

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

Menurut (Wicaksono et al., 2021) dalam penelitian berjudul Analisis Pengaruh Perbedaan Posisi Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las SMAW Menggunakan Material ST 37. Penelitian bertujuan untuk mengetahui bagaimana posisi pengelasan mempengaruhi kekuatan tarik terhadap sambungan las dengan kampuh V digunakan dalam ayunan zig-zag menggunakan material ST37 dengan tebal 8 mm dan elektroda yang digunakan 3,2 mm. Arus yang dipakai 60 A untuk root dan 95 A untuk capping, dari hasil penelitian uji tarik pengelasan posisi 1G mendapatkan kekuatan tarik sebesar 352,86 N/mm², posisi 2G 343,8 N/mm², posisi 3G 345,06 N/mm², posisi 4G 343 N/mm². Hasil penelitian menunjukkan bahwa posisi pengelasan 1G, 2G, 3G, 4G dengan menggunakan E 7018 dengan diameter 3,2 mm mempengaruhi kekuatan tarik hasil pengelasan baja karbon rendah. Hal ini menunjukkan bahwa posisi pengelasan yang paling terbaik untuk mengelas pelat 8 mm dengan proses SMAW adalah dengan menggunakan posisi 1G.

Menurut (Muddin et al., 2021) dalam penelitian berjudul Perbandingan Posisi 1G, 2G dan 3G Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las SMAW dengan Model Kampuh V dan Kampuh X. Penelitian ini bertujuan untuk melihat perbandingan antara kampuh V dan kampuh X dengan terbal pelat 10 mm menggunakan acuan spesimen standar ASTM E8. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik kampuh V posisi pengelasan datar 40,297 Mpa, posisi vertical 40,824 Mpa dan posisi horizontal 39,979 Mpa sedangkan untuk kampuh X posisi pengelasan datar sebesar 41,666 Mpa, posisi vertical 41,666 Mpa dan posisi horizontal 41,788 Mpa. Hasil penelitian menunjukan bahwa kampuh X posisi 2G mempunyai nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 41,788 Mpa, sedangkan kampuh V 2G memiliki nilai dengan nilai rata-rata 40,366 Mpa.

Menurut (Arif Dwi C at al, 2017) penelitian ini menjelaskan Pengaruh Posisi Pengelasan 3G *Vertical Up* dan *Vertical Down* Pada Material SA36 Terhadap Kekuatan Tarik. Dalam penelitian material baja karbon rendah SA-36 setebal 12 mm digunakan untuk posisi 3G up 100 A, 3G up 120 A, dan 3G down 100 A, 3G down 120 A dengan elektroda E 7016 dan E 7018, penelitian ini dilakukan uji tarik untuk mengetahui kekuatan sambungan pada pengelasan vertikal. Uji tarik telah dilakukan, dan kekuatan tarik maksimum yang dicapai pada posisi vertical up 3G dan posisi vertical down 3G adalah rata-rata 121,6515 kn/mm², lebih tinggi dari 120 A posisi 3G atas dan posisi 3G bawah. *Vertical down* 100 A 3G lebih rendah dibandingkan kekuatan material sebelum pengelasan. Berdasarkan proses pengelasan yang dilakukan diperoleh hasil sambungan yang sempurna, hal ini menunjukkan bahwa ketebalan pelat 12 mm, posisi 3G up dengan arus 100 A lebih tinggi daripada 3G down 120 A, daripada 3G down 100 A, dan 3G down 120 A.

Menurut (Putra, 2018) Penelitian ini berjudul Pengaruh Variasi Jumlah Layer Pada Sambungan Las SMAW dengan Elektroda E 7016 Material SA 36 Terhadap Kekuatan Tarik. Penelitian ini menggunakan pengelasan SMAW dengan posisi 3G plat 6 mm dengan menggunakan arus 70 A dengan layer yang berbeda. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengelasan SMAW di baja SA36 dengan perbedaan jumlah layer memiliki nilai kekuatan tarik yang berbeda. Nilai tegangan tarik pada sampel tiga layer lebih tinggi 462,87 Mpa dibandingkan sampel dua layer 407,44 Mpa.

2.2 Landasan Teori

2.2.1. Pengelasan

Pengelasan adalah suatu proses penyambungan beberapa material logam atau non logam dengan cara meleburkan logam dasar serta sebagian logam pengisinya, tanpa memakai tekanan dengan menggunakan logam pengisi yang dilakukan secara terus menerus (Bukhari et al., 2023)

Menurut standar *Deutch Industrie Normen* (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang menjadi lumer atau cair menggunakan energi panas.

Pengelasan adalah proses penggabungan material menggunakan panas antara dua logam atau benda. Akibatnya, logam disekitar area las mengalami perubahan struktur, bentuk, dan tegangan termal. Untuk meminimalisir dampak dari pengelasan maka pada proses pengelasan penting diperhatikan untuk mengikuti mekanisme pengelasan yang sesuai (Munawar Muthia et al., 2023)

2.2.2. Prosedur dan Teknik Pengelasan

Prosedur pengelasan (*Welding Procedure*) prosedur pengelasan yang mencakup semua variabel las yang berkaitan dengan pekerjaan atau produk tertentu. Variabel-variabel ini termasuk proses pengelasan, jenis base metal, desain sambungan, posisi pengelasan jenis perlindungan, persyaratan preheating dan post-heating, pengaturan mesin las dan pengujian yang diperlukan (Hadzihafizovic, 2023).

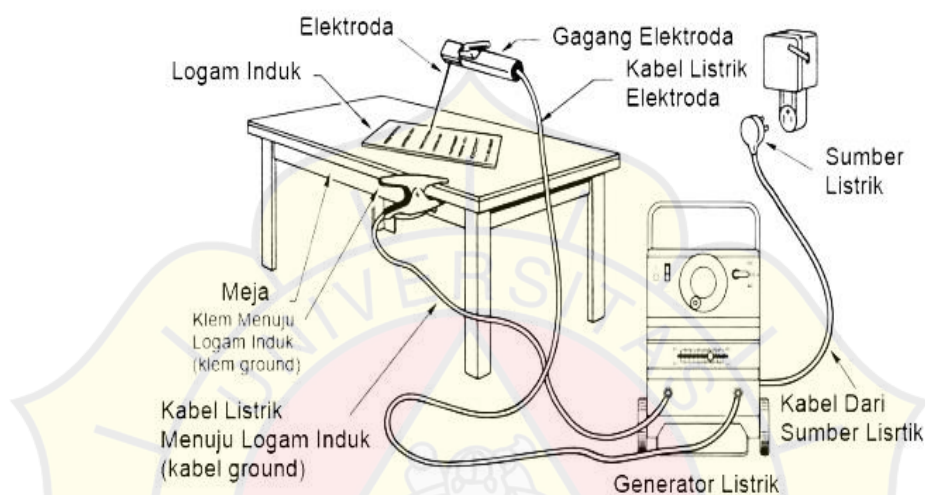
American Welding Society (AWS) menerbitkan *structural welding code* yang dibutuhkan untuk desain konstruksi baja. Kode lain yang digunakan untuk desain dan konstruksi boiler dan tabung bertekanan telah diterbitkan oleh *American Society of Mechanical Engineers* (ASME). Prosedur pengelasan harus memahami teknologi las dan dapat menggunakannya, serta memahami efisiensi dan ekonomi dari aktivitas produksi. Prosedur pengelasan juga mencakup menenukan semua hal yang diperlukan untuk menyelesaikan konstruksi las sesuai dengan rencana dan spesifikasinya. (A. L. Pratama, 2020).

