *Chemical corrosion*
2. *Electrolytic corrosion*

Selain itu korosi juga dapat di klasifikasikan menjadi:

1. *Wet corrosion* dan
2. *Dry corrosion*

Menurut sumantri (1999:1), korosi didefinisikan sebagai degradasi atau penurunan mutu logam akibat logam tersebut bereaksi dengan lingkungannya. Penurunan mutu logam tidak hanya melibatkan reaksi kimia namun juga reaksi elektrokimia dimana diantara bahan-bahan terjadi perpindahan *elektron*. Elektron adalah bermuatan negatif maka dalam pengangkutannya/perpindahannya akan menimbulkan arus listrik sehingga reaksinya dipengaruhi oleh potensial listrik.

Karat pada besi atau baja adalah contoh paling banyak dan umum dari *metallic corrosion* (korosi logam). Contoh korosi logam yang dapat kita lihat dalam kehidupan sehari-hari, seperti korosi pada badan mobil, korosi pada pipa air, korosi pada konstruksi baja dan sebagainya.

1. Biaya Korosi

Korosi menyebabkan kerugian yang sangat besar, sebagai contoh pada tahun 1985 di Swiss terjadi kecelakaan yang menyebabkan tewasnya dua belas orang dan menciderai beberapa orang lainnya akibat atap stadion yang berumur 13 tahun roboh, dan diperkirakan penyebabnya adalah korosi pada konstruksinya.

Menurut Sumantri (1999:1), kerugian yang disebabkan oleh korosi dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu;

a. Kerugian Langsung

Kerugian korosi yang menyebabkan terjadinya biaya langsung yaitu.

- 1) Biaya tambahan untuk pengecatan anti korosi atau biaya yang diperlukan untuk perlindungan korosi lainnya.
- 2) Biaya perbaikan atau penggantian komponen yang mengalami korosi.
- 3) *Over design*.
- 4) Penggunaan bahan yang lebih mahal, misalnya dengan menggunakan baja tahan karat, yang harga lebih mahal dibandingkan dengan baja karbon.

b. Kerugian Tidak Langsung

- 1) Terjadinya kontaminasi terhadap produk, contoh makanan yang terkontaminasi oleh karat akibat kaleng pengemasnya berkarat.

- 2) Kehilangan produk karena terjadinya korosi pada kaleng kemasan, sehingga tidak dapat dipasarkan/dijual.
- 3) Berpengaruh terhadap keselamatan kerja, seperti kemungkinan terjadinya ledakan dan jenis lain akibat terjadinya korosi pada komponen.
- 4) Kehilangan produktifitasnya atau efisiensinya, karena kerusakan akibat korosi.

2. Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Menghitung laju korosi pada umumnya menggunakan dua cara yaitu:

a. Metode Kehilangan Berat

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus sebagai berikut:

$$CR \text{ (mmpy)} = \frac{w}{DAT}$$

Dimana:

CR=besarnya korosi (mmpy)

W=kehilangan berat dalam gram

D=densitas dalam gram/m³

A =luas dalam cm^2

T =waktu (lamanya benda kerja ditempatkan dalam lingkungan korosif).

Metode ini adalah mengukur kembali berat awal dari benda uji (objek yang ingin diketahui laju korosi yang terjadi). Kekurangan berat dari pada berat awal merupakan nilai kehilangan berat. Kekurangan berat dikembalikan kedalam rumus untuk mendapat laju kehilangan berat nya.

Metode ini bila dijalankan dengan waktu yang lama dan *suintinable* dapat dijadikan acuan terhadap kondisi tempat objek diletakkan (dapat diketahui seberapa korosif daerah tersebut) juga dapat dijadikan *referensi* untuk *treatment* yang harus diterapkan pada daerah dan kondisi tempat objek tersebut.

Ada beberapa cara untuk menyatakan laju korosi, tetapi yang banyak digunakan adalah dengan satuan miligram per desimeter persegi perhari ($\text{mg}/\text{dm}^2/\text{hari}$ atau biasa disingkat dengan mmd). Dimana satuan ini sudah termasuk dengan lamanya spesimen berada dilingkungan korosif dan luas permukaan dari bahan yang berhubungan langsung dengan lingkungan korosif. Oleh karena itu laju korosi secara langsung dapat dinyatakan dengan penetrasi yang dinyatakan milimeter pertahun.

b. Metode Elektrokimia

Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi, metode ini mengukur laju korosi pada saat diukur saja dimana memperkirakan laju tersebut dengan waktu yang panjang (memperkirakan walaupun hasil yang terjadi antara satu waktu dengan waktu yang lainnya berbeda). Kelemahan metode ini adalah tidak dapat menggambarkan secara akurat karena hanya dapat pada waktu tertentu saja, hingga secara umur pemakaian maupun kondisi untuk dapat *ditreatment* tidak dapat diketahui. Kelebihan metode ini adalah kita langsung dapat mengetahui laju korosi pada saat diukur, hingga waktu mengukur tidak memakan waktu yang lama.

Metode ini menggunakan pembandingan dengan meletakkan salah satu material dengan sifat korosif yang sangat baik dengan bahan yang akan diuji hingga beda potensial yang terjadi dapat diperhatikan dengan adanya pembandingan.

