



**ANALISIS KEKUATAN LAS TERHADAP BAHAN DARI
KURSI RODA ELEKTRIK**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka
Memenuhi Penyusunan Skripsi Jenjang S1
Program Studi Teknik Mesin

Oleh :

Vijay Aji Sanjaya
6419500023

**FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Analisis Kekuatan Las Terhadap Bahan Dari Kursi Roda
Elektrik
Nama Penulis : Vijay Aji Sanjaya
NPM : 6419500023

Telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk dipertahankan dihadapan sidang
dewan penguji skripsi Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I



(M. Fajar Sidik, M.Eng)
NIP. 197908082005011001

Pembimbing II



(Fajar Nurwildani, S.T., MT)
NIPY. 19856101978

HALAMAN PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik dan ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal

Pada Hari :

Tanggal :

Ketua Sidang

Rusnoto, S.T., M.Eng.

NIPY. 14054121974



Penguji Utama

Hadi Wibowo, ST. MT.

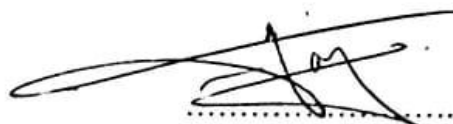
NIPY. 206516641971



Penguji 1

M. Fajar Sidik, M.Eng

NIP. 197908082005011001



Penguji 2

Fajar Nurwildani, S.T., MT

NIPY. 19856101978



Disahkan

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Pancasakti Tegal

(Dr. Agus Wibowo, S.T., M.T.)
NIPY. 126518101972

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul " Analisis Kekuatan Las Terhadap Bahan Dari Kursi Roda Elektrik : ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri dan saya tidak akan melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat, atas pernyataan ini saya siap menanggung resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila dikemudian hari adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya sendiri.

Tegal, 10 juli 2023

Yang membuat pernyataan



Vijay Aji Sanjaya

NPM. 6419500023

MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO

- Disetiap keberhasilan seorang anak yang berhasil disitulah ada doa seorang ibu yang dijawab oleh ALLAH SWT.
- Terus belajar dan optimis adalah kunci dari kesuksesan
- Skripsi itu dikerjakan bukan hanya difikirkan
- Keluargamu adalah alasan bagi kerja kerasmu, maka janganlah sampai engkau melantarkan mereka karena kerja kerasmu
- Saat saya merasa bisa melakukan dengan sendirian, ternyata saya membutuhkan teman

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada

- Allah SWT yang selalu memberikan rokhmat dan karunia serta kesehatan kepada saya.
- Orang tuaku yang selalu senantiasa memberikan semangat dan doa di
- Kakak-kakaku dan keluarga tercinta selalu mensupportku dalam mengerjakan skripsi ini.
- Seluruh dosen Fakultas Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal.
- Rckan-rekan seperjuangan Teknik Mesin \$1 Universitas Pancasakti Tegal Angkatan 2019

ABSTRAK

VIJAY AJI SANJAYA. 2023." Analisis Kekuatan Las Terhadap Bahan Korsi Roda Elektrik", Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal 2023.

Pada waktu sekarang, teknik las GMAW dipergunakan secara luas dalam penyambungan barang-barang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin dalam dunia industri banyak sekali macam pengelasan yang sering digunakan salah satunya adalah proses pengelasan pusur listrik dengan menggunakan bahan fluks sebagai elektroda. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi arus 55 amper, 65 amper dan 75 amper terhadap kekuatan tarik, kekuaan bending dan harga impak pengelasan GMAW baja ST 37. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan bahan plat baja ST 37, jenis las yang dipilih GMAW , kuat arus 55 amper, 65 amper dan 75 amper posisi 5G. dengan elektroda 0,8 mm cored wire B88214F AWS E71T-11 , dimana akan dilakukan pembentukan variasi arus pada baja ST 37 dengan ketebalan 1.5 mm, kemudian dilakukan proses pengelasan GMAW dan dilakukan pengujian tarik, pengujian bending dan pengujian impak Nilai rata-rata dari pengujian tarik tertinggi terdapat pada arus 65 amper dengan nilai sebesar 548,8 N/mm², nilai tertinggi pada pengujian bending adalah pada arus 65 amper sebesar 474,85 N/mm²? dan pada pengujian impak harga impak tertinggi pada arus 55 amper sebesar 1.198 N/mm²?.

Kata Kunci : Baja ST 37, Pengelasan, Arus, Uji Tarik, Uji Bending, ZUji Impak.

ABSTRACT

VIJAY AJI SANJAYA. 2023." *Analysis of Welding Strength of Electric Wheel Chair Materials*", *Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Pancasakti Tegal 2023.*

At present, the GMAW welding technique is widely used in the connection of goods in steel building construction and machine construction in the industrial world, various types of welding are often used, one of which is the electric arc welding process using flux material as an electrode. The purpose of this study was to determine the effect of varying currents of 55 amperes, 65 amperes and 75 amperes on tensile strength, bending strength and the impact price of GMAW welding of ST 37 steel.

The research method used is the experimental method. This research uses ST 37 steel plate material, the type of welding chosen is GMAW, the current strength is 55 amperes, 65 amperes and 75 amperes in the 5G position. with an electrode of 0.8 mm cored wire B88214F AWS E71T-11, where current variations will be formed on ST 37 steel with a thickness of 1.5 mm, then GMAW welding process is carried out and tensile testing, bending testing and impact testing are carried out The average value of the highest tensile test is at a current of 65 amperes with a value of 548.8 N/mm², the highest value in the bending test is at a current of 65 amperes of 474.85 N/mm²? and in the impact test the highest impact value is at a current of 55 amperes of 1,198 N/mm²?

Keywords: Steel ST 37, Welding, Current, Tensile Test, Bending Test, Impact Test.

PRAKATA

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur kehadirt Allah SWT yang telah memberikan petunjuk, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Analisis Kekuatan Las Terhadap Bahan Dari Kursi Roda Elektrik“. Penyusunan proposal skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan tugas strata Program Studi Teknik Mesin.

Dalam penyusunan dan penulisan skripisi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Agus Wibowo, ST. MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Panasakti Tegal.
2. Bapak M. Fajar Sidik, M.Eng selaku dosen pembimbing I.
3. Bapak Fajar Nurwildani, S.T., MTselaku dosen pembimbing II.
4. Segenap Dosen dan Staf Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
5. Bapak dan Kaka yang tak pernah lelah mendoakanku.
6. Teman-teman baik dikampus maupun di rumah yang telah memberikan dukungan moral dalam penyusunan skripsi ini.
7. Semua pihak yang telah membantu hingga laporan ini selesai, semoga bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mendapat balasan yang sesuai dari Allah SWT.

Penulis telah mencoba membuat laporan sesempurna mungkin semampuan kemampuan penulis, namun demikian mungkin ada yang kekurangan yang tidak terlihat oleh penulis untuk itu mohon masukan untuk kebaikan dan pemaafnya. Harapan penulis, semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amiin.

Tegal, Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH PROPOSAL	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
MOTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTACT.....	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Batasan Masalah.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Landasan Teori	6
B. Tinjauan Pustaka.....	49
BAB III METODE PENELITIAN.....	53
A. Metode Penelitian	53
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	53
C. Variabel Penelitian	54
D. Instrumen Penelitian dan Desain Pengujian	55
E. Metode pengambilan Data.....	56
F. Metode Analisis Data	57
G. Diagram Alur	61

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Error! Bookmark not defined.

A. Hasil Penelitian.....Error! Bookmark not defined.

1. Pengujian komposisi kimia material baja ST 37 ...Error! Bookmark not defined.

2. Pengujian Tarik.....Error! Bookmark not defined.

3. Pengujian ImpactError! Bookmark not defined.

4. Pengujian Bending.....Error! Bookmark not defined.

B. Pembahasan.....Error! Bookmark not defined.

BAB V PENUTUP.....Error! Bookmark not defined.

A. KesimpulanError! Bookmark not defined.

B. SaranError! Bookmark not defined.

DAFTAR PUSTAKAError! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW)	8
Gambar 2.2 Gas Metal Arc Welding (GMAW)	10
Gambar 2.3 Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)	11
Gambar 2.4 Submerged Arc Welding (SAW)	13
Gambar 2.5 Flux-Cored Arc Welding.....	14
Gambar 2.6 Macam-macam Bentuk Kampuh Pada Butt Joint	16
Gambar 2.7 Macam-macam Sambungan T (Fillet) Joint.....	17
Gambar 2.8 Sambungan Corner Joint	17
Gambar 2.9 Sambungan Lap Joint	18
Gambar 2. 10 Posisi las	18
Gambar 2.11 Siklus Termal Dalam Las Busur Tangan	20
Gambar 2.12 Arah Pembekuan Dari Logam	22
Gambar 2.13 Retak Dingin	24
Gambar 2.14 Retak Panas	25
Gambar 2.15 Kelarutan Hidrogen Dalam Besi Pada Tekanan 1 atm.....	27
Gambar 2.16 Pengaruh Udara Terhadap Kadar Hidrogen Difusi	28
Gambar 2.17 Penyerapan Uap Oleh Elektroda Terbungkus	28
Gambar 2.18 Retak Lamel yang Dimulai Dari Retak Akar	32
Gambar 2.19 Proses pencairan Elektroda	33
Gambar 2.20 Grafik Hasil pengujian tarik	41
Gambar 2.21 Metode offset untuk menentukan titik yield	42
Gambar 2.22 Uji Impak Teknik Izod Dan Charpy.....	46
Gambar 2.23 Sketsa Perhitungan Energi Impact	47
Gambar 2.24 Macam-Macam Bentuk Takikan Pada Spesimen Uji Impact.	48
Gambar 2.25 Pola Patahan Pada Penampang Spesimen Uji Impact.....	49
Gambar 3.1 Desain kursi roda elektrik	56
Gambar 3.2 Diagram alur.....	61
Gambar 4.1 Diagram Uji Tarik Raw Material dan Pengelasan	65
Gambar 4.2 Diagram Energi terserap Raw Material dan Pengelasan.....	68

Gambar 4.3 Diagram Uji Impact Raw Material dan Pengelasan.....	68
Gambar 4.4 Diagram Uji Bending Raw Material dan Pengelasan	70
Gambar 4.5 Hasil uji tarik	72
Gambar 4.6 Hasil uji impact	73
Gambar 4.7 Hasil uji bending	74

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 waktu kegiatan penelitian.....	54
Tabel 3.2 Rancangan Banyak Spesimen uji	57
Tabel 3.3 data pengujian tarik	58
Tabel 3.4 data pengujian Banding	59
Tabel 3.5 data pengujian impact	60
Tabel 4.1 Hasil pengujian komposisi kimia material baja ST 37	62
Tabel 4.2 Hasil pengujian kekuatan tarik pada baja ST 37	64
Tabel 4.3 Hasil pengujian kekuatan impact pada baja ST 37	67
Tabel 4.3 Hasil Uji Impact Raw Material dan pengelasan	68
Tabel 4.5 Hasil pengujian kekuatan bending pada baja ST 37	69
Tabel 4.6 Hasil Uji Bending Raw Material dan pengelasan	70

LAMBANG DAN SINGKATAN

P Max	= Beban Penekan Maksimum
Ao	= Luas Penampang (mm ²)
T	= Tinggi (mm)
L	= Lebar (mm)
σ	= Kekuatan Tarik (Mpa)
m	= Berat Pendulum (kg)
G	= Gravitasi (N)
R	= Panjang Pendulum (m)
α	= Sudut awal (151 ⁰)
β	= Sudut akhir
P	= Panjang (mm)
E	= Energi Impact
P	= Beban lengkung (KN)
b	= Lebar Spesimen (mm)
d	= Panjang spesimen (mm)
L	= Panjang span (mm)

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dibidang kontruksi yang semangkin maju dan tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Hal yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perancangan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan produksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang di perlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah proses pembuatan, alat dan bahan yang di perlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan yang meliputi pemilihan mesin las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh (Wiryosumanto,2000)

Kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang nantinya akan diisi oleh deposit las atau logam las (weld metal) salah satu penyebab yang mempengaruhi kekuatan dari sambungan las. kampuh las awalnya adalah berupa gabungan las (weld pool) yang kemudian diisi dengan logam las, pada dasarnya dalam memilih bentuk kampuh harus menuju kepada penurunan logam las sampai kepada harga logam terendah dan tidak menurunkan sambungan, jenis kampuh las ada banyak jenisnya, salah satu yang sering digunakan dalam dunia produksi pengelasan ialah kampuh V ganda (doudle V groove) dalam menerima gaya tekan yang besar dan tahan terhadap kondisi beban statis, bentuk kampuh V sangat cocok untuk

diaplikasikan, adapun penelitian menggunakan besi ST37 atau besi umum dengan ketebalan 1,5 mm

Pengelasan GMAW yang disebut dengan las MIG merupakan proses penyambungan antara dua material logam ataupun lebih melalui proses pencairan, menggunakan elektroda juga memakai gas pelindung, dalam pengelasan gas argon, gas helium, ataupun dari kedua campuran gas tersebut sering di gunakan pada las MIG. MIG juga bisa digunakan untuk mengelas besi atau baja. Dan untuk menetapkan busur terkadang ditembakkan gas O^2 dari 2% sampai 5% ataupun CO^2 diantara 5% sampai 20%. Dengan banyaknya penggunaan las MIG sangat menguntungkan (Achmad, 2015).