2.2.3. Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

Pengelasan SMAW merupakan las busur logam diklasifikasikan sebagai las busur listrik atau las manual, dalam pengelasan SMAW penyambungan elektroda logam yang dilapisi *fluks* (slag) yang bertugas untuk melindungi weld metal dari gas oksidasi, ini harus di hindari karena

oksidasi logam menghasilkan ikatan tanpa memiliki kekuatan mekanis yang dapat menyebabkan indikasi cacat las (Yusuf et al., 2020).

Sifat las logam sangat dipengaruhi oleh pemindahan logam cair. Proses ini terjadi ketika ujung elektroda meleleh sehingga menghasilkan partikel yang dibawa arus busur listrik. Besar kecilnya arus yang dihasilkan dipengaruhi oleh komposisi bahan fluks magnet yang digunakan.



Sumber (<https://kawatlas.jayamanunggal.com/tentang-mesin-las-smaw/>)

Logam induk mencair saat proses pengelasan karena pencairan terjadi antara ujung kawat las dan permukaan benda kerja. Arus mesin las mengalir ke busur pengelasan. Elektroda yang digunakan terdiri dari kawat yang dilindungi oleh terak las. Proses pengelasan elektroda mencair bersama dengan logam dasar dan kemudian mengeras membentuk lapisan las. Ketika logam dikeluarkan dari elektroda, ujung elektroda juga meleleh selama proses ini, menimbulkan serpihan yang terbentuk oleh arus busur listrik. Jika arus listrik besar dialirkan maka butiran logam cair akan menjadi lebih halus, sedangkan bila arus listrik kecil dialirkan maka butiran tersebut menjadi tidak rata. Selain itu, besar kecilnya arus yang digunakan serta jenis bahan *fluks* yang digunakan memengaruhi cara logam bergerak (Aprilia et al., 2020).

Fluks memegang peranan penting dalam pengelasan SMAW karena berperan sebagai penetralisir busur api dan melindungi logam cair dari

kontaminasi udara sekitar. Karena kualitas pengelasan bukan hanya tergantung *fluks* tetapi kuat arus pengelasan juga dipengaruhi oleh arus, penggunaan arus pengelasan SMAW harus sangat diperhatikan. Pengelasan SMAW bisa menggunakan DC atau AC. Alat pada mesin dapat mengatur besarnya kecil arus, terlalu banyak arus akan melebarkan cairan dari kampuh dan bias menyebabkan deformasi, sedangkan jika menggunakan arus kecil akan menyebabkan penembusan yang rendah sehingga diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil las seperti jenis aliran, posisi pengelasan, kondisi lingkungan dan arus las adalah faktor penting dalam memilih elektroda (Munawar Muthia et al., 2023).

2.2.4. Jenis Elektroda

Las busur listrik membutuhkan kawat las atau elektroda terdiri dari satu inti logam yang dilapisi lapisan campuran kimia, yang berfungsi sebagai bahan tambahan. Elektroda terdiri dari dua bagian: bagian yang dilapisi (*fluxes*) dan bagian yang tidak dilapisi, dengan pangkalnya dipasang menjepit ke stang las. Fungsi *fluks* adalah untuk menjaga logam cair dari udara, menciptakan gas pelindung, dan menstabilkan busur (Irzal et al., 2018).

Elektoda yang digunakan dalam penelitian ini, bahan *fluks* serbuk besi dan karbon rendah E 7016 dan E 7018 digunakan. Jenis pelapis (*fluks*) elektroda, arus listrik yang digunakan, jenis pengelasan dan polaritas yang digunakan mempengaruhi elektroda baja karbon.

Tabel 2.1 Spesifikasi Jenis Elektroda
Sumber (Berdasarkan AWS A5.1)

Klasifikasi AWS-ASTM	Jenis Flux	Posisi ^{*)} pengelasan	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm ²						
E6010.....	Natrium selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6011.....	Kalium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6012.....	Natrium titania tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas lurus	47,1	38,7	17
E6013.....	Kalium titania tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda	47,1	38,7	17
E6020.....	Oksida besi tinggi	H-S	AC atau DC polaritas lurus	43,6	35,2	25
		F	AC atau DC polaritas ganda			
E6027.....	Serbuk besi, oksida besi	H-S	AC atau DC polaritas lurus	43,6	35,2	25
		F	AC atau DC polaritas ganda			

Klasifikasi AWS-ASTM	Kekuatan tumbuk terendah	*) Arti simbol: F = datar V = vertikal OH = atas kepala H = horizontal H-S = horizontal las sudut
E6010, E6011		
E6027, E7015	2,8 kg-m pada 28,9°C	
E7016, E7018		
E7028	2,8 kg-m pada 17,8°C	
E6012, E6013		
E6020, E7014	tidak disyaratkan	
E7024		

Tabel 2.2 Kode Elektroda SMAW

Sumber(<https://metrorekayasa.com/products/welding-consumables/welding-electrode-kobelco-kawat-las-kobelco/>)