B. Pengelasan

1. Pengertian Pengelasan

Menurut *Welding handbook*, dalam Daryanto (2012:3) proses pengelasan adalah “Proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanaskannya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan

pengisi”. Mengelas menurut Muhammad Alip (1989:34) adalah “Suatu aktivitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh”.

Sri Widharto (2006:1) mengemukakan las (*welding*) adalah “Suatu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan”. Secara singkat dapat diartikan bahwa pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan menggunakan energi panas dengan atau tanpa tekanan hingga menjadi benda utuh. Pengelasan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pertumbuhan industri yang berkembang pada saat ini karena pengelasan memegang peranan penting dalam rekayasa dan reparasi produk logam. Hampir tidak mungkin dalam pembangunan suatu konstruksi tidak ada proses pengelasannya.

Mengelas bukan hanya sekedar menyambungkan dua buah logam atau lebih, tetapi bagaimana membuat lasan yang baik dan berkualitas seperti yang dikehendaki. Kekuatan dari hasil lasan tersebut dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti prosedur, bahan benda kerja, jenis las, dan jenis sambungan yang digunakan.

2. Jenis-Jenis Las

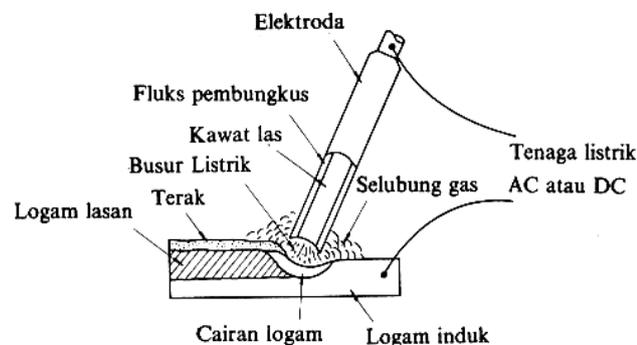
Jenis las yang digunakan dalam berbagai pengelasan sangat beragam. Beberapa jenis las diantaranya adalah Las Oksiasitelin, Las busur listrik berselaput (SMAW), Las busur listrik elektroda *tungsten/*

TGA (Gas Tungsten Arc) Welding, Las busur listrik elektroda logam terumpan/*GMA (Gas Metal Arc Welding)*, Las busur rendam/*Sumberged Arc Welding*, dan sebagainya.

Penggunaan dari masing-masing jenis las ini disesuaikan dengan kebutuhannya. Pada pengelasan plat umumnya digunakan las busur listrik elektroda berselaput (SMAW). Karena kemampuannya untuk pengelasan pada semua posisi dan mutu las lebih baik jika dibandingkan dengan jenis las lain.

3. Las yang Digunakan

Las busur nyala listrik atau SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) adalah salah satu cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Menurut Daryanto (2012:51) “Pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa tekanan, atau dapat didefinisikan sebagai akibat dari metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom-atom”.



Gambar 2. Las busur dengan elektroda terbungkus (Harsono Wiryo Sumarto, 2008)

Pengelasan las listrik menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambahan untuk menyatukan logam yang dipanaskan. Pada bagian yang terkena panas tersebut akan mencair, demikian juga elektrodanya juga akan mencair. Cairan dari elektroda dan benda yang akan disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang akan disambung, kemudian membeku dan tersambunglah kedua logam tersebut.

Keuntungan dari las busur listrik adalah serba guna dan prosesnya yang sederhana. Las listrik bisa dilakukan pada berbagai posisi dan jenis sambungan-sambungan pada daerah dimana pandangan mata terbatas masih bisa dilakukan pengelasan dengan menggunakan elektroda yang dibengkokkan. Kelemahan dari las busur listrik ini terletak pada kekuatan sambungan las yang sangat dipengaruhi oleh kualitas pengelasan. Apabila pengelasan dilakukan sesuai dengan prosedur maka kekuatan dari lasan tersebut akan baik. Proses penggantian elektroda juga mengurangi efisiensi dari pengelasan karena memakan waktu, sewaktu akan melakukan pengelasan selanjutnya terak yang terbentuk harus dibersihkan terlebih dahulu agar lapisan berikutnya dapat menyatu dengan baik.

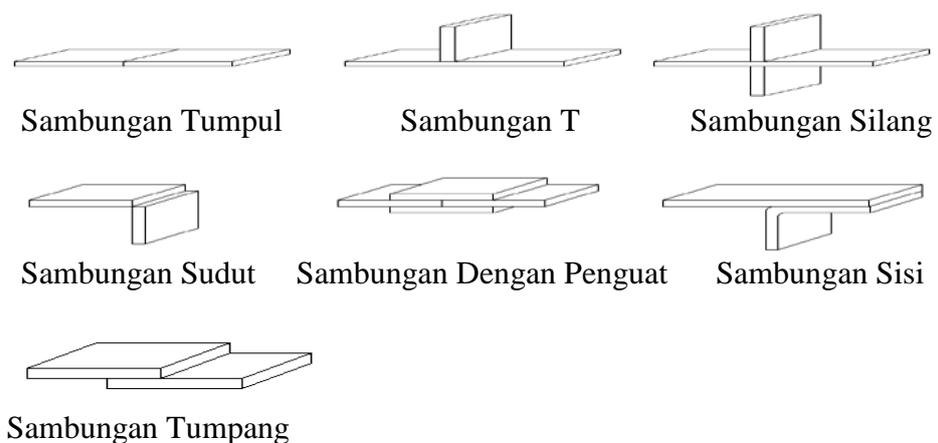
4. Jenis Sambungan dan Posisi Pengelasan

Menurut Muhammad Alip (1989:35) sambungan adalah” Bentuk pertemuan antar benda yang dipersiapkan sesuai dengan ukuran benda kerja dan dirangkai sedemikian rupa sehingga siap untuk dilas atau

dibrazing”. Sambungan pada produk-produk pengelasan sangatlah penting agar hasilnya sesuai dengan yang diharapkan.