Baja merupakan paduan yang terdiri dari unsur utama besi (Fe) dan Karbon (C) serta unsur-unsur lainnya seperti Mn, Si, Ni, Cr, V, dan lain sebagainya yang tersusun dalam presentasi yang sangat kecil dan unsur-unsur tersebut akan berpengaruh terhadap mutu dari baja tersebut. Pada baja karbon rendah mempunyai kandungan karbon % $C < 0,3\%$. Sifat kekerasannya relatif rendah, lunak dan keuletanya tinggi. Baja karbon rendah biasanya digunakan dalam bentuk pelat, profil, sekrup, ulir, dan baut. Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua jenis pengelasan listrik menggunakan elektroda terbungkus untuk itu diperlukan rancangan las dan cara pengelasan yang harus benar dan memperhatikan antara sifat-sifat las, material yang akan dilas dan kegunaan konstruksi serta keadaan sekitarnya.

Kursi roda elektrik ini menggunakan motor wiper untuk *rated voltage* 24V, dan menggunakan baterai tithium-ion dan maksud dan tujuan kursi roda elektrik ini untuk membantu mobilitas seseorang yang terganggu atau tidak dapat berjalan karena sakit, cedera, atau usia. Penggunaan kursi roda pun tergantung pada gangguan mobilitas yang dialami penderita, baik yang sifatnya sementara atau permanen.

Kekuatan hasil lasan yang dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polarik listrik. Pertemuan besar arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las, untuk mendapatkan kualitas sambungan yang baik di perlukan penentuan arus yang tepat. Ampere las adalah salah satu faktor penting dalam pengelasan sebab peningkatan arus akan mempegaruhi peningkatan panas yang masuk kedaerah lasan, sehingga lebih baik gunakan ampere yang tidak terlalu tinggi, gunakan ampere 25 amper- 60 amper agar terjadinya lubang pada benda kerja dapat dihindari dan menghasilkan yang baik, untuk memudahkan proses pengujian hasil pengelasan dengan menggunakan uji tarik, uji bending, uji impak, oleh karena itu penulis mengambil judul “ANALISIS KEKUATAN LAS TERHADAP BEBAN DARI KURSI RODA ELECTRIK”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi arus 55 Ampere, 65 Ampere, 75 Ampere terhadap kekuatan uji tarik hasil pengelasan pada material ST37 ?
2. Bagaimana pengaruh variasi arus 55 Ampere, 65 Ampere, 75 Ampere terhadap kekuatan uji impact hasil pengelasan pada material ST37 ?
3. Bagaimana pengaruh variasi arus 55 Ampere, 65 Ampere, 75 Ampere terhadap kekuatan uji bending hasil pengelasan pada material ST37 ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari perancangan dan pembuatan kursi roda elektrik ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh 55 Ampere, 65 Ampere, 75 Ampere terhadap kekuatan uji tarik pada pengelasan pelat baja ST37.
2. Mengetahui pengaruh 55 Ampere, 65 Ampere, 75 Ampere terhadap kekuatan uji impact pada pengelasan pelat baja ST37.
3. Mengetahui pengaruh 55 Ampere, 65 Ampere, 75 Ampere terhadap kekuatan uji bending pada pengelasan pelat baja ST37.

D. Batasan Masalah

1. Material kerangka menggunakan baja karbon rendah ST37.
2. Las listrik yang digunakan Las Mig dengan kawat elektroda 0,8 mm cored wire B88214F AWS E71T-11.

3. Menggunakan variasi arus 55 Ampere, 65 Ampere, 75 Ampere.
4. Posisi pengelasan menggunakan posisi 5G.
5. Sambungan pengelasan menggunakan Butt Joint.
6. Proses pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - a. Pengujian tarik (*tensile test*)
 - b. Pengujian impact (*impact test*)
 - c. Pengujian bending (*bending test*)
7. Tegangan menggunakan 220 V.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari perancangan dan pembuatan kursi roda elektrik ini adalah sebagai berikut:

1. Setelah mengetahui pengaruh variasi arus 55 Ampere, 65 Ampere, 75 Ampere terhadap kekuatan tarik, kekuatan impact, kekuatan bending pada sambungan las pelat baja ST37 dengan pengelasan GMAW, diharapkan dapat memberikan pengetahuan yang positif terhadap beberapa pihak.
2. Dapat menganalisis kekuatan material pada konstruksi rangka tempat duduk pada kursi roda elektrik.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Pengelasan

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagi logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Pengelasan bukan tujuan utama dari kontruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan dan memperlihatkan kesesuaian antar sifat sifat las dengan kegunaan kontruksi serta kegunaan di sekitar. Prosedur pengelasan kelihatanya sangat sedehana, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalahmasalah yang harus diatasi dimana pemecahanya memerlukan bermacam-macam pengetahuan.

Karena itu di dalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek, secara lebih terperinci dapat dikatakan bahawa perancangan kontruksi bangunan dari mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara-cara pengelasan. Cara ini pemeriksaan, bahan las, dan jenis las yang akan digunakan, berdasarkan fungsi dari bagianbagian bangunan atau mesin yang akan di rancang. Berdasarkan definisi dari JIZ las ikatan metarlugi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari

definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pada waktu ini telah dipergunakan lebih dari 40 jenis pengelasan termasuk pengelasan yang dilaksanakan dengan cara menekan dua logam yang disambungkan sehingga terjadi ikatan antara atom-atom molekul dengan logam yang disambungkan.

Chrome pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa tekanan, atau dapat didefinisikan sebagai akibat dari metarlugi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom. Sebelum atom-atom tersebut membentuk ikatan, 7 permukaan yang akan menjadi salah satu perlu bebas dari gas yang terserap atau oksida-oksida. Bila permukaan yang rata dan bersih ditekan, beberapa kristal akan tertekan dan bersinggungan.

Bila tekana di perbesar daerah singguhan ini bertambah luas. Lapisan oksida yang luas, rapuh, pecah logam mengalami deformasi plastis. Batas antara dua permukaan kristal dapat menjadi satu dan terjadilah sambungan yang disebut pengelasan dingin. Ada tempat cara yang dapat ditempus untuk memanaskan logam pada penyambungan, yaitu:

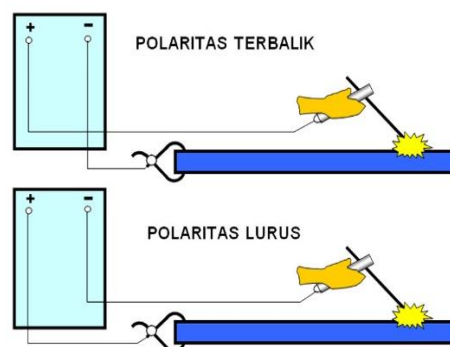
- a. Pencelupan benda yang akan disambungkan dalam logam pengisi atau fluks cair. Bila dicelupkan pada fluks cair dalam suhu yang sangat tinggi untuk mencairkan logam pengisi, benda benda yang

akan disambungkan harus di jepit dengan jig dan sela terisi paduan patri

- b. Mematri dengan menggunakan dapur, disini benda dijepit dan dimasukan dalam dapur dengan lingkungan yang terkendali pada suhu pencairan logam patri. Pemansan dapur dapat dengan listrik atau gas, dapur satuan atau kontiniu.
- c. Mematri dengan menyala, adalah sama dengan pengelasan oksiatelin. Panas berasal dari nyala oksiatelin atau okhidrogen dan logam pengisi dalam bentuk kawat di cairkan pada celah sambungan. Fluks ditambahkan dengan cara mencelup kawatnya.
- d. Pada patri listrik panas berasal dari tekanan industri atau busur.

2. Jenis – jenis pengelasan

- a. *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*



Gambar 2.1 *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*

Sumber :

<http://www.google.com/search?q=jenis+jenis+las&aqs=chrome.69I57J0I13I512J9.7145J0J7&Sourceid=chrome&ie=UTF-8>

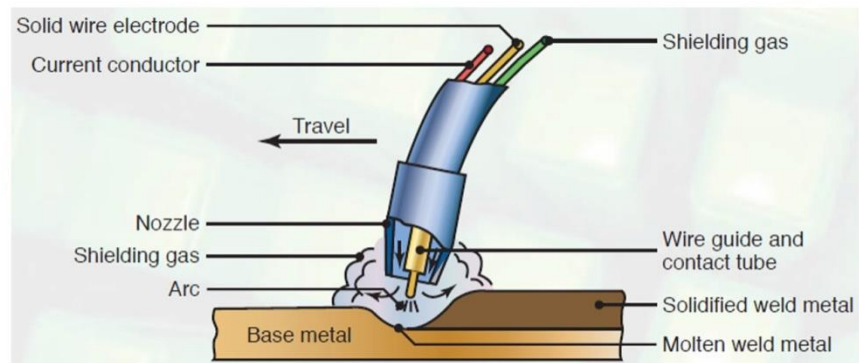
SMAW adalah salah satu jenis pengelasan yang menggunakan loncatan electron (busur listrik) sebagai sumber panas untuk pencairan logam. Suhu busur dapat mencapai 3300°C , jauh diatas titik lebur baja, sehingga dapat mencairkan baja secara serta merta/cepat (instant).

SMAW dapat menggunakan arus listrik bolak balik (AC = alternating current) maupun arus searah (DC = direct current) . Jika arus bolak balik yang digunakan tidak ada kutub kutub, sebaliknya apabila arus searah yang digunakan maka digunakan kutub kutub + dan - . Kondisi ini disebut polaritas .

Terdapat dua jenis polaritas untuk pengelasan, yakni straight polarity / polaritas lurus, dimana elektroda bermuatan (-) dan bahan induk bermuatan (+), dan polaritas terbalik, dimana elektroda bermuatan + dan bahan induk bermuatan - .

Elektroda dibuat dengan karakter khusus, ada elektroda yang hanya menggunakan pada mesin las AC, ada yang menggunakan DC Polaritas lurus atau lazim disebut DCSP (Direct Current Straight Polarity) atau juga disebut DCEN (Direct Current Electrode Negative), ada yang menggunakan DC Polaritas terbalik atau DCRP (Direct Current Reverse Polarity) atau juga disebut DCEP (Direct Current Electrode Positive).

b. *Gas Metal Arc Welding (GMAW)*



Gambar 2.2 *Gas Metal Arc Welding (GMAW)*

Sumber :

<http://www.google.com/search?q=jenis+jenis+las&aqs=chrome.69157J0I13I512J9.7145J0J7&Sourceid=chrome&ie=UTF-8>

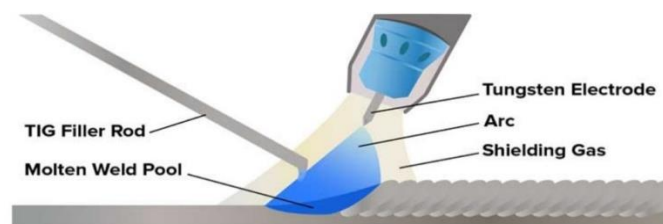
GMAW (Gas Metal Arc Welding) merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih yang sejenis dengan menggunakan bahan tambah yang berupa kawat gulungan dan gas pelindung melalui proses pencairan. Gas pelindung dalam proses pengelasan ini berfungsi sebagai pelindung dari proses oksidasi, yaitu pengaruh udara luar yang dapat mempengaruhi kualitas las. Gas yang digunakan dalam proses pengelasan ini dapat menggunakan gas argon, helium, argon+helium dsb. Penggunaan gas juga dapat mempengaruhi kualitas las itu sendiri.

Proses pengelasan GMAW merupakan pengelasan dengan proses pencairan logam. Proses pencairan logam ini terbentuk karena

adanya busur las yang terbentuk diantara kawat las dengan benda kerja. Ketika kawat las didekatkan dengan benda kerja maka terjadilah busur las (menghasilkan panas) yang mampu mencairkan kedua logam tersebut (kawat las + benda kerja), sehingga akan mencair bersamaan dan akan membentuk suatu sambungan yang tetap.