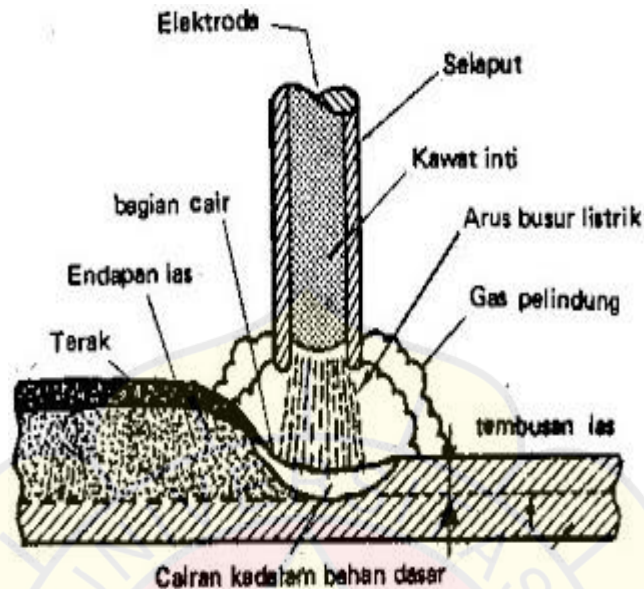
AWS A5.1 Carbon Steel Electrodes for SMAW		
Electrode	E 6 0 1 0	
Min. Tensile (in ksi)		
Position		
Type of Coating and Current		
Key to Type of SMAW Coating and Current		
Digit	Type of Coating	Current
0	High Cellulose Sodium	DC+
1	High Cellulose Potassium	AC, DC±
2	High Titania Sodium	AC, DC-
3	High Titania Potassium	AC, DC±
4	Iron Power, Titania	AC, DC±
5	Low Hydrogen Sodium	DC+
6	Low Hydrogen Potassium	AC, DC+
7	High Iron Oxide, Iron Powder	AC, DC±
8	Low Hydrogen Potassium, Iron Powder	AC, DC±

E : Elektroda

70 : Tegangan tarik minimal dari hasil pengelasan (70.000 psi)

1 : Posisi pengelasan (all position)

6 & 8 : Menunjukkan jenis selaput serbuk besi.



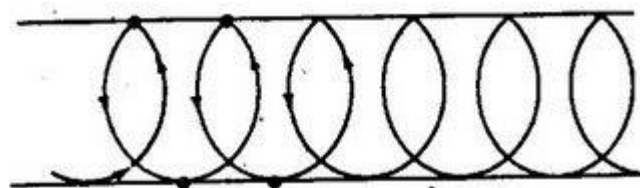
Gambar 2.2 Pembakaran Elektroda

Sumber (<https://binaaji.wordpress.com/tag/pengelasan/>)

2.2.5. Gerakan Elektroda

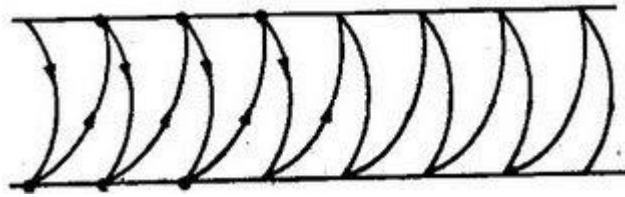
Gerakan elektroda atau ayunan elektroda sewaktu pengelasan yang bertujuan untuk memperdalam penembusan busur nyala, ada banyak cara dalam menggerakkan atau mengayunkan elektroda dimana dalam mengayunkan elektroda untuk mendapatkan deposit logam las dan menghindari terjadinya takukan dan percampuran terak, dan hal yang terpenting adalah menjaga agar sudut elektroda dan kecepatan gerakan elektroda tidak berubah. (Saefuloh et al., 2019)

Berikut akan ditampilkan gambar tentang gerakan atau ayunan elektroda tersebut.



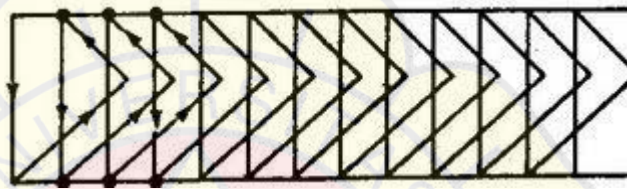
Gambar 2.3 Gerakan alur melingkar

Sumber (<https://las-listrik.blogspot.com/2009/03/gerakan-elektroda.html>)



Gambar 2.4 Gerakan alur zig-zag

Sumber (<https://las-listrik.blogspot.com/2009/03/gerakan-elektroda.html>)



Gambar 2.5 Gerakan alur segitiga

Sumber (<https://las-listrik.blogspot.com/2009/03/gerakan-elektroda.html>)

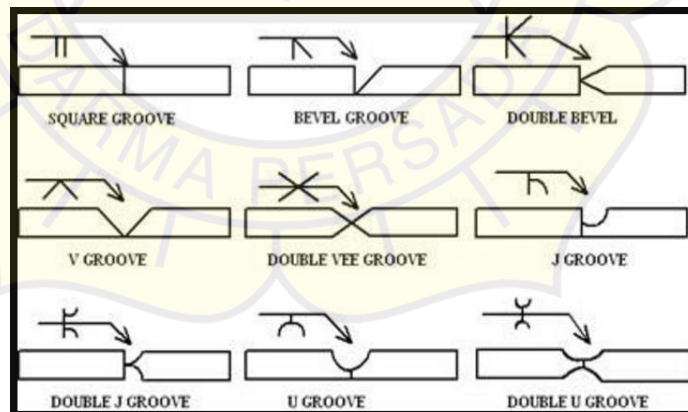
2.2.6. Pengaruh Arus Lisrik

Arus listrik merupakan parameter utama dalam proses pengelasan SMAW atau busur logam terlindungi memiliki efek signifikan pada kekuatan tarik hasil sambungan pengelasan. Besarnya ampere pengelasan tergantung jenis diameter elektroda, ketebalan yang pelat, tipe sambungan, lokasi pengelasan dan ayunan elektroda yang digunakan. Parameter pengelasan yang mempengaruhi penetrasi logam dasar adalah arus pengelasan, semakin besar arus pengelasan maka semakin cepat pula laju distorsinya, jika arus terlalu rendah maka akan sulit untuk menembus penetrasi panas tidak cukup untuk melelehkan logam dasar sehingga mempengaruhi kekuatan logam (Saripuddin & Abbas, 2020).

- a. Panas yang dihasilkan: Arus listrik yang tinggi dalam proses SMAW dapat meningkatkan penetrasi dalam penyambungan material yang dapat meningkatkan kekuatan tarik sambungan pengelasan.
- b. Pengaruh Pemadatan Logam: Arus listrik yang tinggi meningkatkan kecepatan pemadatan logam cair sehingga menghasilkan struktur mikro yang homogen.
- c. Pengaruh Kekuatan Tegangan: Arus listrik yang tepat dapat menghasilkan kekuatan tarik yang optimal berdasarkan pemilihan logam pengisi dan material. Namun, arus listrik terlalu tinggi atau rendah dapat mengakibatkan kelemahan sambungan yang mengakibatkan penurunan kekuatannya.