Dalam proses penyambungan logam dengan teknik pengelasan tidak hanya dilihat dari segi bisanya benda tersebut disambung, tetapi bagaimana membuat hasil lasan yang baik dan berkualitas sesuai dengan yang dikehendaki. Pemilihan jenis sambungan harus disesuaikan dengan ketebalan bahan, metode pengelasan, dan lainnya.

Berdasarkan cara pengelasannya sambungan terdiri dari dua macam yaitu sambungan las cair dan sambungan las tekan. Sambungan las cair adalah yang paling banyak digunakan dalam konstruksi. Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2008:157) “Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya dibagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang”. Dalam perkembangannya sambungan dasar tersebut terjadi sambungan silang, sambungan dengan penguat, dan sambungan sisi.



**Gambar 3. Jenis-jenis sambungan dasar
(Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008:157)**

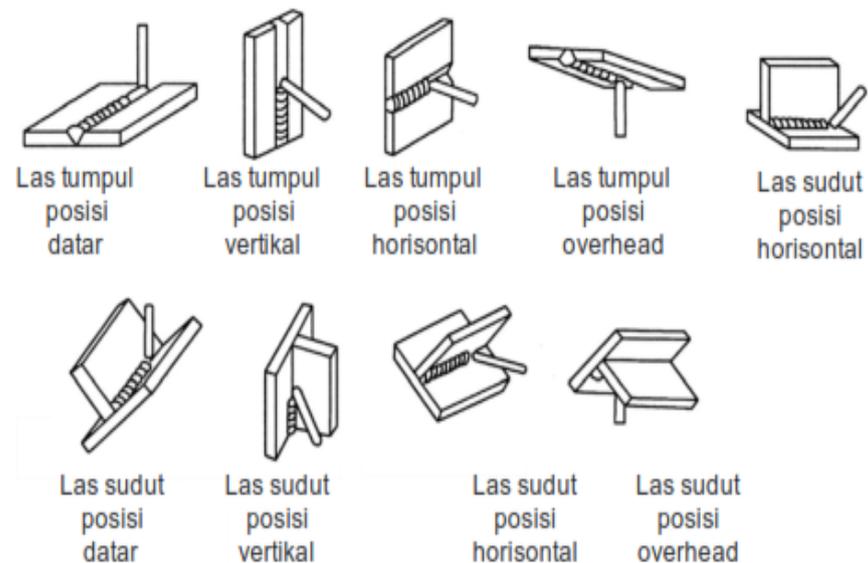
Dalam pengelasan sambungan tumpul adalah sambungan yang paling efisien. Sambungan ini dibagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian dengan pelat pembantu atau tanpa pelat pembantu yang akan menjadi bagian dari konstruksi, pelat pembantu yang hanya sebagai penolong pada waktu proses pengelasan saja.

Bentuk alur dalam sambungan tumpul mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Pemilihan bentuk alur sangat penting, bentuk dan ukuran alur sambungan datar ini sudah distandarkan dalam standar AWS, BS, DIN, GOST, JSSC dan lain-lainnya. Jenis alur dari lasan tersebut seperti alur persegi (I), V tunggal, V tirus tunggal, U tunggal, V ganda (X), Titus ganda (K), U ganda, J tunggal, dan J ganda.

Dalam pemilihan bentuk alur dalam sambungan las harus sesuai agar tidak terjadi penurunan mutu dari sambungan las tersebut. Kekuatan dari sambungan itu sendiri ditentukan berdasarkan bahan las, cara pengelasan, cara pemeriksaan, jenis sambungan, jenis beban dan lainnya. Bentuk-bentuk alur dalam sambungan las yang telah distandarkan pada umumnya hanya meliputi pelaksanaan pengelasan saja, tetapi yang sering dilakukan oleh juru las itu sendiri berdasarkan pengalaman dilapangan.

Menurut Sunari (2007:142) “Hasil las yang baik, selain tergantung pada kebersihan benda las itu sendiri dan kebersihan lingkungannya”. Untuk itu selain pemilihan juru las yang berpengalaman

dalam bidang pengelasan kebersihan dari bahan dan lingkungan sangatlah penting agar mutu dari sambungan tersebut tercapai. Selain pemilihan jenis sambungan, posisi pengelasan juga berpengaruh pada hasil pengelasan. Posisi pengelasan ada empat macam yaitu: posisi bawah tangan, posisi mendatar, posisi tegak, dan posisi di atas kepala. Dari keempat posisi yang ada, posisi di bawah tangan adalah yang paling mudah dilakukan.



**Gambar 4. Macam-macam posisi pengelasan
(Heri Sunaryo,2008:244)**

5. Arus Pengelasan

Besar arus dalam pengelasan sangatlah berpengaruh dalam proses pengelasan. Apabila arus terlalu besar hal ini akan mengakibatkan elektroda akan lebih cepat mencair sehingga permukaan hasil lasan akan melebar. Sedangkan arus yang kecil akan mengakibatkan susah

menyalakan busur listrik, panas yang terjadi rendah tidak cukup untuk melelehkan elektroda sehingga hasil rigi lasan yang kecil dan kurangnya penembusan.