Dalam proses ini gas pelindung yang berupa gas akan melindungi las dari udara luar hingga terbentuk suatu sambungan yang tetap. Proses pengelasan GMAW menggunakan arus searah (DC) dengan posisi elektroda pada kutub positif, hal ini sering disebut sebagai polaritas terbalik. Polaritas searah jarang digunakan dalam proses pengelasan dikarenakan dalam proses ini transfer logam tidak terjadi secara sempurna.

c. *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*



Gambar 2.3 *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*

Sumber :

<http://www.google.com/search?q=jenis+jenis+las&aqs=chrome.69157J0I13I512J9.7145J0J7&Sourceid=chrome&ie=UTF-8>

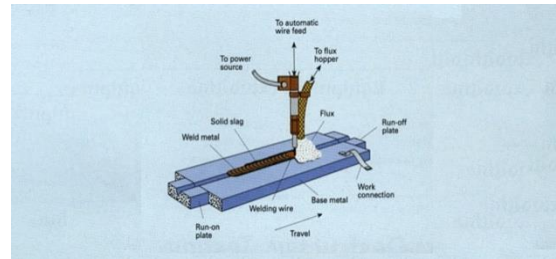
Gas tungsten arc welding (GTAW) adalah proses las busur yang menggunakan busur antara tungsten elektroda (non konsumsi) dan titik pengelasan. Proses ini digunakan dengan perlindungan gas dan tanpa penerapan tekanan. Proses ini dapat digunakan dengan atau tanpa penambahan filler metal. GTAW telah menjadi sangat diperlukan sebagai alat bagi banyak industri karena hasil las berkualitas tinggi dan biaya peralatan yang rendah.

Prinsipnya Panas dari busur terjadi diantara elektrode tungsten dan logam induk akan meleburkan logam pengisi ke logam induk di mana busurnya dilindungi oleh gas mulia (Ar atau He).

Las listrik TIG (Tungsten Inert Gas = Tungsten Gas Mulia) menggunakan elektroda wolfram yang bukan merupakan bahan tambah. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda wolfram dan bahan dasar merupakan sumber panas, untuk pengelasan. Titik cair elektroda wolfram sedemikian tingginya sampai 3410° C, sehingga tidak ikut mencair pada saat terjadi busur listrik.

Tangkai listrik dilengkapi dengan nosel keramik untuk menyembur gas pelindung yang melindungi daerah las dari luar pada saat pengelasan.

d. Submerged Arc Welding (SAW)



Gambar 2.4 Submerged Arc Welding (SAW)

Sumber :

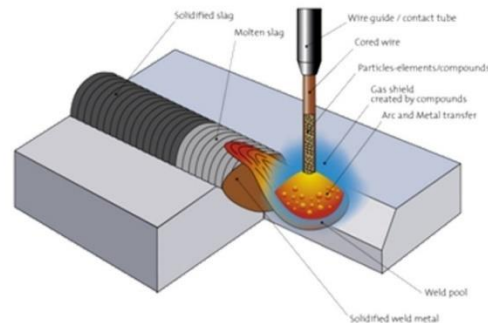
<http://www.google.com/search?q=jenis+jenis+las&aqs=chrome.69l57j0l13l5l12j9.7145j0j7&Sourceid=chrome&ie=UTF-8>

SAW adalah salah satu jenis las listrik dengan proses memadukan material yang dilas dengan cara memanaskan dan mencairkan metal induk dan elektroda oleh busur listrik yang terletak diantara metal induk dan elektroda. Arus dan busur lelehan metal diselimuti (ditimbun) dengan butiran flux di atas daerah yang dilas.

SAW tidak membutuhkan tekanan dan bahan pengisi (filler metal) dipasok secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk diantara ujung filler elektroda dan metal induk yang ditimbun oleh fluks. Elektroda pada proses SAW terbuat dari metal padat (solid). Prinsip pada pengelasan ini hampir sama dengan pengelasan pada SMAW. Bedanya dengan SMAW adalah pada SAW flux tidak di bungkus ke elektroda, menggunakan elektroda

kontinu, arus lebih tinggi sehingga dapat digunakan untuk mengelas benda yang lebih tebal hanya dengan langkah yang sedikit.

e. Flux-Cored Arc Welding



Gambar 2.5 Flux-Cored Arc Welding

Sumber :

<http://www.google.com/search?q=jenis+jenis+las&aqs=chrome.69l57j0l13l5l12j9.7145j0j7&Sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Flux cored arc welding (FCAW) merupakan las busur listrik fluks inti tengah / pelindung inti tengah. FCAW merupakan kombinasi antara proses SMAW, GMAW dan SAW. Sumber energi pengelasan yaitu dengan menggunakan arus listrik AC atau DC dari pembangkit listrik atau melalui trafo dan atau rectifier. FCAW adalah salah satu jenis las listrik yang memasok filler elektroda secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler elektroda dan metal induk. Gas pelindungnya juga sama-sama menggunakan karbon dioksida CO₂. Biasanya, pada mesin las FCAW ditambah robot yang bertugas untuk menjalankan pengelasan biasa disebut dengan super anemo.

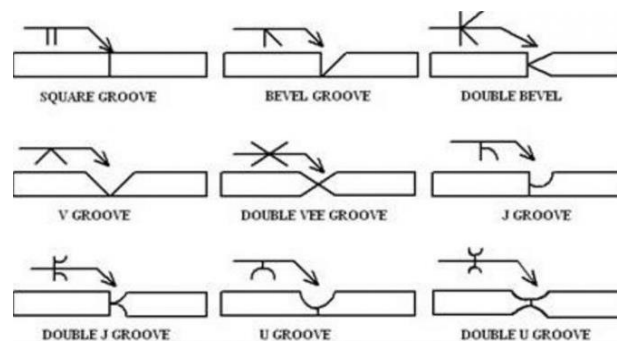
Flux cored arc welding atau las busur berinti flux mirip dengan proses las GMAW, yaitu menggunakan elektroda solid dan tubular yang diumpankan secara kontinyu dari sebuah gulungan. Elektroda diumpankan melalui gun atau torch sambil menjaga busur yang terbentuk diantara ujung elektroda dengan base metal. FCAW menggunakan elektroda dimana terdapat serbuk flux di dalam batangnya. Butiran-butiran dalam inti kawat ini menghasilkan sebagian atau semua shielding gas yang diperlukan. Jadi berlawanan dengan GMAW, dimana seluruh gas pelindung berasal dari sumber luar. FCAW bisa juga menggunakan gas pelindung tambahan, tergantung dari jenis elektroda, logam yang dilas, dan sifat dari pengelasan yang dikerjakan.

3. Kampuh pengelasan

Kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang akan di isi logam las, kampuh las awalnya adalah berupa hubungan las dengan menggunakan alur kampuh dikategorikan kedalam sambungan las tumpul. Sambungan las tumpul adalah sambungan yang paling efisien. Jenis sambungan pengelasan adalah tipe sambungan material atau pelat yang digunakan untuk proses pengelasan. Jenis sambungan las mempunyai beberapa macam yang terjadi jenis sambungan utama yaitu Butt joint, Fillet (T) joint, Corner joint, Lap joint, dan Edge joint.

a. Butt joint

Sambungan Butt joint adalah jenis sambungan tumpul, dalam aplikasinya sambungan ini terdapat beberapa macam jenis kampuh atau groove yaitu V groove (Kamouh V), single bevel, J groove, U groove, Square groove untuk melihat macam macam kampuh las lebih detail silahkan lihat gambar berikut ini:

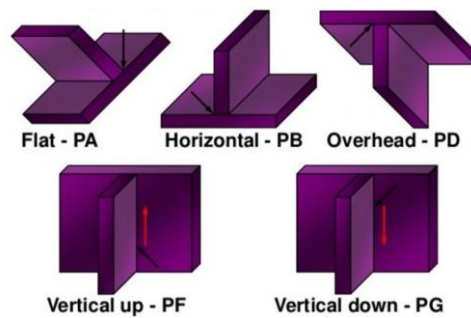


Gambar 2.6 Macam-macam Bentuk Kampuh Pada Butt Joint

Sumber : <https://www.pengelasan.net/sambungan-las/>

b. T (Fillet) Jont

T joint adalah jenis sambungan yang berbentuk seperti huruf T, tipe. Sambungan ini banyak diaplikasikan untuk pembuatan konstruksi atap, konveyor dan jenis konstruksi lainnya. Untuk type groove juga terkadang digunakan untuk sambunga fillet adalah double bevel, namun hal tersebut sangat jarang kecuali pelet atau material sangan tebal. Berikut ini Gambar sambungan T pada pengelasan.

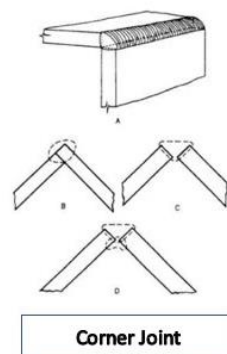


Gambar 2.7 Macam-macam Sambungan T (Fillet) Joint

Sumber : <https://www.pengelasan.net/sambungan-las>

c. *Corner Joint*

Corner Joint mempunyai desain sambungan yang hampir sama dengan T joint, namun yang membedakannya adalah letak dari materialnya. Pada sambungan ini materialnya yang disambung adalah bagian ujung dengan ujung. Ada dua jenis *corner joint*, yaitu close dan open. Untuk detailnya silahkan lihat pada gambar berikut di bawah ini:

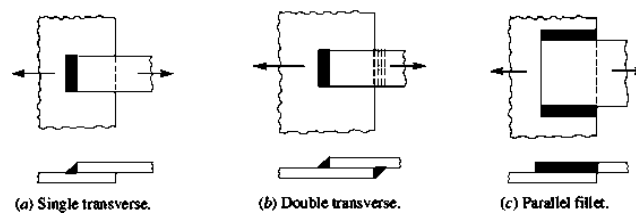


Gambar 2.8 Sambungan *Corner Joint*

Sumber : <https://www.pengelasan.net/sambungan-las>

d. *Lap Joint*

Tipe sambungan las yang sering digunakan untuk pengelasan spot atau seam. Karena materialnya ini tumpuk atau susun sehingga sering digunakan untuk aplikasinya pada bagian body kereta dan cenderung untuk pelat .



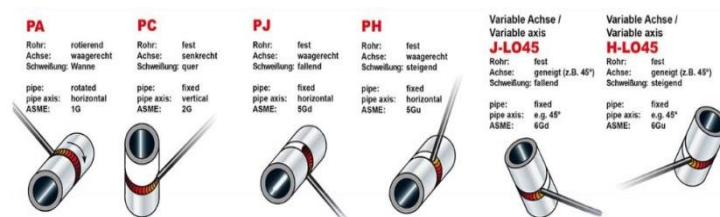
Gambar 2.9 Sambungan *Lap Joint*

Sumber : <https://www.pengelasan.net/sambungan-las>

4. Posisi Pengelasan

Jenis jenis posisi Las :

- a. PF / 5G (Posisi pengelasan vertikal up sumbu mendatar namun pipa tidak dapat diputar dengan arah pengelasan naik).
- b. PG / 5G (Posisi pengelasan vertikal down sumbu mendatar namun pipa tidak dapat diputar dengan arah pengelasan turun).



Gambar 2. 10 Posisi las

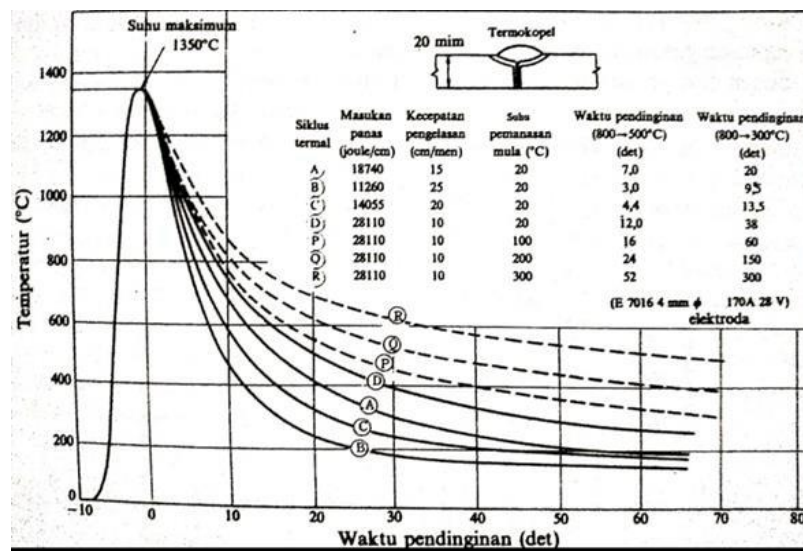
Sumber : <https://slv.co.id/wp-content/uploads/2022/05/Posisi-Pengelasan-03.jpg>

Pengelasan-03.jpg

5. Siklus Termal Daerah Las

Daerah lasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas yang dalam bahasa inggrisnya "*Heat Affected Zone*" dan disingkat menjadi HAZ, dan logam induk yang tak terpengaruhi logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Daerah pengaruh panas atau daerah HAZ adalah logam dasar yang disebelahkan dengan logam las selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat. Logam induk tak terpengaruhi adalah bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Disamping ketiga pembagian utama tersebut masih terdapat satu daerah khusus yang membatasi antar logam las dan daerah pengaruh panas, yang disebut batas las. Dalam membahas siklus termal daerah lasan hal-hal yang perlu di bahas meliputi proses pembekuan, reaksi yang terjadi dari struktur mikro yang terbentuk yang masing-masing yang dibahas sendiri. Siklus termal las adalah proses pemanasan dan pendinginan di daerah lasan, lamanya pendinginan dalam satu daerah temperatur tertentu dari sesuatu siklus termal las sangat mempengaruhi kualitas sambungan, karena itu banyak sekali usaha-usaha pendekatan untuk menentukan lamanya pendinginan tersebut. Pendekatan ini biasanya dinyatakan dalam bentuk rumus empiris. Struktur mikro dan sifat mekanis dari HAZ sebagian besar tergantung dari lamanya pendinginan dari temperatur 800°C.

sedangkan retak dingin, dimana hidrogen memegang peranan penting, terjadi sngat tergantung oleh lamanya pendinginan dari temperatur 800°C sampai 300°C atau 100°C



Gambar 2.11 Siklus Termal Dalam Las Busur Tangan

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura, 2008.