2.2.7. Kampuh Las

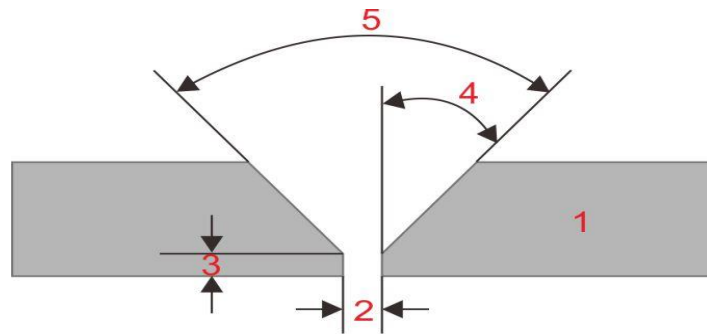
Kampuh las adalah bentuk dari bagian logam induk yang akan di isi oleh las-lasan, sebuah kampuh las dirancang seefisien mungkin dan ekonomis agar mudah pelaksanaannya dalam pengelasan dan meminimalisir terjadinya cacat las



Gambar 2.6 Bentuk kampuh las

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

Penelitian ini sambungan yang dipakai adalah kampuh V. Pelat setebal 12 mm dengan sudut kampuh antara 60° , jarak akar 2-3 mm, dan tinggi akar 1-2 mm akan disambung dengan sambungan V (Amanda & Riyadin, 2024).



Gambar 2.7 Bentuk Kampuh V

Sumber (<https://www.expertlas.com/istilah-pengelasan/>)

Nomor 1 Base material

Nomor 2 jarak/celah antara dua benda yang akan di las.

Nomor 3 bidang permukaan akar las

Nomor 4 sudut bevel sebagian

Nomor 5 sudut kampuh keseluruhan

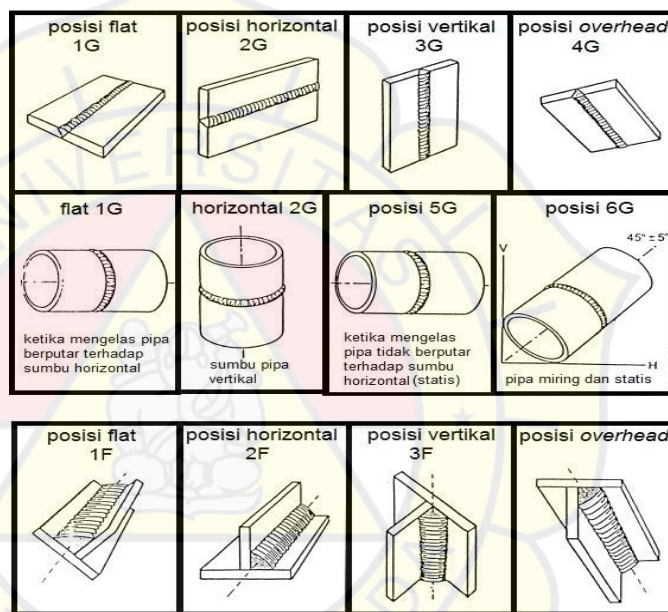
2.2.8. Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan yang mengatur pergerakan elektroda las, posisi pengelasan merupakan faktor untuk menentukan keberhasilan hasil pengelasan, oleh karena itu posisi pengelasan memiliki tingkat kesulitannya yang tidak sama satu lain. Posisi pengelasan biasanya digunakan berdasarkan dari letak sambungan benda kerja yang akan dilas (Benami Sembiring, 2020).

Berikut ada beberapa posisi pengelasan

1. Posisi normal atau dibawah tangan (*down hand*) 1G, posisi yang paling banyak dilakukan untuk mengelas pada permukaan datar yang letak eletrodanya berada diatas benda kerja.
2. Posis mendatar 2G, juga dikenal sebagai (*Horizontal position*) merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah gerakan horizontal. Pengelasan ini sering diaplikasikan pada benda-benda yang berdiri tegak, misalnya pengelasan lambung kapal.

3. Posisi tegak (*Vertical position*) 3G, pengelasan dengan posisi tegak menunjukkan benda kerja berdiri tegak dengan elektroda las yang arah pengelasannya searah dengan kampuh las yaitu bergerak naik dan turun.
4. Posisi diatas kepala (*Over head position*) 4G, pengelasan dengan posisi diatas kepala merupakan pengelasan yang tidak mudah untuk dilakukan dibandingkan dengan posisi pengelasan lainnya, pengelasan ini benda kerja berada diatas kepala dan elektroda berada dibawah benda kerja.



Gambar 2.8 Tipe Posisi pengelasan

Sumber (ASME SEC IX)

2.2.9. Pengaruh Posisi Pengelasan Vertical Downhill

Pengelasan dengan posisi 3G *vertical downhill* ini merupakan suatu gerakan ayunan tangan yang susah untuk dilakukan karena elektroda yang mencair mengalir menumpuk kearah bawah sehingga diperlukan skill yang bagus dalam teknik ini. Proses pengelasan ini

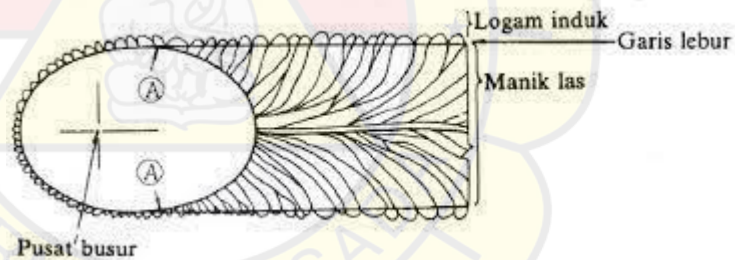
memiliki karakteristik sendiri dalam hal deposit logam, kecepatan pengelasan dan kekuatan sambungan. Pengaruh posisi baik itu *vertical downhill* maupun *vertical uphill* memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap sambungan pengelasan faktor faktor seperti kebersihan permukaan, teknik pengelasan, distribusi panas, arah deposit logam pengisi dan kondisi lingkungan (Metekohy & Lekatompessy, 2023).