Arus listrik yang digunakan dalam pengelasan harus disertai dengan ukuran diameter elektroda. Tiap elektroda mempunyai ampere (pengaturan arus) minimum dan maksimum, seperti Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 1. Pemilihan Ampere

| Diameter Elektro Dalam (mm) | TYPE ELEKTRODA DAN BESAR ARUS | | | | |
|--|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | E 6010 (Ampere) | E 6013 (Ampere) | E 7016 (Ampere) | E 7027 (Ampere) | E 7028 (Ampere) |
| 2,5 | | 80-125 | 100-145 | | |
| 3,2 | 80-2120 | 110-160 | 140-190 | 125-185 | 140-190 |
| 4 | 120-200 | 150-220 | 180-250 | 160-240 | 180-250 |
| 5 | | 200-275 | 230-305 | 210-300 | 230-305 |
| 5,5 | | 260-340 | 275-265 | 250-350 | 275-365 |
| 6,3 | | 330-415 | 335-430 | 300-420 | 335-430 |
| 8 | | 390-500 | | | |

(Sumber:Maman Suratman, 2007: 05)

C. Baja

Baja adalah campuran besi dan karbon, dengan kandungan karbon maksimum 1,5%. Karbon terjadi dalam wujud karbid besi, sehingga meningkatkan kekerasan baja. Baja merupakan paduan besi dan karbon yang dapat berisi konsentrasi dari elemen campuran lainnya. Ada ribuan campuran logam lainnya yang mempunyai komposisi berbeda. Sifat mekanis dari baja sangat sensitif terhadap kandungan karbon, yang mana secara normal kurang dari 2,0%. sebagian dari baja digolongkan menurut konsentrasi karbon, yakni ke dalam baja karbon rendah, medium dan jenis karbon tinggi.

1. Baja karbon

Menurut Wahyudin K dan Wahjoe Hidayat (1978: 46), baja karbon adalah paduan besi karbon dimana unsur karbon sangat menentukan sifat-sifatnya, sedangkan unsur-unsur paduan lainnya yang biasa terkandung di dalamnya terjadi karena proses pembuatannya. Sifat baja karbon ditentukan oleh persentase karbon dan struktur mikro.

Selain oleh karbon sifat baja ditentukan pula oleh adanya unsur-unsur lain yang terpadu seperti mangan, silisium, pospor, dan belerang, yang umumnya berasal dari bahan-bahan seperti pengoksid, bahan bakar dan lain-lain. Terkandungnya gas-gas seperti O_2 , N_2 dan H_2 yang terjadi pada waktu proses pembuatan baja, juga bisa dipengaruhi sifat baja.

Pengaruh unsur silisium dan mangan akan mengurangi pengaruh buruk dan oksida besi, karena pada waktu proses pemurnian besi oksida tersebut dibebaskan oleh kedua unsur tersebut. Kadar silisium dalam baja

antara 0,35 – 0,4% dan mangan 0,5 – 0,8%. Belerang dan posfor memberikan pengaruh buruk terhadap sifat baja belerang menurunkan sifat mekanis, terutama menurunkan ketangguhan serta menyebabkan pengaruh tidak baik pada kemampuan las dan tahan karat pada baja. Kadar belerang berkisar antara 0,06 – 0,35%. Dengan adanya mangan, pengaruh buruk belerang akan berkurang.

Pospor menimbulkan perubahan struktur Kristal sehingga kekuatan tarik dan batas luluh meningkat, tetapi sifat plastis dan ketangguhannya sangat berkurang. Pospor menjadikan baja menjadi getas dingin. Kadar pospor dalam baja dibatasi antara 0,08 – 0,25%. Pengaruh nitrogen, oksigen dan hidrogen akan menyebabkan turunnya kekuatan pukul dan batas kelelahan. Unsur-unsur ini merupakan kotoran berupa oksida-oksida, nitrida atau senyawa lainnya. Untuk membatasi unsur-unsur ini pembersihan baja kadang dilakukan didalam vakum.

Berdasarkan jumlah kandungan karbon yang terdapat dalam baja, baja dikelompokkan kedalam tiga bagian, yaitu:

a) Baja Karbon Rendah (*low carbon steel*)

Baja ini disebut baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas, baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah berkisar 0,05-0,30%.

b) Baja Karbon Sedang (*medium carbon steel*)

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3-0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan

sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros penghubung, poros engkol dan alat angkat presisi (Hari Amanto dan Daryanto, 1999).

c) Baja Karbon Tinggi (*high carbon steel*)

Baja karbon tinggi mengandung karbon 0,6-1,5%, dibuat dengan cara digiling panas. Pembentukan baja ini dilakukan dengan cara menggerinda permukaannya, misalnya batang bor dan batang datar. Apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang-batang pengontrol, alat-alat tangan seperti palu, obeng, tang, dan kunci mur, baja pelat, pegas kumparan dan sejumlah peralatan pertanian (Hari Amanto dan Daryanto, 1999)