Teknologi Pengelasan Logam.jakarta : PT Balai Pustaka (persero)

6. Kelebihan dan Kelemahan Las MIG (Metal Inert Gas)

a. Kelebihan Las MIG (Metal Inert Gas)

Penggunaan Las MIG (Metal Inert Gas) dalam berbagai pengelasan memiliki beberapa kelebihan antara lain dapat disebutkan berikut ini:

- 1) Sangat efisien dan proses pengerjaan yang cepat
- 2) Dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan (welding positif)
- 3) Tidak menghasilkan slag atau terak,layaknya terjadi pada las

SMAW

- 4) Memiliki angka deposisi (deposition rates) yang lebih tinggi dibandingkan SMAW
 - 5) Membutuhkan kemampuan operator yang baik
 - 6) Proses pengelasan MIG (metal inert gas)sangat cocok untuk pekerjaan konstruksi
 - 7) Membutuhkan sedikit pembersihan post-weld
- b. Kelemahan Las MIG (Metal Inert Gas)

Pada proses pengelasan MIG (Metal Inert Gas) memiliki beberapa kelemahan , antara lain :

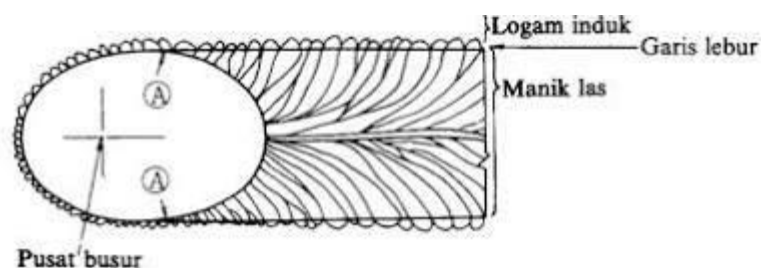
- 1) Wire-feeder yang memerlukan pengontrolan yang kontinu
- 2) Sewaktu waktu dapat terjadi Burnback
- 3) Cacat las porositasering terjadi akibat penggunaan kualitas gas pelindung yang tidak baik.
- 4) Busur yang tidak stabil, akibat ketrampilan operator yang kurang baik.
- 5) Pada awalnya set-up pengelasan merupakan permulaan yang sulit

7. Pembekuan dan skruktur logam las

Dalam pengelasan cair bermacam-macam cacat terbentuk dalam logam las, misalnya pemisahan atau segregasi, lubang halus dan retak. Banyaknya dan macam cacat yang terjadi tergantung dari pada kecepatan pembekuan. Semua kejadian selama proses pendinginan dalam pengelasan 10 hampir sama dengan pendinginan dalam pengecoran. Perbedaanya adalah:

- a. Kecepatan pendinginan dalam las lebih tinggi.
- b. Sumber panas di dalam las bergerak terus.
- c. Dalam proses pengelasan, pencairan dan pembekuan terjadi secara terus menerus.
- d. Pembekuan logam las mulai dari dinding logam induk yang dapat dipersamakan dengan dinding percetakan pada pengecoran, hanya saja dalam pengelasan, logam lasa harus menjadi satu dengan logam induk, sedangkan dalam pengecoran yang terjadi harus sebaliknya.

Dalam gambar 2.2 ditunjukkan secara skematik proses pertumbuhan dari kristal-kristal logam las berbentuk pilar. Titik A dari gambar tersebut adalah titik mula dari struktur pilar yang selalu terletak dalam logam induk. Titik ini tumbuh dengan garis lebur dengan arah yang sama dengan gerakan sumber panas. Pada garis lebur sebagian dari logam dasar turun mencair dan selama proses pembekuan logam las tumbuh butir-butir logam induk dengan sumbu kristal yang sama



Gambar 2.12 Arah Pembekuan Dari Logam

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura, 2008.

Teknologi Pengelasan Logam, Jakarta : PT Balai Pustaka (persero)

8. Ketangauhan Logam Las

Tidak perlu di jelaskan lagi bahwa ketangguhan logam las juga tergantung dari strukturnya seperti halnya pada logam induk dan ada batas las. Hanya saja logam las adalah logam yang ada dalam proses pengelasan mencair dan kemudian membeku. Sehingga logam las ini banyak sekali mengandung oksigen dan gas-gas lain. Komposisi gas ini sudah barang tentu tergantung dalam proses pengelasan yang digunakan, tetapi dapat diprkirakan bahwa komposisinya akan terdiri dari komponen logam induk dan komponen logam las yang digunakan.

Karena itu dalam menganalisa ketangguhan logam las harus di perhatikan pengaruh unsur lain yang terserap selama proses pengelasan, terutama oksigen, dan pengaruh struktur dari skrukturnya sendiri.

a. Pengaruh oksigen

Pada waktu logam las masih cair, oksigen dihalangi oleh terak dan gas pelindung yang terbentuk oleh bahan pembungkus elektroda. Tetapi walaupun demikian penyerapan oksigen oleh logam las cair tidak dapat dihalangi sepenuhnya, sehingga logam las mengandung lebih banyak oksigen dibandingkan dengan logam induk, sehingga terjadi perbedaan keuletan antara keduanya .

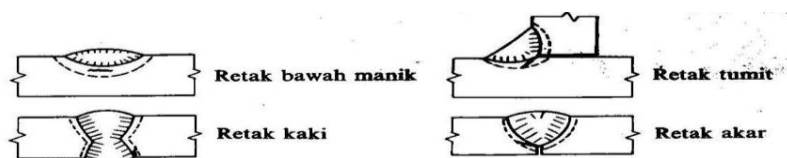
Pada umumnya oksigen akan membentuk butiran oksida dalam las dan menurunkan kekuatan tumbuk charpy, sama halnya seperti oksigen, nikrogen juga di perkirakan banyak terserap kedalam logam las dan ini pun menyebabkan bekurangnya

ketangguhan, pada umumnya, pada dalam busur gas, banyaknya oksigen yang terserap tergantung dari macam gas pelindungnya. Dalam las pada pelindung gas argon, kadar oksigen yang terserap sangat rendah, sedangkan dalam pelindung CO₂, oksigen yang terserap lebih tinggi. Dalam pengelasan manual dan pengelasan busur rendam, kandungan oksigen dalam logam las sangat tergantung dari bahan selubung dan kebiasaan dari fluks.

9. Retak Pada Daerah Las

a. Jenis Retak Las

Retak las dapat di bagi dua kelompok yaitu kelompok retak dingin dan kelompok retak panas. Retak dingin adalah retak ter terjadi di daerah las pada suhu di bawah suhu transformasi martensit (M_s) yang 22 tingginya kira-kira 300°C, sedangkan retak panas adalah retak yang terjadi pada suhu di atas 550°C retak dingin terjadi tidak hanya pada daerah HAZ, tetapi juga pada logam dapat dilihat dalam gambar 2.4 retak dingin utama pada daerah ini retak bawah daerah manik las retak akar dan retak kaki. Sedangkan retak dingin pada logam las biasanya adalah retak memanjang dan melintang.

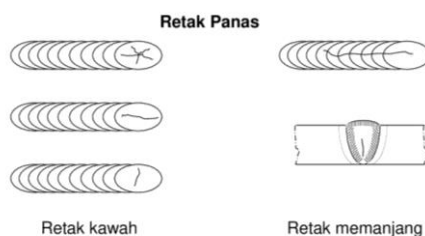


Gambar 2.13 Retak Dingin

Sumber : Harsono Wiryosumanto, Toshi Okumura. 2008

Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (persero)

Retak panas di bagi menjadi dua kelas yaitu retak karena perbedaan tegangan pada daerah pengaruh panas yang terjadi pada suhu 550°C-700°C dan retak yang terjadi pada suhu di atas 900°C yang terjadi pada peristiwa pembekuan logam las. Retak panas yang sering terjadi pada logam las karena pembekuan biasanya terbentuk retak bawah, dan retak memanjang, pada pengelasan baja tahan karat austenit, biasanya terjadi retak panas di daerah HAZ dan logam las, retak panas karena pembebasan tegangan pada umumnya terjadi pada daerah kaki di dalam daerah pengaruh panas



Gambar 2.14 Retak Panas

Sumber : Harsono Wirjosumarto, Toshi Okumura. 2008.
Teknologi Pengelasan Logam Jakarta : PT Balai Pustaka
(persero)

10. Penyebab Retak Las Dan Cara Menaggulangi

a. Retak dingin di daerah pengaruh panas (HAZ)

Retak dingin di daerah pengaruh panas (HAZ) biasanya terjadi antara beberapa menit sampai 48 jam sesudah pengelasan, karena itu retak ini disebut juga retak lambat retak dingin disebabkan oleh tiga hal berikut:

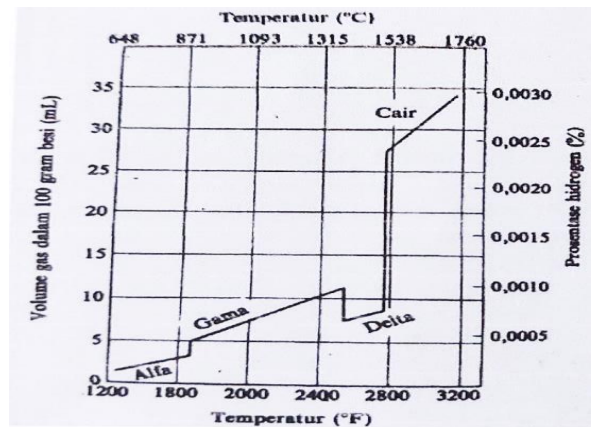
1.) Struktur daerah pengaruh panas (HAZ)

Struktur dari daerah pengaruh panas di tentukan oleh komposisi kimia dari logam induk dan kecepatan pendingin dari daerah las. Retak dingin di daerah HAZ dalam pengelasan baja biasanya terjadi pada daerah mertensit. Karena itu kadar dari unsur paduan yang mempertinggi sifat mampu keras baja harus di usahakan serendah mungkin. Pengaruh dari unsur paduan terhadap kepekaan retak dingin dari daerah HAZ biasanya dapat dilihat dari harganya ekivalen karbon dari unsur-unsur yang di kandung (Cek) dan harga parameter retak (PCM). Dalam hal ini bila harga dalam cek dan PCM turun, maka kepekaan terhadap retak dingin dari pengaruh panas juga turun kekuatan baja yang karena turunya cek dan PCM dapat di perbaiki dengan mengatur jenis dan banyaknya unsur yang dicampurkan pada waktu pembuatan baja, selain itu dapat juga di perbaiki dengan memilih kondisi pengerolan, misal di lakukan 24 suhu rendah atau memilih dan mengatur proses perlakuan panas yang di gunakan .

2.) Hidrogen difusi dalam daerah las

Retak las juga dapat pegaruhi oleh adanya difusi hidrogen dari logam las kedalam daerah pengaruh panas, pada waktu logam las mencir, logam ini menyerap hidrogen dengan jumlah besar yang dilepaskan dengan cara difusi pada suhu rendah

karena pada suhu tersebut kelarutan hidrogen menurun, hidrogen yang didifusikan ini menyebabkan terjadinya retak di daerah pengaruh panas.