2.2.10. Siklus Termal Daerah Lasan

Menurut (Wiryosumarto & Okumura, 2000), daerah lasan terdiri dari 3 yaitu logam lasan, logam induk dan *Heat Affected Zone* (HAZ)

a. Logam las

Logam las adalah perpaduan antara logam induk dan bahan pengisi (*filler metal*) bahan pengisi ini mengubah struktur mikro dari logam yang bersangkutan (Wiryosumarto & Okumura, 2000)



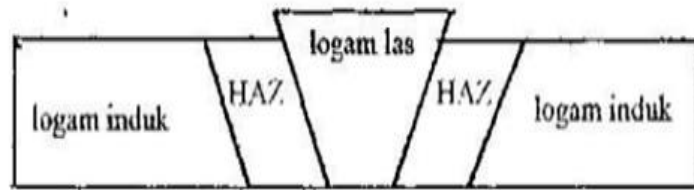
Gambar 2.9 Arah Pembekuan dari Logam Las

Sumber (Wiryosumarto dan Okumura, 2000)

Dalam gambar diatas, titik A menunjukkan perubahan struktur dalam logam induk, garis lebur dari sebagian logam dasar berkembang pada butir logam induk dengan sumbu kristal yang sama selama proses pembentukan logam las.

b. Logam Induk

Logam induk dalam struktur mikro asli karena berada jauh dari bagian pengelasan sehingga tidak terpengaruh oleh panas las.

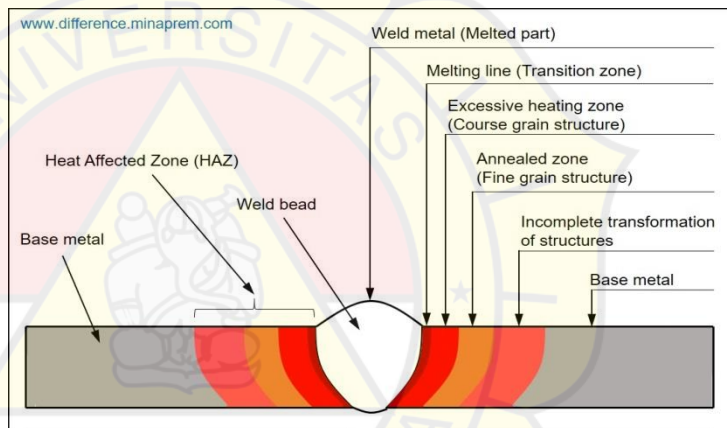


Gambar 2.10 Bagian Las

Sumber (<https://kawatlas.jayamanunggal.com/metalurgi-las/>)

c. *Heat Affected Zone (HAZ)*

Menurut (Wiryosumarto & Okumura, 2000) daerah terkena panas atau sering HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam induk selama siklus termal pengelasan.



Gambar 2.11 Heat Affected Zone

Sumber(<https://www.difference.minaprem.com/joining/difference-between-weld-metal-and-heat-affected-zone-haz/>)

2.2.11. Penetrant Test

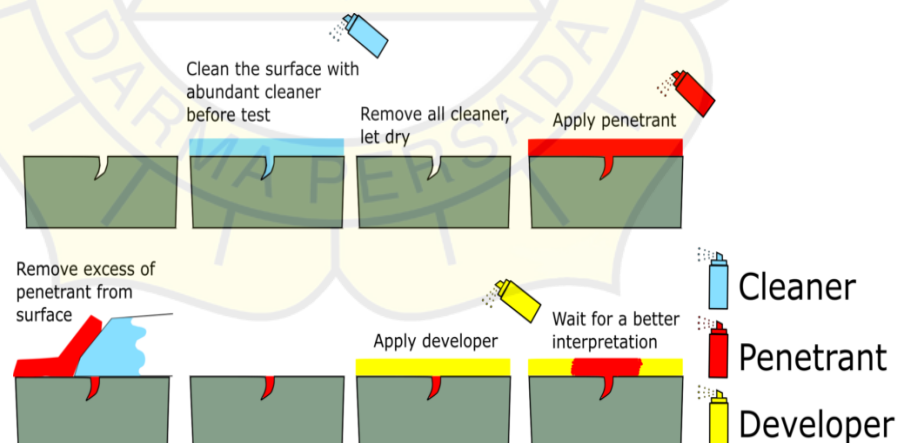
Pengujian penetrant test adalah metode inspeksi NDT (*non-destructive testing*) yang relative sederhana dan praktis dimana pengujian menggunakan penetrant ini dapat mengidentifikasi ketidakrataan permukaan pada hasil pengelasan seperti retakan, lubang dan kebocoran. Metode pengujian penetrant cair pada dasarnya

didasarkan pada aksi kapiler, aksi kapiler adalah untuk menemukan diskontinuitas pemecah permukaan pada material. Diskontinuitas adalah ketidaksempurnaan material akibat proses pembuatan, seperti lubang, retak atau noda (Ghozi et al., 2023)

Menurut ASME Sec V Pasal 6, kriteria penerimanya adalah:

1. Indikasi Relevan merupakan indikasi adanya cacat/diskontinuitas yang timbul ke permukaan dengan ukuran ($>1,5$ mm).
2. Indikasi Non-Relevan berasal dari diskontinuitas, misalnya ketidakrataan permukaan yang disebabkan oleh pengerindaan.
3. Indikasi Linier merupakan indikasi yang panjang lebih besar dari tiga kali lebarnya ($L > 3W$)
4. Indikasi Rounded merupakan indikasi yang memiliki bentuk elips atau bulat kurang dari atau sama dengan tiga kali lebarnya ($L \leq 3W$)

Yang artinya semua hasil las-lasan harus diperiksa secara visual atau bisa juga dengan bantuan pencahayaan berupa senter dan harus diterima.



Gambar 2.12 Proses Penetrant Test

Sumber (<https://www.onestopndt.com/ndt-articles/liquid-penetrant-examination-procedure>)

2.2.12. Jenis – Jenis Cacat Las

Cacat las pada hasil pengelasan terjadi akibat pelaksanaan yang tidak memenuhi kualifikasi yang tertulis di dalam (ASME, IX, API, ASTM). Penyebab cacat las terjadi karena adanya prosedur pengelasan yang tidak tepat baik itu bisa terjadi karena *consumable* atau peralatan di bawah standar. Ada dua tipe cacat las yang bisa dilihat pada hasil pengelasan yakni, cacat las visual yang bisa dilihat dengan mata telanjang, dan cacat las internal. Jika ingin melihat indikasi atau cacat pengelasan internal bisa dilakukan pengujian las yang tidak merusak seperti *ultrasonic test* dan *radiography test*. Sedangkan pengujian las merusak bisa menggunakan *tensile test*, *bending test* atau *macro test*. Untuk jenis cacat pengelasan yang diuji dengan visual dapat menerapkan metode pengujian *penetrant test*, *magnetic test* atau kaca pembesar (Y. Pratama et al., 2020). Dalam penelitian ini uji yang dilakukan untuk uji tidak merusak adalah *visual test* dan *penetrant test* sedangkan untuk uji merusaknya dilakukan dengan *tensile test*.