Tabel 2. Klasifikasi Baja Karbon

| Jenis dan Kelas | | Kadar karbon (%) | Kekuatan luluh (kg/mm ²) | Kekuatan tarik (kg/mm ²) | Perpanjangan (%) | Kekerasan Brinell | Penggunaan |
|--------------------|-------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------|--------------|
| Baja karbon rendah | Baja lunak khusus | 00,08 | 18 – 28 | 32 – 36 | 40 – 30 | 95 – 100 | Pelat tipis |
| | Baja sangat lunak | 0,08-0,12 | 20 – 29 | 36 – 42 | 40 – 30 | 80 – 120 | Batang kawat |
| Baja karbon | Baja lunak | 0,12-0,20 | 22 – 30 | 38 – 48 | 36 – 24 | 100 – 130 | |
| | Baja | 0,20- | 24 – 36 | 44 – 55 | 32 – 22 | 112-145 | Konstruksi |

| | | | | | | | |
|--------|---------------------|-----------|---------|----------|---------|-----------|----------------------|
| sedang | setengah lunak | 0,30 | | | | | si umum |
| | Baja setengah Keras | 0,30-0,40 | 30 – 40 | 50 – 60 | 30 – 17 | 140 -170 | Komponen Mesin |
| | Baja karbon tinggi | 0,04 | 34 – 46 | 58 – 70 | 26 – 14 | 160 -200 | Perkakas, Rel, pegas |
| | Baja sangat keras | 0,50-0,80 | 36 – 47 | 65 – 100 | 20 – 11 | 180 - 235 | Dan kawat piano |

Sumber: Harsono Wiryosumarto (2008: 90)

2. Baja Paduan

Menurut Wahyudin K dan Wahjoe Hidayat (1978: 47), baja paduan adalah baja yang mengandung sebuah unsur lain atau lebih dengan kadar yang berlebih dari pada kadar biasanya dalam baja karbon. Unsur-unsur yang biasanya terdapat dalam baja karbon adalah C, Mn, Si, P dan S. Untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih baik maka kadar Mn atau Si ditambah, atau unsur-unsur lain seperti Cr, Ni, Mo, Co, Ti, W dan sebagainya. Dengan demikian selain memperbaiki sifat-sifat mekanisnya juga memperbaiki sifat tahan korosi, tahan suhu tinggi, tahan aus dan sifat-sifat listrik serta magnetiknya.

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

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

- a) Baja paduan rendah kekuatan tinggi
- b) Baja paduan rendah biasa

Baja paduan rendah berkekuatan tinggi mempunyai sifat mekanis dan tahan korosi yang lebih baik, dari pada baja paduan rendah biasa. Baja paduan rendah dibuat melalui proses pengerolan, baik dalam keadaan dilunakkan atau dinormalkan. Karena kadar karbonnya yang rendah baja ini relatif lunak dan liat, sehingga memudahkan dalam pembentukan dan pengelasan. Silisium, mangan, nikel, khrom ditambahkan dalam baja ini sebagai unsur paduan dengan jumlah total tidak melebihi 5%. Unsur-unsur ini membentuk larutan padat dengan ferit sehingga menambah kekuatan baja.

Baja paduan rendah biasa umumnya mengandung paling sedikit 0,3% karbon yang dengan mudah baja dapat dikeraskan. Karena adanya unsur-unsur nikel, khrom, mangan dan molibdenum maka baja ini mempunyai sifat dapat dikeraskan yang baik. Bila dikeraskan dan ditemper sampai kekerasan tertentu atau bila mana seluruhnya berstruktur martensit, maka baja-baja macam ini mempunyai gejala yang

menunjukkan sifat mekanis yang sama dengan baja karbon biasa yang berkadar karbon sama.

3. Baja ST 37

Baja Stel 37 (ST 37) merupakan salah satu baja karbon rendah atau sering juga disebut baja lunak. ST 37 menunjukkan bahwa baja ini memiliki kekuatan tarik maximum $\leq 37 \text{ kg/mm}^2$. Baja ST 37 memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 % .

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

D. Elektroda

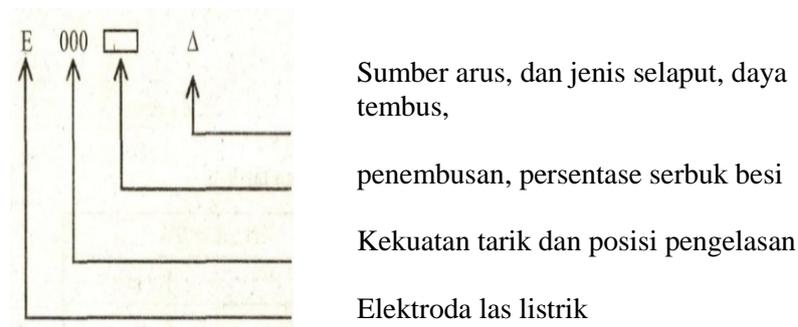
Elektroda merupakan bagian terpenting dari proses pengelasan. Pemilihan elektroda yang benar akan mempengaruhi hasil dari lasan tersebut, sehingga sangatlah penting untuk mengetahui jenis-jenis , serta sifat-sifat dari elektroda tersebut. Jenis elektroda yang paling banyak digunakan adalah elektroda jenis logam.

Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2008:97)” Pemilihan elektroda harus didasarkan pada jenis dan sifat logam induk serta kegunaan sambungannya”. Elektroda berfungsi sebagai logam pengisi pada bahan logam yang akan di las, untuk itu pemilihan jenis elektoda harus disesuaikan dengan bahan logam yang akan dilas.

1. Pemilihan Jenis Elektroda

Menurut standar AWS/ASTM (*American Wilding society/ American Society For Testing material*), semua kode elektroda ditandai dengan huruf E disertai 4 atau 5 angka. Kode penulisan seperti contoh berikut:

Contoh penulisan jenis eletroda :



Gambar 5. Penulisan Jenis Elektroda (Maman Suratman, 2007)

Cara pembacaan sebagai berikut:

- E menyatakan elektroda.
- Dua dan tiga angka pertama menyatakan kekuatan tarik.
- Angka tiga dan keempat menyatakan posisi pengelasan yang dapat di pakai.
- Angka keempat atau kelima menunjukkan jenis selaput, jenis sumber arus (AC atau DC), sifat busur listrik, daya tembus, dan persentase serbuk besi yang terkandung pada selaput elektroda.
- Akhiran (bila dipakai). Ditulis setelah angka keempat atau kelima. Akhir ini menunjukkan komposisi logam panduan (*olloy stell*), jadi tidak berlaku untuk golongan E 60 xx.

Contoh:

Pada elektroda Philips berseri AWS tertulis: E 6010.

Artinya:

E = Elektroda las listrik.

60 = Kekuatan tarik minimum dari deposit las adalah 60.000 lb/in²
atau 42 kg/mm².

1 = Dapat di pakai untuk segala posisi.

0 = Jenis selaput: cellulose sodium.

Sumber tegangan arus/arus : AC, DCSP, DCRP

Daya tembus: lemah

Kadar serbuk besi: 0 -10%

Tabel 3. Penggolongan dan Posisi Pengelasan yang Tepat

| Kekuatan tarik | | Posisi |
|----------------|---------------------|----------------|
| E X X 1 X | E X X 2 X | |
| Dapat dipakai | Dapat dipakai | Datar |
| Dapat dipakai | Dapat dipakai | Horizontal |
| Dapat dipakai | Tidak dapat dipakai | Vertikal |
| Dapat dipakai | Tidak dapat dipakai | Di atas kepala |

(sumber: Maman Suratman, 2007)

Tabel 4. Jenis Selaput, Arus, Busur, Penembusan, Dan Kadar

| Golongan | Selaput | Jenis arus | Busur arus | Daya tembus | Kadar besi |
|--|------------------------------|------------------|------------|-------------|------------|
| E XXX 0 | Cellulose sodium | DCRP | Penggali | Dalam | 0 – 10% |
| E XXX 1 | Cellulose potasium | AC, DC RP | Penggali | Dalam | tanpa |
| E XXX 2 | Rutil sodium | AC, DC SP | Sedang | Sedang | 0 – 10% |
| E XXX 3 | Rutil potasium | AC, DC SP, DC RP | Lunak | Lemah | 0 – 10% |
| E XXX 4 | Rutil serbuk besi | AC, DC SP, DC RP | Lunak | Lemah | 25 – 40% |
| E XXX 5 | Low hydrogen sodium | DC RP | Sedang | Sedang | tanpa |
| E XXX 6 | Low hidrogen potasium | AC, DC RP | Sedang | Sedang | tanpa |
| E XXX 7 | Besi oksid, serbuk besi | AC, DC RP, DC SP | Sedang | Lemah | 50% |
| E XXX 8 | Hidrogen rendah, serbuk besi | AC, DC RP | Sedang | Sedang | 30 – 50% |
| E XXX 9 | | | | | |
| Untuk angka akhiran 0 ada pengecualian | | | | | |
| E 6010 | Cellulose sodium | DC RP | Penggali | Dalam | 0 – 10% |
| E 6020 | Besi oksid sodium | AC, DC SP | | Sedang | 0 – 10% |
| E 6030 | Besi oksid | AC, DC SP | | Lemah | |

(Sumber: Maman Suratman, 2007)

*Keterangan:*AC = *Alternating Current*DCSP = *Direct Current Straight Polarity* pada pada metode ini elektroda dihubungkan dengan katup negatifDCRP = *Direct Current Reverse polarity* Pada metode ini elektroda dihubungkan dengan katup positif.

2. Jenis-Jenis *Fluks*

Fluks biasanya terdiri dari bahan-bahan tertentu dengan perbandingan yang tertentu pula. Bahan yang digunakan dapat digolongkan dalam bahan pemantapan busur, pembuatan terak, penghasil gas, deoksidator (Suharno, 2008:).

Bahan-bahan *fluks* dapat digolongkan antara lain:

- a) Jenis oksida titan, jenis ini di sebut rutil atau titania dan berisi banyak TiO₂ didalamnya.
- b) Jenis titania kapur, jenis ini disamping berisi rutil juga mengandung kapur.
- c) Jenis ilmenit, jenis ini terletak diantara jenis oksidasi ilmenit atau Fe Ti O₂.
- d) Jenis hydrogen rendah, jenis ini di sebut jenis kapur, karena bahan utama kapur dan fluorat.
- e) Jenis selulosa, jenis ini berisi kira-kira 30% zat organic yang dapat menghasilkan gas dengan volume besar yang kemudian melindungi logam cair.
- f) Jenis oksidasi besi, bahan jenis ini adalah besi, busur yang dihasilkan terpusatkan dan penetrasian dalam.
- g) Jenis serbuk besi, oksidasi, bahan jenis ini meliputi 15% sampai 50% adalah silikon dan serbuk besi.
- h) Jenis serbuk besi-titania, jenis ini menimbulkan busur yang sedang dan menghasilkan manik las yang halus.