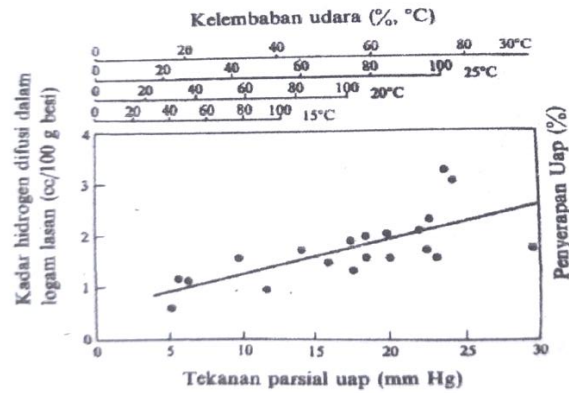
Gambar 2.15 Kelarutan Hidrogen Dalam Besi Pada Tekanan 1 atm

Sumber : Harsono Wiryosumanto, Toshi Okumura, 2008.

Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (persero)

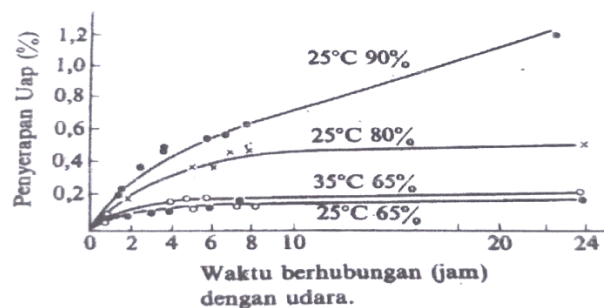
Sumber dari hidrogen yang diserap adalah air dan zat organik yang terkandung dalam fluks atau kelembaban udara atmosfer. Disamping itu minyak, zat organik dan air yang melekat pada ronggarongga dan permukaan pelat atau las kawat juga merupakan sumber hidrogen difusi dalam logam las serta hubungan antar tekanan parsial uap air dalam atmosfer hidrogen difusi dalam logam las serta hubungan antar lamanya elektroda di atmosfer dan kadar uap dalam fluks ditunjukkan gambar 2.8 dan 2.9 dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa bila elektroda terlalu lama diletakkan di luar, fluks akan menghisap uap air dan

akibatnya logam yang dilas dengan elektroda kepekan terhadap retak las akan naik.



Gambar 2.16 Pengaruh Udara Terhadap Kadar Hidrogen Difusi

Sumber : Harsono Wirjosumanto, Toshi Okumura, 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)



Gambar 2.17 Penyerapan Uap Oleh Elektroda Terbungkus

Sumber : Harsono Wirjosumanto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan logam : PT Balai Pustaka (persero)

Usaha untuk menghindari retak las dapat dilakukan dengan menghilangkan sumber hidrogen dan melepaskan hidrogen yang telah diserap. Untuk hal ini dilakukan menurunkan kecepatan pendinginan dengan memberikan pemanasan mula pada temperatur antara 50 sampai 200°C kemudian pada temperatur antara 200°C sampai 300°C dalam usaha mengurangi hidrogen difusi ini dapat juga digunakan fluks yang mengandung banyak karbonat, dengan fluks ini akan dihasilkan gas carbon dioksida yang dapat menurunkan tekanan parsial hidrogen di dalam busur listrik yang dengan sendirinya akan mengurangi hidrogen difusi.

3.) Tegangan

Tegangan yang dapat mempengaruhi terjadinya retak las adalah tegangan sisa dan tegangan termal, tegangan sisa banyak sekali tergantung pada rancangan las, proses pengelasan yang digunakan dan pengawasan, kenaikan dalam tebal plat akan mempertinggi besarnya tegangan sisa akan menyebabkan terjadi retak las. Untuk menghindari retak las dalam las sudut pada pengelasan baja dengan kepekaan retak baja yang tinggi dapat digunakan elektroda terbungkus yang mempunyai logam las dengan kekuatan rendah dan keuletan yang tinggi.

4.) Cara Menghindari Retak Las

Sebab antara dari terjadinya retak las seperti telah diterapkan diatas adalah terbentuknya struktur martensit pada daerah HAZ. Terjadi hidrogen difusi pada logam las dan besarnya tegangan yang bekerja pada daerah las, karena itu di dalam menghindari terjadinya retak las pada daerah pengaruh panas, maka faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya hal-hal yang diatas harus diusahakan serendah-rendahnya. usaha penanggulangan retak las dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a) Sejauh mungkin menggunakan baja dengan harga Cek dan PCM rendah , sehingga terbentuknya struktur mertensit pada daerah HAZ dapat dihindari.
- b) Sedapat mungkin menggunakan elektroda dengan fluks yang mempunyai kadar hidrogen rendah.
- c) Menghilangkan kristal air yang terkandung dalam fluks basa yang sering di ggunakan dalam las busur rendah.
- d) Elektroda yang di gunakan harus dipanggang lebih dahulu dan penyimpanan harus sedemikian rupa sehingga elektroda yang sudah di panggang tersebut tidak menyerap uap air
- e) Sebelum mengelas, pada daerah sekitar kampus harus di bersihkan dari air, karat, debu, minyak dan zat oeganik yang dapat menjadi sumber hidrogen.

- f) Pengguna CO₂, sebagai gas pelindung akan sangat mengurangi terjadinya difusi hidrogen
- g) Untuk melepaskan kadar hidrogen difusi dapat digunakan las dengan masukan panas tinggi, atau dilakukan pemanasan mula dan penahanan suhu lapisan las yang dapat memperlambat pendinginan.
- h) Penurunan kadar hidrogen difusi dapat juga dilakukan dengan perlakuan panas kemudian
- i) Menghindari pengelasan pada waktu hujan atau tempat dimana daerah las dapat kebasahan.
- j) Tegangan yang terjadi pada daerah las harus diusahakan serendah mungkin dengan pemilihan dan pengawasan rancangan dan cara pengelasan yang tepat.

5.) Retak Lamel

Pada konstruksi kerangka yang besar seperti bangunan laut, biasanya digunakan plat tegal, sehingga pada saeah las terjadi tegangan yang besar pula, karena tegangan ini kadang-kadang terjadi retak berumpak yang menjalar sepanjang butiran bukan logam yang ada di dalam baja. Butiran dengan bentuk kubus seperti MnS atau Mn Si O₃ biasanya lebih peka terhadap retak lamel dari pada butiran berbentuk bulat. Karena hal tersebut, maka pada baja tahan retak biasanya kadar belerang diusahakan serendah-rendahnya, penambahan unsur Ce atau Ca pada baja

dapat membentuk butiran bukan logam yang berbentuk bulat, sehingga mengurangi kepekaan baja terhadap retak lamel disamping mengurangi kadar S, dapat juga dilakukan dengan penambahan Ce dan Ca. Sifatnya yang khusus, retak kamel juga mempunyai sifat seperti retak las pada umumnya, karena itu retak lamel disamping sangat dipengaruhi oleh bentuk butir bukan logam, juga dipengaruhi oleh harga C_{eq} dan PCM kadar hidrogen difusi dan tegangan sisa.



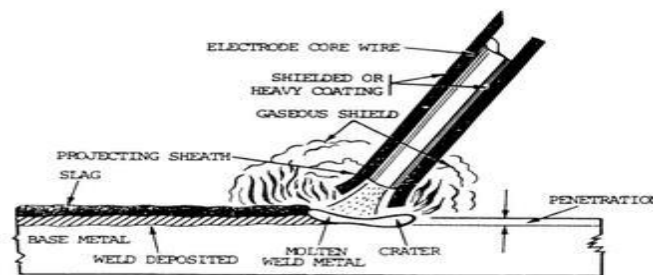
Gambar 2.18 Retak Lamel yang Dimulai Dari Retak Akar

Sumber : Harsono Wiryosumanto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (persero)

b. Pengelasan SMAW

Proses pengelasan (welding) merupakan salah satu proses penyambungan material. Adapun untuk definisi dari proses pengelasan yang mengacu pada AWS (American Welding Society), proses pengelasan adalah proses penyambungan antara metal dan non-metal yang menghasilkan satu bagian yang menyatu, dengan memanaskan material yang akan disambung sampai pada suhu pengelasan tertentu, dengan atau tanpa penekanan, dan dengan tanpa loga pengisi. Meskipun dalam proses penyambungan, tetapi juga bisa berupa proses pemotongan dan brazing. Proses pengelasan

dibedakan menjadi beberapa jenis, dan SMAW merupakan salah satu proses pengelasan yang umum digunakan, utamanya pada pengelasan singkat dan produksi, pemeliharaan, perbaikan dan untuk bidang konstruksi. SMAW (Shielded Metal Arc Welding) adalah proses pengelasan dengan mencairkan material menggunakan panas dari listrik antara penutup metal (elektroda).



Gambar 2.19 Proses pencairan Elektroda

Sumber : Dwi Kurniawan, 2019

Adapun keuntungan dan kelemahan pengelasan SMAW antara lain:

1) Keuntungan

Bisa di pakai dimana saja di luar, di bengkel, di dalam air.

- a) Bisa mengelas berbagai macam tipe dari material.
- b) Set-up yang cepat dan sangat mudah untuk diatur.
- c) Dapat di pakai mengelas semua posisi.
- d) Elektroda bisa didapat dalam banyak ukuran dan diameter.
- e) Kebisingan rendah (rectifier).
- f) Peralatan mudah di bawa kemana-mana.
- g) Tidak terlalu sensitif terhadap korosi, oli dan gemuk.

2) Kelemahanya

- a) Pengelasan terbatas hanya samapi sepanjang elektroda saja dan harus melakukan penyambungan .
- b) Setiap akan melakukan pengelasan berikutnya holder harus dibersihkan.
- c) Tidak dapat digunakan untuk pengelasan bahan baja non-ferro.
- d) Mudah terjadi oksidasi akibat pelindung logam cair hanya busur las dari fluks.
- e) Diameter kawat elektroda tergantung dari tebal pelat dan posisi pengelasan. (Moh. Ali Rosyidi, 2020).

11. Baja

Baja adalah salah satu logam ferro yang banyak digunakan dalam dunia teknik dan industri. Kandungan baja yang utama diantaranya yaitu besi dan karbon. Kandungan besi (Fe) pada baja sekitar 97% dan karbon

(C) sekitar 0,2% hingga 2,1% sesuai *grade*-nya. Selain unsur besi (Fe) dan karbon (C), baja mengandung unsur lain seperti mangan (Mn) dengan kadar maksimal 1,65%, silikon (Si) dengan kadar maksimal 0,6%, tembaga (Cu) dengan kadar maksimal 0,6%, sulfur (S), fosfor (P) dan lainnya dengan jumlah yang dibatasi dan berbeda-beda (Wulandari, 2011).

Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Baja

karbon ini dikenal sebagai baja hitam karena berwarna hitam, banyak digunakan dari peralatan dapur, transportasi, generator, sampai kerangka gedung dan jembatan. Kandungan karbon dan unsur paduan lainnya yang divariasikan berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun disisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*) (Anonim A, 2015).

Menurut ASM Handbook Vol.1:329 (1993), baja dapat dijelaskan berdasarkan komposisi kimianya seperti kadar karbon dari paduan yang digunakan. Berikut ini klasifikasi baja berdasarkan komposisi kimianya:

a. Baja Karbon

Baja merupakan salah satu jenis logam ferro dengan unsur *carbon (C)*, *sulfur (S)*, *fosfor (P)*, *silikon (Si)*, *mangan (Mn)*, dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh prosentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas

b. Komposisi baja.

Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk *karbid* yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu baja. Perbedaan *prosentase* karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. (Edih

Supardi, 1999) Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

1) Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur *martensit* (Amanto, 1999).

2) Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) mengandung karbon 0,3%C – 0,6%C dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah (Amanto, 1999).

3) Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) mengandung 0,6%C – 1,5%C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, hampir tidak dapat diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon

tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya *martensit* sehingga membuat baja menjadi getas. Sifat mekanis baja juga dipengaruhi oleh cara mengadakan ikatan karbon dengan besi.

Baja adalah paduan logam besi dan karbon yang kemungkinan juga terdiri dari konsentrasi unsur-unsur paduan logam yang lain. Ada beribu-ribu paduan logam, yang mempunyai heat treatment dan komposisi yang berbeda-beda. Sifat mekanis berbeda berdasarkan pada kandungan karbon, yang mana secara normal kurang dari 1.0 % berat. Sebagian dari baja biasanya digolongkan menurut kadar karbon, yakni ke dalam kandungan karbon rendah (< 0.25 % berat C), medium (antara 0.25-0.60 % berat C), dan jenis karbon tinggi (antara 0.60-1.4 % berat C).