Berikut adalah beberapa jenis-jenis cacat pada hasil pengelasan;

1. *Undercut* merupakan indikasi yang berada diatas permukaan las bentuk cacat ini seperti cekukan yang terjadi pada base material yang disebabkan oleh faktor arus yang besar dan goyangan tangan yang melebar.
2. *Porosity* merupakan indikasi cacat las yang berupa lubang-lubang kecil pada weld metal, biasa terjadi pada permukaan ataupun akar biasanya disebabkan oleh beberapa faktor yaitu travel speed dan arc length terlalu tinggi.
3. *Slag Inclusion* merupakan indikasi cacat las yang terjadi di dalam hasil las-las yang tidak bisa dilihat oleh mata, indikasi ini berupa terak yang mencair dalam hasil lasan dan tidak bisa di dorong keluar pada weld metal biasanya ini terjadi di daerah stop and run (awal dan berhentinya proses pengelasan) pada weld

metal, biasanya terjadi slag inclusion disebabkan oleh faktor ayunan tangan juru las dan humar error.

4. *Incomplete Penetration (IP)* merupakan indikasi cacat pengelasan yang terjadi di daerah akar atau root, cacat ini bisa dikategorikan bahwa pengelasannya tidak tembus yang disebabkan oleh faktor amper yang kecil dan elektroda terlalu besar.

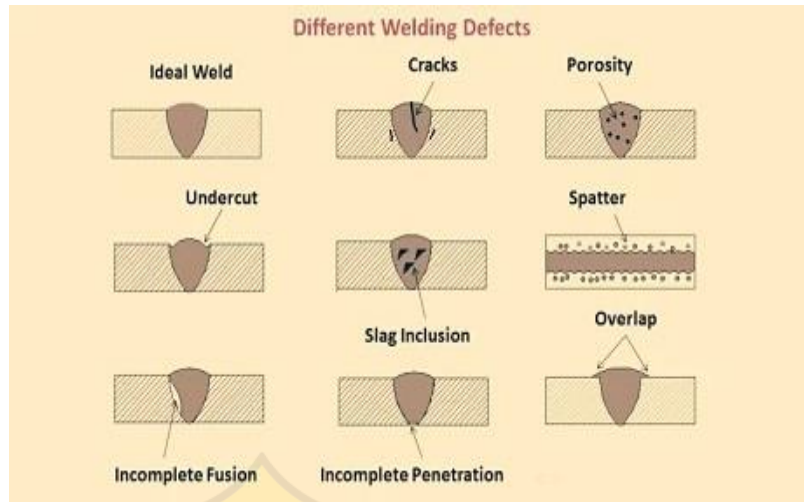
5. *Crack* atau retak adalah cacat pengelasan yang bias terjadi dimana saja baik itu di permukaan, internal bahkan di root, cacat ini bias dilihat dengan visual dan bisa juga diuji dengan *Non Destructive Test (NDT)*, cacat ini bias disebabkan oleh beberapa faktor seperti, permukaan yang kurang bersih dan pendinginan cepat.

6. *Overlap (Tumpang Tindih)*

Tumpang tindih atau overlap adalah cacat pengelasan dimana bahan pengisi di ujung las menutupi logam tanpa ikatan, yang artinya kolam las mengalir secara berlebihan dimana kondisi ini terjadi logam las membentuk sudut di bawah 90 derajat.

7. *Incomplete Fusion*

Incomplete fusion atau dikenal sebagai kurang fusi dimana cacat ini terjadi karena pengelasan yang kurang maksimal atau bias dibidang dimana gerakan elektroda pada saat pengelasan dimana logam induk dan samping logam las tidak menyatu.

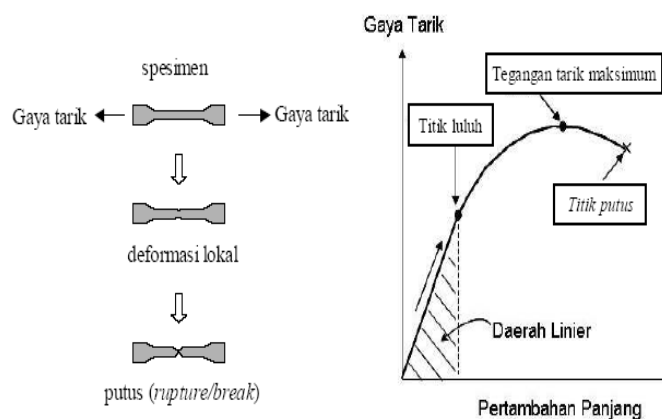


Gambar 2.13 Jenis-Jenis Cacat Pengelasan

Sumber (<https://logamceper.com/jenis-jenis-cacat-las/>)

2.3. Uji Tarik

Pengujian uji tarik dilakukan untuk mengukur kekuatan suatu benda terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan. Dalam uji tarik, benda uji akan diberikan beban dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sampai material putus untuk menganalisa sifat mekanik pada material tersebut. Salah satu cara untuk mengetahui sifat mekanik material tersebut dengan dilakukan uji tarik. Sifat mekanik yang dapat ditunjukkan adalah kekuatan elastisitas dan plastis dari material tersebut. Nilai kekuatan elastisitas dan plastis dari material uji dapat dilihat dari kurva uji tarik (Sihombing et al., 2022).



Gambar 2.14 Kurva uji tarik

Sumber (fhianunikoe.blogspot.com)

Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban luas penampang mula benda uji.

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_0}$$

Dimana :

σ_u = Tegangan ultimate (kn/mm²)

F_u = Beban ultimate (kN)

A_0 = Luas penampang mula dari penampang batang (mm²)

Regangan atau persentase pertambahan panjang, dihitung dengan membagi perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur awal benda uji.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{l_0} \times 100\% = \frac{L - L_0}{l_0} \times 100\%$$

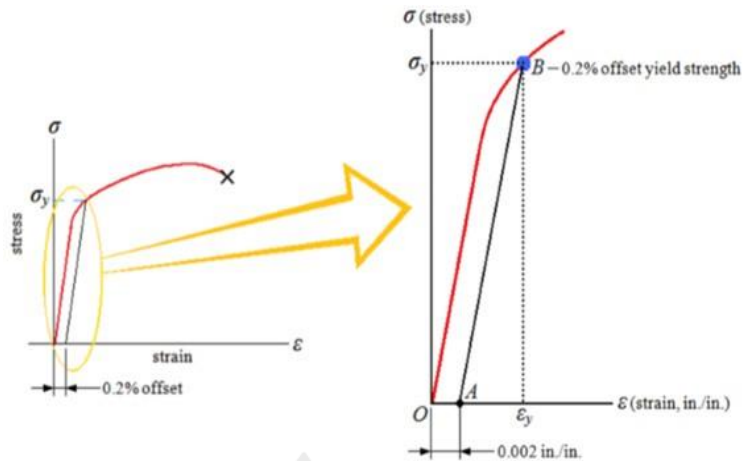
Dimana

ε = Regangan (%)