E. Pengujian Bahan

Pengujian pada hasil pengelasan bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat yang dimiliki bahan tersebut serta bertujuan untuk mengetahui mutu dari hasil pengelasan tersebut. Salah satu sifat yang dimiliki logam adalah sifat mekanis. Secara sederhana sifat mekanis suatu logam adalah kemampuan bahan untuk menahan beban, baik beban statis, dinamis, atau beban berubah-

ubah pada berbagai keadaan, dengan suhu tinggi maupun dibawah nol derajat.

Menurut Bondan Tiara Sofyan (2010:25) "Sifat mekanis dari logam tersebut berupa kekuatan tarik, tekan, geser, fleksural, tekuk, impak, kelelahan, keuletan, kekerasan, dan ketahanan aus". Agar tujuan dari pengujian ini berhasil dengan baik perlu dilakukan persiapan yang baik seperti spesimen dan alat pengujian yang digunakan yang berstandar. Dalam pengujian mekanik terdapat perbedaan dalam pemberian jenis beban kepada material. Uji tarik, uji tekan, dan uji puntir adalah pengujian yang menggunakan beban static, sedangkan uji lelah dan uji impak menggunakan jenis beban dinamik.

Adapun proses pengujian dikelompokkan ke dalam dua kelompok metode pengujian yaitu : *Destructive Test* (DT), yaitu proses pengujian logam yang dapat menimbulkan kerusakan logam yang diuji, *Non Destructive Test* (NDT), yaitu proses pengujian logam yang tidak menimbulkan kerusakan logam atau benda yang diuji. Menurut Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura (2008:361) "Pengujian merusak pada konstruksi las adalah pengujian terhadap model dari konstruksi atau pada batang-batang uji yang telah dilas dengan cara yang sama dengan proses pengelasan yang akan digunakan sampai terjadi kerusakan pada model konstruksi atau batang uji". Uji yang merusak seperti uji mekanik, analisa kimia, metalografi, dan lainnya.

Uji tidak merusak dilakukan tanpa merusak bagian dari konstruksi benda uji. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui cacat, baik cacat luar maupun cacat dalam seperti pengamatan, uji ultrasonik, radiografi, dan lainnya

F. Uji *Impact*

Uji *impact* adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang tiba-tiba atau dinamik. Bondan Tiara Sofyan (2010:38) mengemukakan, “Beban *impact* (beban kejut) adalah beban yang diberikan secara cepat dan tiba-tiba”. Pengujian *impact* merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Menurut R.E. Smallman dan R.J. Bishop (1999: 217) “Material mungkin mempunyai kekuatan tarik tinggi tetapi tidak tahan terhadap beban kejut. Untuk menentukannya perlu dilakukan uji ketahanan *impact*.” Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kegetasan atau keuletan bahan terhadap beban kejut .

Metode pengujian *impact* ini ada dua jenis yaitu pengujian *impact Charpy* dan pengujian *impact Izod*.

1. Metode *Izod*

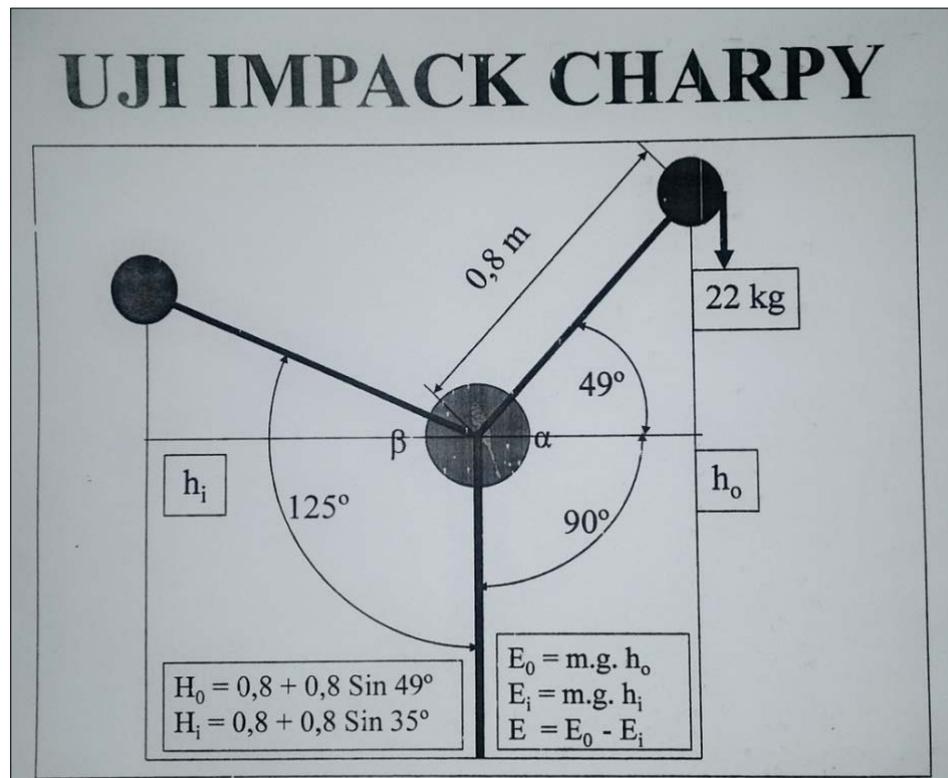
Izod adalah cara menekan (melantak) takik benda kerja yang dijepitkan diragum (penjepit). Takik dibuat sebesar 1/3 bagian jarak ujung-ujung benda kerja dan takik berbentuk V. Benda percobaannya dijepitkan pada salah satu ragum. Kemudian dengan hentakan yang tegak lurus bandul atau pemukul yang diayunkan pada ketinggian tertentu