12. Elektroda

Elektroda adalah teras logam yang dicampuri dengan campuran Zat kimia, elektroda ini di gunakan dengan las listrik secara manual dan elektroda sendiri berfungsi sebagai pencair yang menimbulkan busur cair yang sekaligus sebagai bahan penambah logam yang di las dan berpadu satu sama lain. Elektroda di rancang supaya bisa di pakai pada beberapa posisi yang berbeda baik posisi di bawah, mendatar (horizontal) tegak lurus (vertikal), dan posisi diatas, setiap juru las (*welder*) harus menguasai secara rinci jenis elektroda apa yang tepat

untuk melakukan suatu jenis pengerjaan pengelasan, semua berdasarkan pengalaman dan kebiasaan dan perasaan (khusus dalam menentukan arus listrik yang pas untuk suatu pengerjaan pengelasan) walaupun sudah ada ketentuan arus yang digunakan pada ketebalan suatu logam dan diameter elektrodanya.

Elektroda (kawat las) harus memiliki kode spesifikasi yang dapat kita lihat pada kardus pembungkusnya. Oleh karena itu saat ini mari kita belajar memahami arti kode pada elektroda (kawat las) khususnya tipe SMAW.

Dalam perdagangan elektroda baja karbon (*Mild steel*) dan kawat las baja campuran (*Alloy steel*) diberi tanda tangan empat nomer yang didahului dengan huruf E. Huruf E ini menandakan jenis batang las yang berupa sistim busur nyala listrik dengan tangan (manual) pada elektroda SMAW, arti angka-angka yang tercantum pada elektroda contohnya AWS E7016 mempunyai arti sebagai berikut:

E = Elektroda jenis las SMAW.

70 = kekuatan tarik minimum 70.000 lb/m^2 atau 42 kg/mm^2 .

1 = dapat di pakai untuk pengelasan segala posisi.

6 = jenis selaput, penetrasi busur, arus las (AC, DCP,DCRP) daya tembus lemah.

Spesifikasi elektroda terbungkus untuk *Alloy Steel* diatur pada AWS A5.5 empat digit pertama sama pembacanya dengan kode untuk *Mild*

Steel diikuti dengan garis (*dash*) dan huruf serta angka sebagai unsur paduan.

- a. Ditambah unsur *carbon molydenum*.
- b. Ditambahkan unsur *chromium molybdeum*.
- c. Ditambahkan unsur *nckel steel*.
- d. Ditambahkan unsur *manganese Molybdeum*.
- e. Ditambahkan unsur lainnya.
- f. Akhir kode menunjukkan ketahanan terhadap serapan uap (*moisturepickup*) (80% humidity) 80°F, 9 jam.

13. Pengujian Dalam Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan tiga pengujian yaitu pengujian tarik, pengujian impact, pengujian bending terhadap material ST30. Berikut adalah teori tentang pengujian yang akan dilaksanakan:

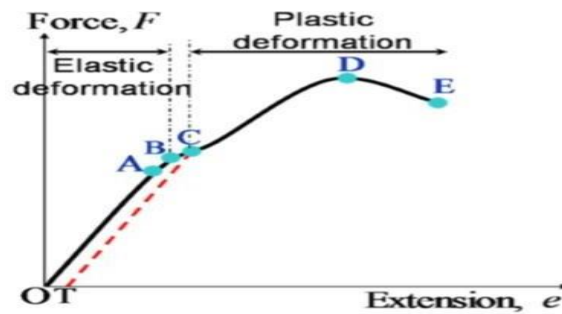
a. Pengujian Tarik

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat mekanik yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan konstruksi dan proses manufaktur. Setiap material dan bahan mempunyai sifat (kekerasan, kelenturan, dan lain-lain) yang berbeda-beda. Untuk mendapat mekanik yang suatu material maka diperlukan suatu pengujian, salah satu pengujian yang sering dilakukan yang itu uji tarik (*tensile test*). Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui tingkat kekuatan suatu material dan untuk mengenali karakteristik pada material tersebut. Terdapat ada beberapa spesimen pada uji

tarik. Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan (*tensile strenght*) suatu meterial dengan cara memberikan beban (gaya statis) yang sesumbu dan diberikan secara lambat atau cepat. Diperoleh dari hasil sifat mekanik dari pengujian ini berupa kekuatan dan elatisitas dari material (Firmansyah,2020)

Pada prinsipnya pengujian tarik itu pada las itu ada 2 yaitu:

- 1) Uji tarik transversal yaitu memberikan tentang efisiensi sambungan (*joint effsiency*) tetapi tidak menggambarkan keuletan las. ini disebabkan karena regangan pada arah tranversal tidak merata akan tetapi terkonsentrasi didaerah ulet pada logam las.
- 2) Uji tarik longitudinal yaitu uji tarik yang menyebabkan terjadinya regangan yang berseragam pada logam las induk sampai terjadinya perpatahan pemberian bebab. Spesimen akan diberi beban ujian aksial yang semangkin besar secara kontinyu. Akibat dari perbedaan aksial tersebut, spesimen akan mengalami perubahan panjang. Perubahan beban (P) dan perubahan panjang (ΔL) tercatat pada mesin uj tarik berupa grafik, yang merupakan fungsi beban dan pertambahan panjang dan disebut sebagai P- ΔL dan kemudian dijadikan grafik stress-strain yang menggambarkan sifat bahan secara umum seperti gambar berikut ini :



Gambar 2.20 Grafik Hasil pengujian tarik

Sumber : Firmansyah,2020

Keterangan :

A = Titik proporsionalitas

B = Titik elastis

C = Titik yield

D = Titik maksimum

E = Titik patah

Dari gambar diatas tampak bahwa sampai titik A perpanjangan sebanding dengan pertambahan beban. Pada daerah inilah berlaku hukum Hooke, sedangkan titik C merupakan batas berlakunya hukum tersebut. Oleh karena itu titik A di sebut juga batas proporsional. Sedikit diatas

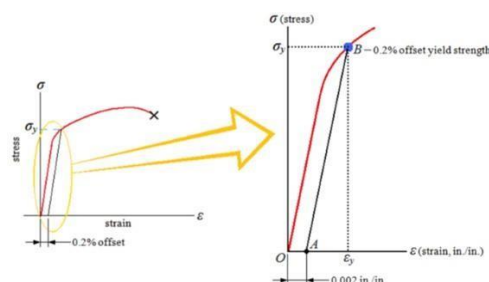
Titik A terdapat Titik B yang merupakan batas elastis dan dimana bila beban di hilangkan maka belum terjadi pertambahan panjang permanen dan spesimen kembali kepanjang semula.

Daerah di bawah Titik B disebut daerah elastis. Sedangkan diatasnya disebut daerah plastis, diatas titik B terdapat titik C

yang merupakan titik yield (luluh) yakni dimana logam mengalami pertambahan panjang tanpa pertambahan beban yang berarti. Titik yield merupakan keadaan dimana spesimen terdeformasi dengan beban minimum.

Pada kenyataannya karena perbedaan antara ketiga titik A, B dan C sangat kecil maka untuk menghitung teknik seringkali keberadaan ketiga titik tersebut cukup diwakili dengan titik C saja. Dalam kurva titik yield ditunjukkan pada bagian kurva yang mendatar atau beban relatif tetap. Titik C ini tidak sama untuk semua logam. Pada material yang ulet misalkan besi murni dan baja karbon rendah, titik C sangat amat jelas. Namun pada umumnya penampakan titik C tidak amat jelas.

Metode offset. Untuk kasus seperti ini cara menentukan titik Y dengan menggunakan metode offset. Metode offset dilakukan dengan cara menarik garis lurus yang sejajar dengan garis miring pada daerah proporsional dengan jarak 0,2% dari regangan maksimal. Titik yield didapat pada perpotongan garis tersebut dengan kurva σ - ϵ seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.21 Metode offset untuk menentukan titik yield

Sumber : Firmansyah, 2020

Langkah kerja Uji Tarik (Tensile Test):

Urutan langkah kerja yang dilakukan dalam pengujian ini:

Menyiapkan spesimen. Langkah yang dilakukan dalam menyiapkan spesimen adalah: - ambil spesimen dan jepit pada ragum. - siapkan kikir. - dan kikir bekas machining pada spesimen yang memungkinkan menyebabkan salah ukur. - ulangi langkah di atas untuk seluruh spesimen.

Pembuatan gauge length. Langkah dilakukan dalam pembuatan gauge length adalah: - menyiapkan penitik dan tandai spesimen dengan kedua titikan sejauh 60 mm untuk spesimen plate bar dan round bar. Sedangkan untuk beton nesor gauge lengthnya 8 x diameter. Dimana gauge length untuk beton nesor kami memperoleh : $\ell = 78.40$ mm $m = 177.38$ gram $\rho_{\text{baja}} = 0,00785$ gram/mm³ $d = \sqrt{((4 m)/(\pi \rho l))}$ $d = \sqrt{((4 \times 177.38)/(\pi 0,00785 \times 78.40))} = 9,816$ mm Sehingga gauge length beton nesor $\ell_0 = 8 \times 9,816 = 78,526$ mm Ulangi langkah di atas untuk seluruh spesimen.

Pengukuran dimensi langkah dilakukan dalam pengukuran dimensi adalah :

1. Ambil spesimen dan ukur dimensinya.
2. Catat jenis spesimen dan data pengukuran dalam lembar kerja.
3. Ulangi langkah diatas untuk semua komponen.

Pengujian pada mesin uji tarik, langkah yang dilakukan dalam pengujian pada mesin uji tarik adalah:

- 1) Catat data mesin pada lembar kerja.
- 2) Ambil kertas milimeter dan pasang pada tempatnya.
- 3) Ambil spesimen dan letakkan pada tempatnya secara tetap.
- 4) Setting beban dan pencatat grafik pada mesin tarik.
- 5) Berikan beban secara kontinyu sampai spesimen patah.
- 6) Catat besarnya beban pada saat yield, ultimate dan ketika patah yang nilainya tampak pada monitoring beban.
- 7) Setelah patah, ambil spesimen dan ukur panjang dan luasan penampang yang patah.
- 8) Ulangi langkah diatas untuk seluruh spesimen. Untuk mengujian pada mesin uji tarik bisa dilihat pada gambar dibawah ini.

Pada mesin tarik mekanik, gaya tarik diberikan pada sistem mekanik roda – roda di gerakan oleh tangan atau tenaga listrik. Kapasitas jenis ini biasanya relatif rendah, contoh jenis mesin tarik mekanik dapat dilihat pada mesin tarik hidrolik, gaya tarik dihasilkan oleh tekanan minyak pada plunger didalam silindernya. Kapasitas mesinnya jenis ini biasanya relatif besar dan secara universal sehingga dapat digunakan untuk bermacam-macam pengujian diantaranya : uji tarik,(Afif Afandi, Teknik Mesin UI). Mekanik kekuatan tarik dapat diukur dengan rumus :

L = Lebar (mm)

P = Panjang (mm)

Beban tarik = p (N)

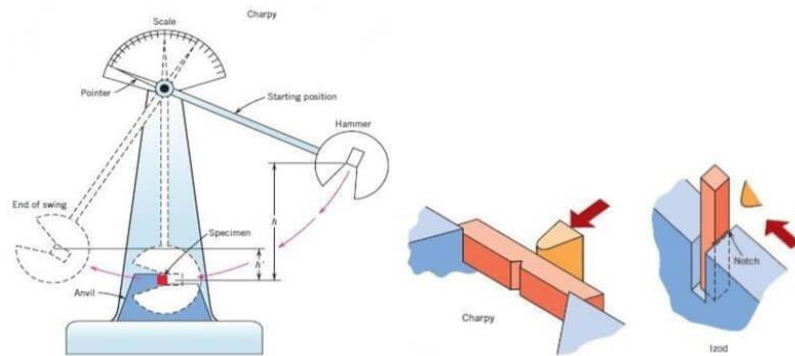
Luas penampang = $A_0 = P \times L$

$$\text{Kuat tarik : } \sigma_t = \frac{p}{A_0} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

b. Pengujian impact

Uji impact adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat. Dalam pengujian impact terdapat perbedaan dalam pemberian jenis beban kepada material. Uji tarik, uji tekan, uji puntir adalah pengujian yang menggunakan uji statik, sedangkan uji impact menggunakan uji dinamik. Pada pembebanan cepat itu disebut juga beban impact, terjadi proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik suatu beban yang menumbuk ke spesimen. Proses penyerapan energi ini akan diubah dalam berbagai respon pada material seperti deformasi plastis, efek isterisis, gesekan dan efek inersia. (R, Pranomo, 2016)

Ada dua teknik uji impact standar yaitu charpy dan izod. Pengujian ini bertujuan untuk menguji kecenderungan logam untuk patah getas dan untuk mengukur energy impact atau istilah lainnya disebut *notch toughness* (mengukur ketangguhan terhadap adanya tarik.) Teknik charpy V-notch (CVN) adalah teknik yang paling banyak digunakan. (Firmansyah, 2020)



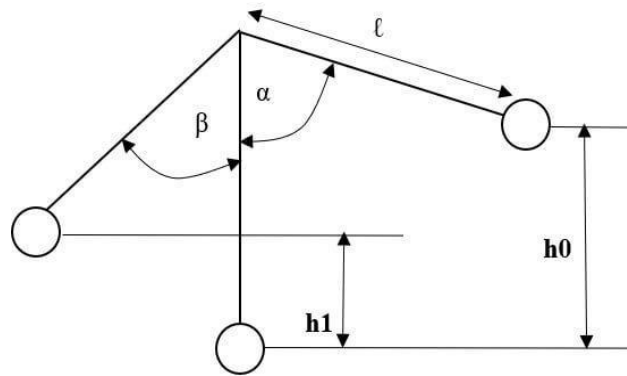
Gambar 2.22 Uji Impak Teknik Izod Dan Charpy

Sumber : Firmansyah, 2020.