L = Panjang akhir (mm)

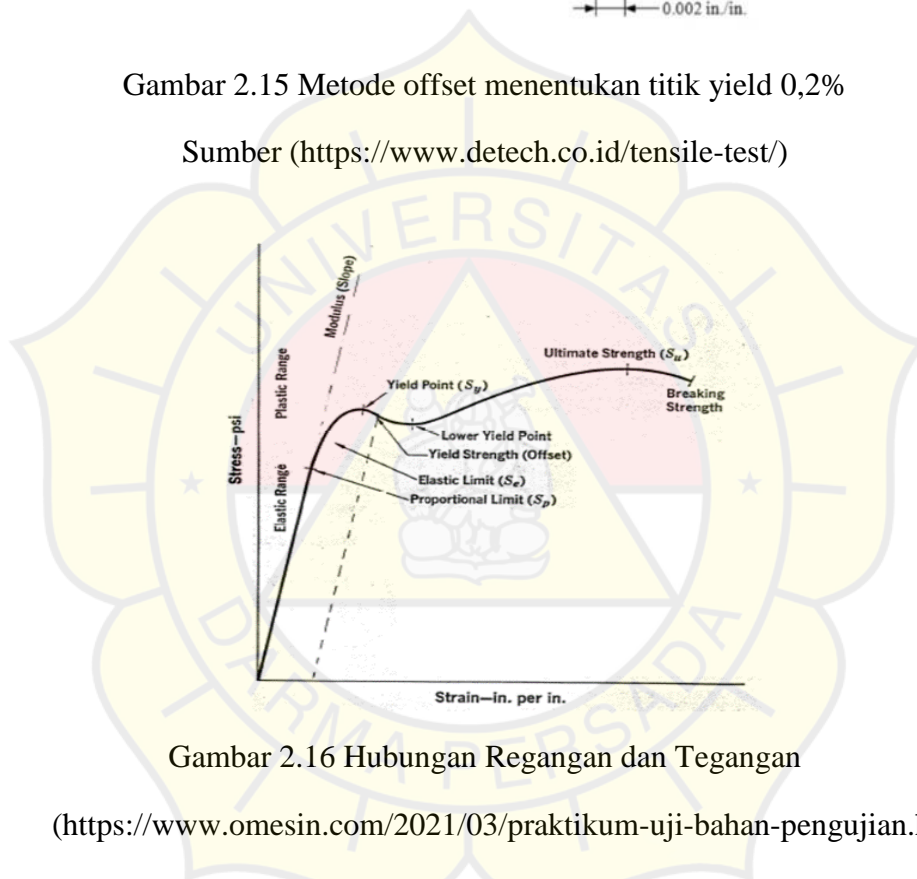
L_0 = Panjang awal (mm)

Pembebanan tarik terjadi secara terus-menerus dengan bertambahnya beban hingga terjadi perubahan bentuk berupa pertambahan panjang dan pengecilan luas sehingga mengakibatkan patah pada benda.



Gambar 2.15 Metode offset menentukan titik yield 0,2%

Sumber (<https://www.detech.co.id/tensile-test/>)



Gambar 2.16 Hubungan Regangan dan Tegangan

(<https://www.omesin.com/2021/03/praktikum-uji-bahan-pengujian.html>)

Kekuatan tarik adalah kemampuan suatu benda untuk menahan dan menyerap gaya yang sejajar dengan sumbunya sebelum mengalami deformasi. Pada uji tarik, benda diuji dibebani bertahap hingga mencapai beban maksimum sehingga material yang di uji mengalami perubahan bentuk berupa pertambahan panjang sampai benda uji tersebut patah (Rahmatika et al., 2021).

Ada beberapa macam yang bisa dilihat pada saat uji tarik

1. Batas Proporsional (*Proportionality limit*) adalah area tegangan dan regangan memiliki hubungan proporsionalitas satu sama lain, atau peningkatan regangan sebanding dengan hubungan linear.
2. Elastisitas dan Plastisitas logam, ketika suatu logam diterapkan pada logam, berubah bentuknya yang artinya logam tersebut akan berubah bentuk. Ketika gaya yang bekerja pada logam dihilangkan, logam akan kembali ke bentuk awalnya (*irrecoverable*), disebut deformasi plastis.
3. Batas elastis adalah titik dimana tegangan yang diberikan akan menyebabkan deformasi permanen, atau plastis jika tegangan dihilangkan.
4. Titik luluh (*yield strength*) merupakan batas dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa mengalami tegangan tambahan atau bisa dikatakan titik transisi yang menunjukkan perubahan dari deformasi elastik ke plastis.
5. Kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*) adalah beban maksimum yang dapat ditahan oleh suatu material sebelum material tersebut patah.
6. Kekuatan Putus dihitung dengan membagi beban saat sampel dengan luas penampang awal. Jika patah suatu bahan mengalami deformasi elastis dan plastis sebelum patah, bahan tersebut dianggap ulet. Sebaliknya, bahan getas tidak mengalami deformasi plastis sebelum mengalami patah. Hal ini dapat dilihat dari bentuk patahan.

2.3.1. Sifat Mekanis Material

Sifat mekanik merupakan respon atau perilaku suatu material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berupa gaya, torsi atau penggabungan keduanya. Jika suatu material memiliki sifat

mekanik yang sangat baik, tetapi sifat lainnya kurang baik, tindakan sering diambil untuk mengatasi masalah ini dengan berbagai cara. Misalnya, baja memiliki sifat yang baik (cocok untuk digunakan), tetapi ketahanan korosinya rendah salah satu langkah yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan mengecat material yang tahan akan korosif. Beberapa sifat-sifat mekanik (Harahap et al., 2022).