akan memukul ujung yang lain pada arah takikan benda kerja, akan didapat hasil pengukuran kekerasan benda kerja yang kita uji

2. Metode *Charpy*

Dalam pengujian ini *charpy* mempergunakan takiknya persis di tengah benda percobaan. Benda percobaan kita letakkan di atas dua penahan dengan takikan mengarah ke bawah, kemudian dipukul dengan beban tertentu. Sunari (2007:174). Batang uji metode *charpy* memiliki spesifikasi, luas penampang 10 mm x 10 mm, takik berbentuk V dengan sudut 45°, kedalaman takik 2 mm dengan radius pusat 0.25 mm. takikan digunakan untuk memudahkan patahnya batang uji, agar dapat melihat struktur ulet atau getasnya batang uji. Batang uji *charpy* diletakkan horizontal pada batang penumpu dan diberi beban secara tiba-tiba di belakang sisi takik oleh pendulum berat berayun (kecepatan pembebanan ± 5 m/s). Batang uji diberi energi untuk melengkung sampai kemudian patah pada laju regangan yang tinggi.

Melalui pengujian ini diperoleh informasi-informasi mengenai besarnya serapan energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen uji. Pengujian *impact* bertujuan untuk mengukur ketangguhan material terhadap takik dan beban tiba-tiba atau kecendrungan material mengalami patah getas akibat pembebanan.



Gambar 6. Ilustrasi Uji *Impact Charpy*

Terdapat tiga faktor penting yang mempengaruhi ketangguhan material, yaitu:

1. Temperatur, Ketangguhan suatu material akan meningkat bila temperatur dinaikkan.
2. Konsentrasi tegangan yang disebabkan oleh retakan dan takikan.
3. Laju regangan atau laju pembebanan.

Sebagian besar energi yang diserap oleh spesimen uji hingga spesimen patah merupakan sebuah nilai impact dari suatu material. Harga impact (H_i) adalah sebagian energi serapan persatuan luas, dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

Harga Impact (H_i):

$$H_i = \frac{E}{A_f} \dots\dots\dots(1)$$

$$A_f = p \times l \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan : H_i = Harga Impak (N/m)

E = Besar energi serapan (Nm)

A_f = Luas penampang spesimen (m^2) = $p \times l$

Energi Serapan (E)

$$E = E_0 - E_i \dots\dots\dots(3)$$

Dengan $E_0 = m \cdot g \cdot H_o$

$$E_i = m \cdot g \cdot H_i$$

Keterangan : E = Energi Serapan (Nm)

E_0 = Energi Serapan Awal (Nm)

E_i = Energi Serapan Akhir (Nm)

m = Massa pendulum (Kg)

g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)

r = Panjang Lengan Pendulum (m)

α = Sudut Jatuh

β = Sudut Akhir Ayunan

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan pada pengujian ketangguhan ini, maka pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa: proses korosi dengan variasi waktu 10 hari, 20 hari dan 30 hari memberikan pengaruh terhadap ketangguhan hasil pengelasan baja karbon rendah ST 37 dengan menggunakan las listrik dengan elektroda E-7016 dengan tebal benda 10 mm.

Pada pengujian ketangguhan atau uji *impact* pada spesimen yang tidak mengalami perlakuan proses korosi lebih tinggi dibandingkan dengan yang mengalami perlakuan yaitu sebesar **2.6043** ($\times 10^6$ N/m). Ketangguhan sambungan las yang mengalami perlakuan, proses korosi 10 hari lebih tinggi dari pada proses korosi 20 hari dan 30 hari, dimana ketangguhan spesimen pada proses korosi 10 hari sebesar **2.5087** ($\times 10^6$ N/m), dan ketangguhan spesimen dengan proses korosi 20 hari sebesar **2.4127** ($\times 10^6$ N/m), sedangkan spesimen dengan proses korosi 30 hari memiliki kekuatan ketangguhan paling rendah, kekuatan ketangguhan spesimen sebesar **2.269** ($\times 10^6$ N/m). Artinya semakin tinggi tingkat laju korosi yang dialami material hasil pengelasan, maka ketangguhan material semakin menurun.

B. Saran

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

1. Dalam melakukan pengelasan sebaiknya juru las memperhatikan arus yang dipakai sesuai dengan tebal benda yang akan dilas, tipe elektroda yang digunakan dan diameter elektroda itu sendiri.
2. Hindari benda-benda baja dari air yang mengandung kandungan garam.
3. Untuk penelitian selanjutnya di harapkan mampu melakukan penelitian dengan mengembangkan penelitian yang sudah ada agar lebih maksimal.
4. Periksa secara berkala spesimen pengujian.