Tujuan Impak Test

Impak test bertujuan untuk melihat efek-efek yang ditimbulkan oleh adanya tekikan, bentuk tekikan, temperatur, dan faktor-faktor lainnya. Uji impak dapat juga disebut sebagai suatu pengujian material untuk mengetahui kemampuan suatu material/bahan dalam menerima beban tumbuk dengan di ukur besarnya energi yang di perlukan untuk mematahkan spesimen material/bahan dengan ayunan seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini:

Bandul dengan ketinggian tertentu berayun dan memukul spesimen. Energi potensial dari bandu berkurang sebelum dan sesudah memukul spesimen merupakan energi yang diserap oleh spesimen.



Gambar 2.23 Sketsa Perhitungan Energi Impact

Sumber : Firmansyah, 2020.

Nilai besarnya energi impact (joule) dapat dilihat pada skala mesin penguji. Maka rumus pengujian impak yaitu :

$$E = m \cdot g \cdot r \cdot \cos (B-x)$$

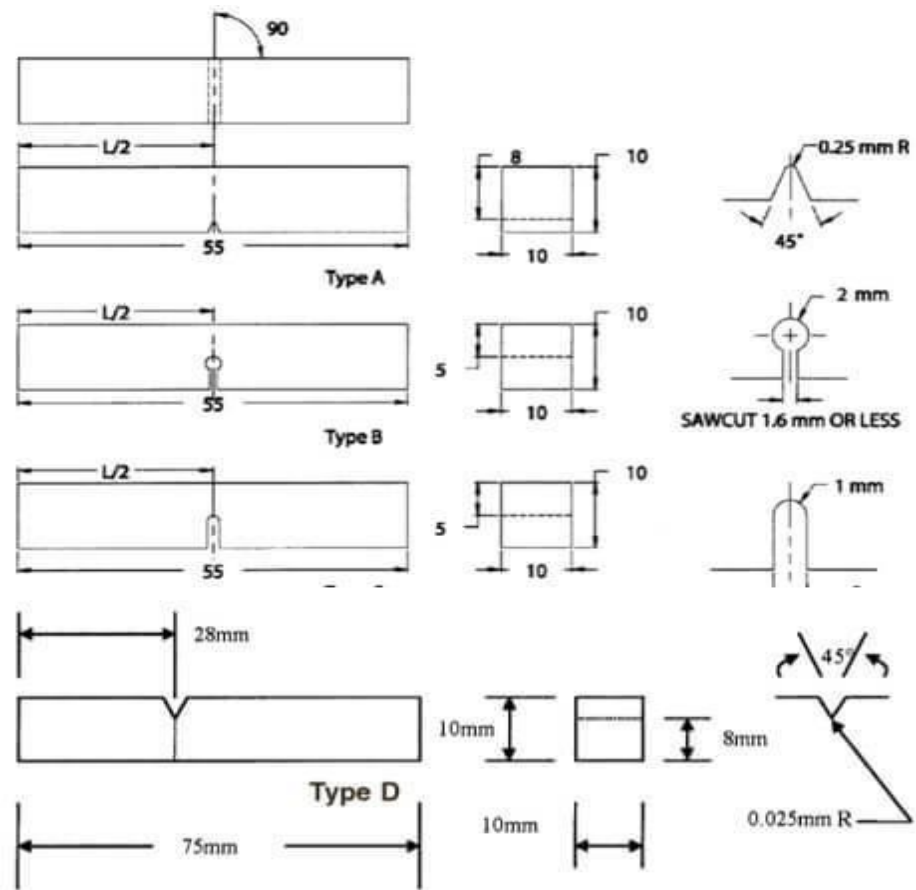
Dimana

m = massa/beban palu

g = grafitasi

r = panjang lengan

bentuk takik spesimen uji ada tiga bentuk : V noth , U noth, Key hole noth. Ukuran spesimen dan bentuk takik bagaimana ditunjukkan pada gambar dibawah ini:

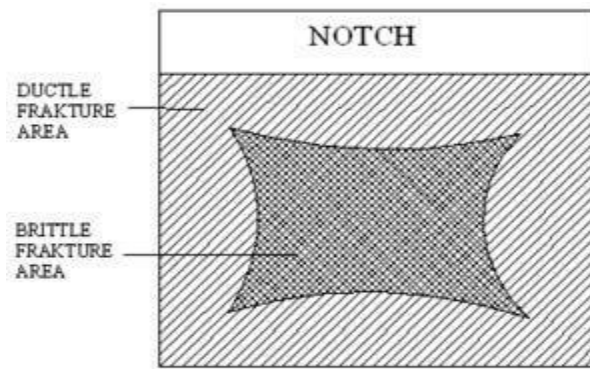


Gambar 2.24 Macam-Macam Bentuk Takikan Pada Spesimen Uji

Impact.

Sumber : Firmansyah, 2020.

Uji impak juga digunakan untuk melajari pola petahan spesimen uji, apakah getas (brittle fracture) atau patah ulet (ductile fracture) atau kombinasi keduanya. Granular fracture adalah permukaan patah getas berkilat dan berbutir sedangkan patah ulet tampak lebih buram dan berserabut disebut juga fibrous fracture atau shear fracture. Perbedaan permukaan kedua jenis petahan sebagaimana ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.25 Pola Patahan Pada Penampang Spesimen Uji Impact

Sumber : Firmansyah, 2020.

c. Pengujian bending

Pengertian uji tekan (bending test) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Proses pembebanan menggunakan mandrel atau pendorong yang dimensinya telah ditentukan untuk memaksa bagian tengah bahan uji atau spesimen tertekuk diantara dua penyangga yang dipisahkan oleh jarak yang telah ditentukan. Selanjutnya bahan akan mengalami deformasi dengan dua buah gaya yang berlawanan bekerja pada saat yang bersamaan. (firmansyah, 2020)

B. Tinjauan Pustaka

1. M, Yogi Nasrul L, Heru Suryanto, Abdul Qolik, 2016” Pengaruh Variasi Arus Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Sambungan Dismillar Stainlees steel 304 dan St 37”. Kesimpulan Bahwa Untuk Membandingkan Sifat Fisik dan Kemanik Antara Logam Induk Dengan Hasil Las SMAW dan untuk mencari Tahu Perbedaan Dan Kesamaan.

2. Wawan isbiyantoro. 2017. “ Pengaruh Arus Pengelasan Dan Sudut Kampuh V terhadap Kekuatan Tarik Material Pada Proses Las SMAW menggunakan Elektroda E 7016”. Kesimpulan kuat arus berpengaruh terhadap kekuatan tarik dengan nilai F sebesar $7,23 >$ dari nilai tabel distribusi F untuk V (0.5 : 1,6) yaitu 5,32 Artinya ada variabel kuat arus yang berpengaruh terhadap kekerasan kekuatan tarik.
3. Febri Riyan 2017, pada penelitiannya yang berjudul Pengaruh jenis elektroda dan arus pengelasan terhadap kekuatan tarik pada pengelasan baja st 41 menggunakan las SMAW. Dari penelitiannya dapat disimpulkan bahwa faktor jenis elektroda didapat dengan F hitung = $7,73 > F(0,05;1,8) = 5,32$, maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh yang signifikan variabel jenis elektroda terhadap uji kekuatan tarik baja. Kekuatan tarik dengan jenis elektroda LB yaitu 28,54 kgf/mm², jenis elektroda RD yaitu 25,15 kgf/mm², dan jenis elektroda RB yaitu 26,87 kgf/mm², sedangkan faktor kuat arus pengelasan didapat dengan F hitung = $25,89 > F(0,05;1,8) = 5,32$, maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh yang signifikan dari variabel kuat arus terhadap kekuatan tarik baja. Kekuatan tarik pada arus pengelasan 80 amper yaitu 23,44 kgf/mm² dengan arus pengelasan 100 Amper yaitu 27,63 kgf/mm² dan arus pengelasan.
4. Amir Arifin, M Hendrianto 2018, pada penelitiannya yang berjudul pengaruh arus dan jarak kampuh pengelasan terhadap distorsi sambungan pelat baja karbon rendah dengan menggunakan SMAW.

Dari penelitiannya dapat disimpulkan bahwa proses pengelasan sambungan plat baja karbon rendah menggunakan SMAW menggunakan kampuh V dengan variasi arus dan jarak sering muncul distorsi pada hasil pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh arus dan jarak kampuh pengelasan terhadap distorsi, yang terjadi pada hasil las. Pada penelitian ini digunakan tebal pelat 6 mm dan arus pengelasan (50, 7, 100 dan 125A) serta jarak kampuh (2, 3, 4 dan 5 mm). Pengukuran distorsi dengan menggunakan dial indikator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat hubungan linear antara peningkatan arus dan penambahan jarak kampuh terhadap distorsi yang dihasilkan. Selain itu pengujian kekerasan menunjukkan bahwa kekerasan relative lebih rendah pada pengelasan yang menggunakan arus 50 A.

5. Afriyanto Rabbi, imran, 2018, “ Analisa Pengaruh Gerakan Elektroda Pada Pengelasan SMAW Terhadap Uji Kekerasan dan Kekuatan Bending Baja St37”. Kesimpulannya kekuatan bending gerakan elektroda zig-zag sebesar 879,05 N/mm memiliki nilai tertinggi pada kekuatan bending.
6. Mohamad ali rosyidi 2020, pada penelitiannya yang berjudul study kekuatan mekanik pada pengelasan baja ss 400 dengan variasi elektroda AWS SFA 5.1 L, AWS A5.1 B dan AWS A.5.1 R. Dari penelitiannya dapat disimpulkan bahwa untuk mengetahui kekuatan sambungan las SMAW dengan bahan Raw material nilai kekuatan uji tarik, bending

dan kekerasan. Untuk mengetahui hasil proses pengelasan ini dengan menambahkan variasi pada elektroda AWS SFA 5.1 L, AWS A5.1 B dan AWS A.5.1 R ini dengan bahan baja ss 400 dengan pengaturan amper yang sama yaitu 100 A, kemudian diuji dengan mesin uji tarik, bending dan brindell. Sebelum proses pengelasan baja karbon rendah ini yang telah diuji komposisi terlebih dahulu, kemudian pengaturan daya trafo dan amper sekitar 100A sama rata dengan waktu 1 menit per benda uji dengan berbeda variasi elektroda agar dapat mempertimbangkan hasil variasi elektroda yang akan dipakai ditempat kerja agar hasilnya bagus.

7. Ahmad sopan ali 2020, pada penelitiannya yang berjudul Pengaruh variasi pengelasan terhadap kekuatan las SMAW baja karbon rendah st37. Dari penelitiannya dapat disimpulkan bahwa proses yang digunakan adalah metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan bahan plate baja st 37, jenis las yang dipilih adalah SMAW dengan tegangan 25 volt, kuat arus 55 amper, 65 amper dan 75 amper. Posisi mendatar dengan elektroda E6013 dimana akan dilakukan pembentukan variasi arus dengan bentuk kampuh V pada baja st 37 dengan ketebalan 4mm, kemudian dilakukan proses pengelasan SMAW dan dilakukan pengujian tarik, bending dan impak.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian yang bersifat eksperimen yaitu salah satu metode yang dilakukan untuk mengadakan kegiatan percobaan sehingga didapatkan hasil, dan hasil tersebut akan menegaskan hubungan sebab akibat antara variabel-variabel. Dalam penelitian ini yang akan digunakan adalah pelat baja st 37 dengan ketebalan 1,5 mm. Alat penelitian berupa mesin las GMAW dengan dilakukan dengan variasi arus 55 Ampere, 65 Ampere, 75 Ampere kemudian dilakukan pengujian. Alat uji meliputi: Alat uji tarik, alat uji impact, alat uji bending.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini rencananya akan dilakukan di bulan maret-agustus 2023, Adapun pelaksanaannya sebagai berikut:

1. Proses pengelasan rencana dilakukan di bengkel las “Cahaya Teknik” slawi.
2. Pembuatan spesimen benda uji rencana di bengkel las “Cahaya Teknik” slawi.
3. Pengujian tarik, kekuatan bending, pengujian impact rencana dilakukan di Laboratorium Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

Tabel 3.1 waktu kegiatan penelitian

No.	Kegiatan	Waktu kegiatan																				
		Februari 2023			Maret 2023			April 2023			Mei 2023			Juni 2023			Juli 2023					
1.	Persiapan																					
	a. Mencari judul	■																				
	b. Acc judul proposal		■																			
	c. Penyusunan proposal				■	■	■	■														
	d. Persiapan alat dan bahan							■	■	■	■											
2.	Pelaksanaan																					
	a. Seminar proposal											■										
	b. Pembelian material uji											■	■	■								
	c. Pengujian specimen													■	■							
3.	Penyelesaian																					
	a. Pengolahan data																	■	■			
	b. Penyusunan data																	■	■	■		
	c. Pembuatan alat																	■	■	■	■	
	d. siding skripsi																					■

C. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel Bebas Penelitian ini adalah perbedaan dari variasi arus 55 Ampere, 65 Ampere, 75 Ampere sebagai variabel bebas yang berpengaruh dengan proses pencarian data.