Beberapa sifat-sifat mekanik yaitu;

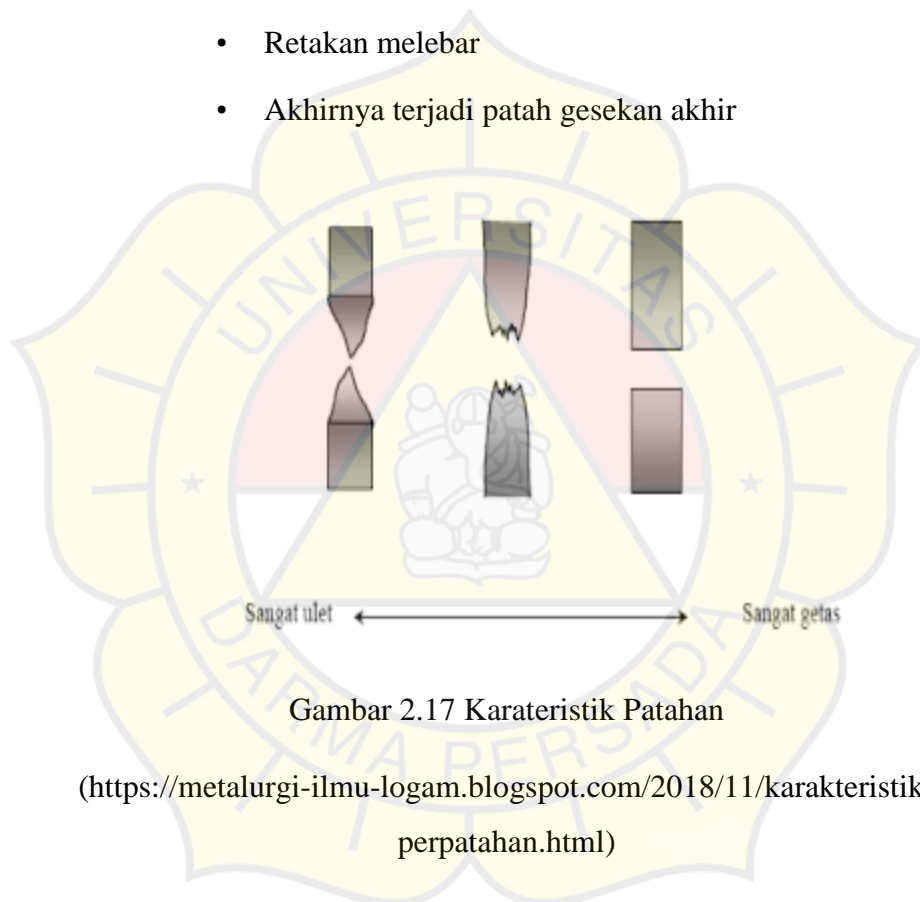
- a. Kekuatan (*Strength*) adalah kemampuan suatu bahan untuk menyerap tegangan tanpa merusaknya. Kekuatan ini bervariasi menurut jenis beban yang diterapkan: kuat tarik, kuat tekan geser, kuat punter, kuat geser, dan kuat lentur.
- b. Kekerasan adalah ketahanan suatu bahan material terhadap goresan, keausan dan penetrasi.
- c. *Elastisitas* adalah kemampuan suatu bahan dalam menyerap tegangan setelah dihilangkan tanpa menimbulkan deformasi permanen
- d. *Plastisitas* adalah sifat suatu bahan untuk menahan deformasi plastis (permanen) dalam jumlah tertentu tanpa menimbulkan kelelahan. Material yang dapat mengalami deformasi plastis disebut material bersifat ulet. Sebaliknya material yang tidak mengalami *deformasi plastis* dikatakan memiliki kerapuhan yang rendah.
- e. Kekakuan adalah kemampuan suatu bahan dalam menyerap tegangan dan regangan tanpa menimbulkan deformasi.
- f. Ketangguhan adalah kemampuan suatu material memperoleh energy tanpa menyebabkan kerusakan.
- g. Kelelahan adalah kecendrungan logam untuk patah dibawah beban berulang jauh di bawah batas kekuatan elastisitasnya.

Berdasarkan sifat elastis dan plastis maka terjadi patahan yaitu;(Fandi, 2018)

- Patahan Ulet (*Ductile*)

Ciri-ciri sampel uji tarik mengalami patah ulet.

- Penyimpitan awal
- Terbentuknya lubang-lubang kecil
- Lubang bergabung membentuk retakan
- Retakan melebar
- Akhirnya terjadi patah gesekan akhir



Gambar 2.17 Karakteristik Patahan

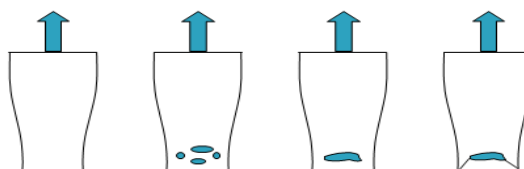
(<https://metalurgi-ilmu-logam.blogspot.com/2018/11/karakteristik-perpatahan.html>)

- Patahan Getas

Terjadinya patahan getas

- Bahan tidak berubah atau hanya sedikit berubah bentuk
- Tempo terjadinya patah lebih cepat yang artinya tanpa ada terjadi deformasi plastis terlebih dahulu.
- Permukaan terlihat bentuk granular, berkilat dan memantulkan cahaya
- Sedikit mengalami reduksi luas penampang patahan

Ductile failure



Gambar 2.18 Terjadinya Patahan

Sumber (<https://metalurgi-ilmu-logam.blogspot.com/2018/11/>)

2.4. Kerangka Berfikir

Pengelasan adalah proses penyambungan logam menjadi satu, dalam proses pengelasan ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil efek pengelasan seperti: arus yang dipakai, posisi pengelasan, metode pengelasan dan skill tukang las. Pengelasan SMAW adalah pengelasan busur listrik yang menggunakan panas busur untuk menghasilkan logam. Didukung oleh arus listrik dipancarkan oleh ujung elektroda dan permukaan logam dasar. Selama pengelasan elektroda ini menyatu dengan logam dasar dan mengeras membentuk lapisan las, Ketika arus besar dialirkan, partikel logam cair menjadi lebih halus. Arus pengelasan sangat mempengaruhi panas yang dihasilkan di dalamnya sehingga sangat berpengaruh terhadap kekuatan tariknya sehingga dapat mempengaruhi kekuatan hasil pengelasan (A. L. Pratama, 2020).

2.5. Hipotesis

Hipotesis penelitian merupakan dugaan sementara terhadap hubungan dua variabel atau lebih. Dari teori (Arif Dwi C at al, 2017) yang telah dibahas diasumsikan bahwa metode pengelasan SMAW dengan posisi pengelasan *vertical downhill* akan menghasilkan kekuatan tarik

yang lebih rendah dibandingkan posisi lainnya, seperti posisi pengelasan *horizontal*, *vertical up hill*. Hal ini diasumsikan karena pengelasan *vertical downhill* mempengaruhi aliran logam sehingga mengakibatkan penetrasi yang kurang optimal.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan april 2024 hingga mei 2024. Pengambilan sampel dilaksanakan di Site Project PT AGRO MURNI –