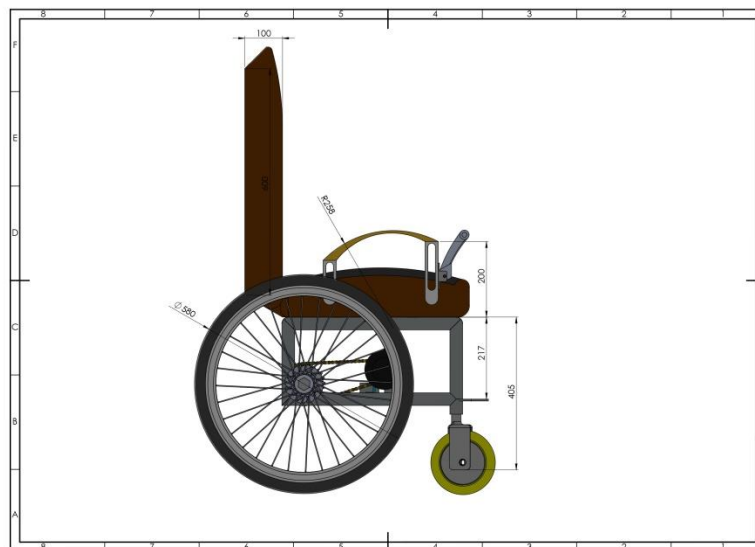
2. Variabel Terikat

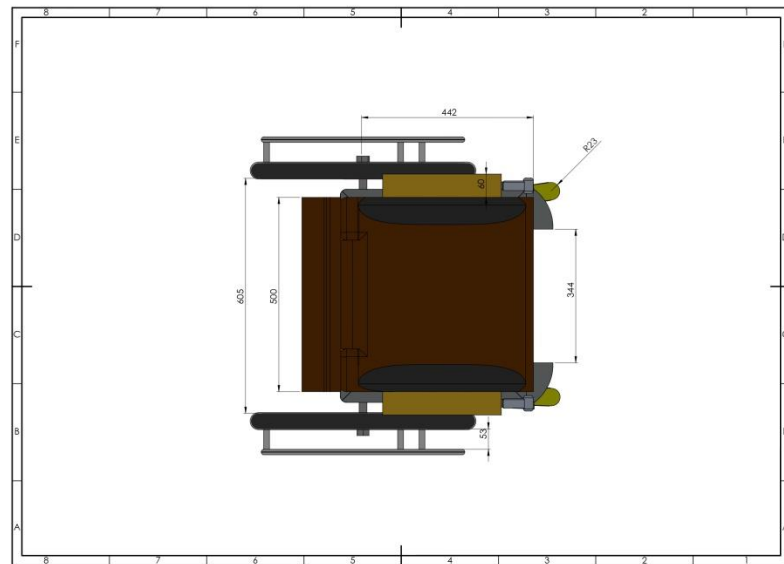
Variabel terikat Hasil uji tarik, uji bending, uji impact pada penelitian ini sebagai variabel terikat.

D. Instrumen Penelitian dan Desain Pengujian

Spesifikasi uji bahan yang digunakan pada spesimen ini adalah:

1. Bahan yang digunakan adalah pelat baja st 37.
2. Ketebalan pelat 1.5 mm.
3. Mesin las yang digunakan adalah mesin las GMAW.
4. Jenis elektroda yang digunakan adalah elektroda diameter 8 mm.
5. Posisi pengelasan dengan menggunakan 5G.
6. Arus pengelasan yang digunakan adalah 55A, 65, dan 75.
7. Bentuk spesimen benda uji mengacu pada standar JIZ
8. Desain





Gambar 3.1 Desain kursi roda elektrik
Sumber : Dokument Pribadi

E. Metode pengambilan Data

1. Observasi

Teknik pengumpulan dan keterangan mengadakan pengamatan langsung keadaan yang sebenarnya terjadi dalam suatu perusahaan atau industri terhadap penelitian yang akan dilakukan.

2. Eksperimen

Suatu metode penelitian yang digunakan dalam mencari pengaruh variasi arus Las GMAW pada baja ST37

3. Studi pustaka

Suatu pada metode penelitian yang digunakan untuk mendapatkan informasi-informasi data yang dibutuhkan sebagai referensi dengan mempelajari dari buku atau jurnal

F. Metode Analisis Data

Pada kesempatan ini peneliti juga akan melakukan penelitian terhadap material baja st 37 yang akan diuji tarik, uji bending, uji impact dengan variasi arus ampere, berikut adalah tabel rancangan pengujian material pelat baja st 37

Tabel 3.2 Rancangan Banyak Spesimen uji

Material	Variasi Pengelasan		Spesimen uji		
	Mesin Las	Arus Ampere	Uji Tarik	Uji Bearing	Uji Impact
Baja st 37	Tanpa pengelasan	Tanpa pengelasa	3	3	3
Baja st 37	GMAW	55 ampere	3	3	3
Baja st 37	GMAW	65 ampere	3	3	3
Baja st 37	GMAW	75 ampere	3	3	3
Jumlah total specimen			12	12	12

1. Analisa data pengujian tarik

Tabel 3.3 data pengujian tarik

Spesimen		Lebar (b) (mm)	Tebal (d) (mm)	Luas $A_0=BXD$ (mm ²)	Beban Tarik max (P) (kN)	Beban Tarik max (P) (N)	Kuat Tarik Las ($\sigma =$ P/A_0) (N/mm ²)
Raw material	1.	a.	a.	a.	a.	a.	a.
	2.	b.	b.	b.	b.	b.	b.
	3.	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Rata-rata							
55 ampere	1.	a.	a.	a.	a.	a.	a.
	2.	b.	b.	b.	b.	b.	b.
	3.	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Rata-rata							
65 ampere	1.	a.	a.	a.	a.	a.	a.
	2.	b.	b.	b.	b.	b.	b.
	3.	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Rata-rata							
75 ampere	1.	a.	a.	a.	a.	a.	a.
	2.	b.	b.	b.	b.	b.	b.
	3.	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Rata-rata							

2. Analisis data pengujian Banding

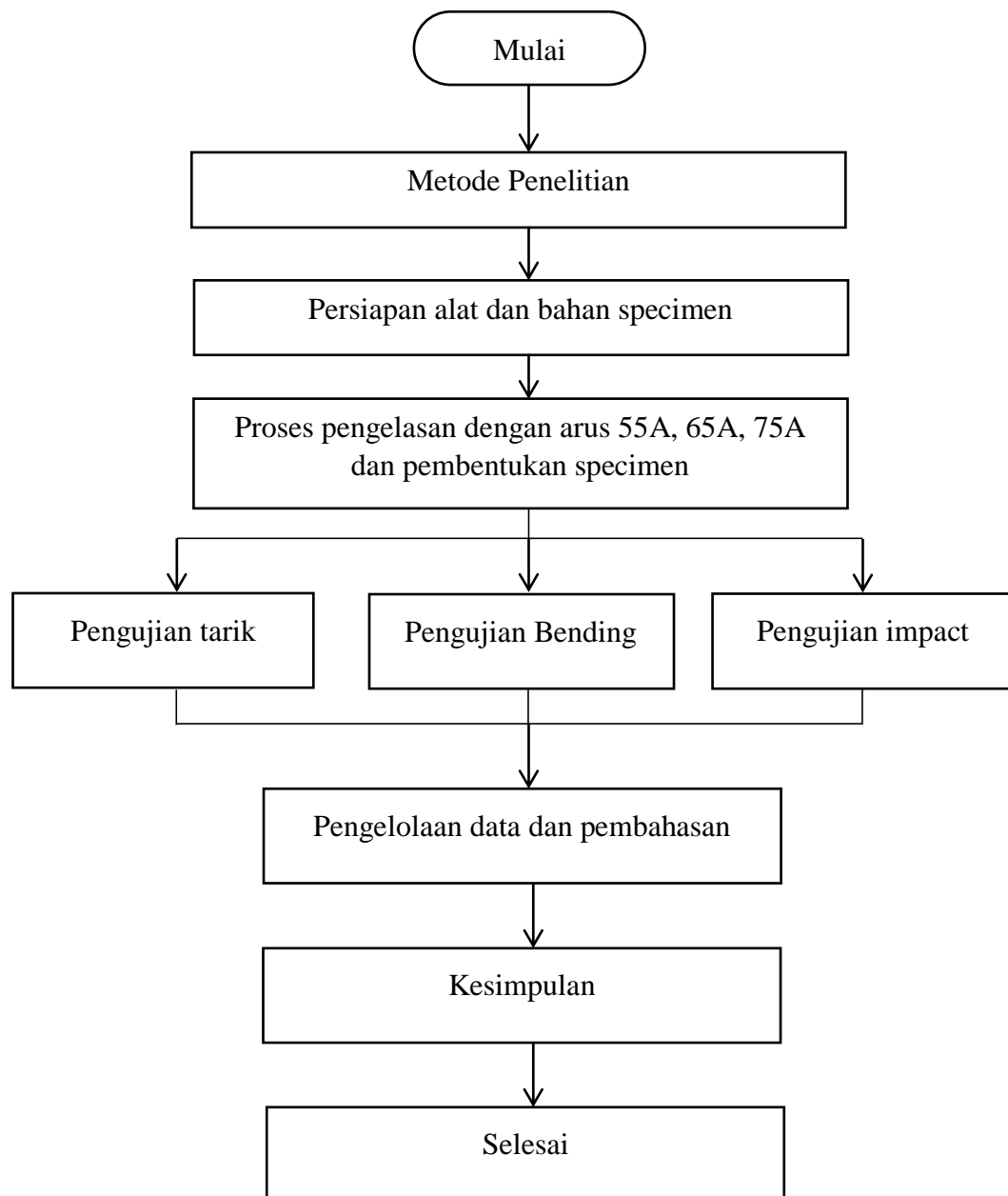
Tabel 3.4 data pengujian Banding

Spesimen		Lebar (b) (mm)	Tebal (d) (mm)	L (50 + 3D) (mm)	Bebas melengkung Max (P) (N)	Kekuatan banding (6b=) (N/mm ²)
Raw material	1.	a.	a.	a.	a.	a.
	2.	b.	b.	b.	b.	b.
	3.	c.	c.	c.	c.	c.
Rata-rata						
55 ampere	1.	a.	a.	a.	a.	a.
	2.	b.	b.	b.	b.	b.
	3.	c.	c.	c.	c.	c.
Rata-rata						
65 ampere	1.	a.	a.	a.	a.	a.
	2.	b.	b.	b.	b.	b.
	3.	c.	c.	c.	c.	c.
Rata-rata						
75 ampere	1.	a.	a.	a.	a.	a.
	2.	b.	b.	b.	b.	b.
	3.	c.	c.	c.	c.	c.
Rata-rata						

3. Analisis data pengujian impact

Tabel 3.5 data pengujian impact

Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	G (N)	R (m)	B (°)	α (°)	Luas Penampang $A = p \times l$ (mm ²)	Energi Impak (J) ($E = KV = GR (\cos\beta - \cos\alpha)$)	Harga Impak (J/mm ²) $I = \frac{E}{A}$
Raw material	1.	a.	a.	a.	a.	a.	a.	a.	a.
	2.	b.	b.	b.	b.	b.	b.	b.	b.
	3.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Rata-rata									
55 ampere	1.	a.	a.	a.	a.	a.	a.	a.	a.
	2.	b.	b.	b.	b.	b.	b.	b.	b.
	3.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Rata-rata									
65 ampere	1.	a.	a.	a.	a.	a.	a.	a.	a.
	2.	b.	b.	b.	b.	b.	b.	b.	b.
	3.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Rata-rata									
75 ampere	1.	a.	a.	a.	a.	a.	a.	a.	a.
	2.	b.	b.	b.	b.	b.	b.	b.	b.
	3.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.
Rata-rata									

G. Diagram Alur**Gambar 3.2 Diagram alur**