

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Pengelasan pada sambungan las dengan material *Stainless Steel* pernah dilakukan oleh (Ir. Suheni. MT , Drs. Ir. Isnan harijanto, Ekky Permata Putra, 2015) dengan tema “analisa pengaruh kecepatan aliran gas pelindung dan arus terhadap kekerasan pada proses las mig dengan material stainless steel aisi 304” dalam metode ini digunakan material plat stainlees steel AISI 304 dengan ketebalan 6mm dimana pada tipe ini ada penambahan unsur molybdenum 3% sampai 4% sehingga memberikan perlindungan terhadap korosi, baik di gunakan pada peralatan yang berhubungan dengan air laut. Penambahana nikel sebesar 8.0 – 12.0 tetap mempertahankan struktur austentic.dengan menggunakan pengujian kekerasan dapat dianalisa, semakin besar kecepatan aliran gas argon dan arus yang digunakan maka semakin besar kekerasan yang dihasilkan,kekerasan yang dihasilkan antara daerah logam dan las dan daerah HAZ relative seimbang artinya kekuatan di daerah tersebut tidak jauh berbeda

Pada penelitian (Salahuddin Junus, 2011) menggunakan Aluminium 5083 telah dikenal sebagai aluminium yang memiliki performance yang sangat baik dalam lingkungan yang extrem. Pengelasan pada busur gas adalah cara pengelasan dimana gas yang dihembuskan ke daerah las untuk melindungi busur dan logam yang mencair terhadap atmosfer. Gas yang digunakan sebagai pelindung adalah

gas helium (He), gas (Ar) Argon, gas karbon dioksida (CO₂) atau campuran dari gas-gas tersebut.

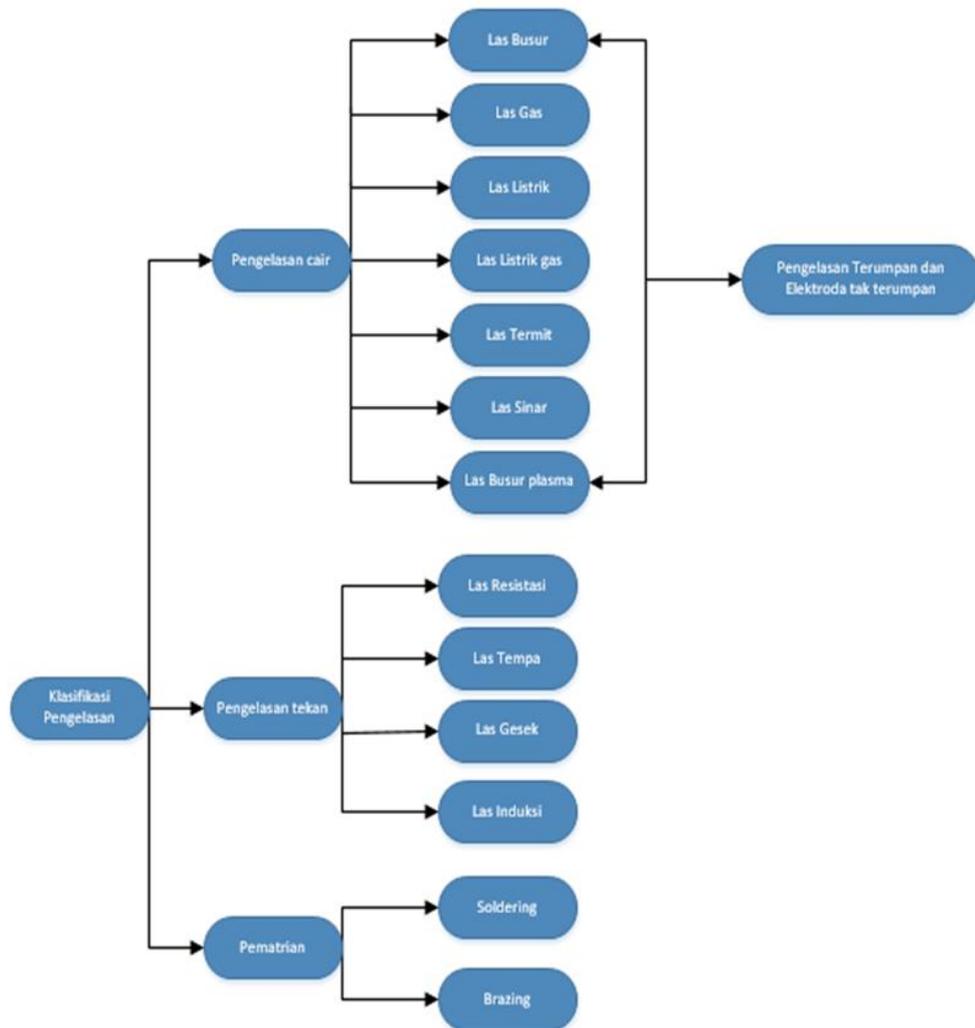
(Zakwan Hilmy, Nur Syahroni, Yoyok S. Hadiwidodo 2016) Gas pelindung adalah komponen dari proses pengelasan yang memiliki fungsi melindungi proses pengelasan (*weld metal* dan *weld pool*) dari kontaminasi udara sekitar (oksigen dan nitrogen). Argon memiliki potensial ionisasi yang rendah sehingga busur las yang dihasilkan stabil serta sedikit spatter. Karbon dioksida menghasilkan konduktivitas termal yang tinggi dan penetrasi yang dalam hal ini dikarenakan karbon dioksida memiliki potensial ionisasi yang tinggi sehingga busur yang dihasilkan tidak stabil dan menimbulkan banyak spatter

(Susanto, Linda Andri.) meneliti tentang pengaruh penggunaan gas pelindung Argon dan CO₂ terhadap kekerasan dan kekuatan tarik hasil pengelasan GMAW stainless steel AISI 304 pada posisi pengelasan 1G. Pengelasan GMAW banyak digunakan sebagai pengelasan baja kualitas tinggi salah satunya stainless steel. stainless steel banyak digunakan antara lain untuk industri dan perkapalan, tangki-tangki bahan kimia, sudu turbin uap, serta tangki penyimpanan susu dan alat-alat rumah tangga. Dalam pengelasan GMAW logam sambungan harus kuat sehingga agar tidak mudah patah dan retak. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi terbentuknya patah dan retak adalah difusi hydrogen. Untuk menghindari terbentuknya patah dan retak yang diakibatkan difusi hydrogen yaitu dengan menggunakan gas pelindung untuk mencegah hidrogen yang terkandung di atmosfer tidak terserap oleh logam cair pada saat proses pengelasan. Hal ini akan mempengaruhi struktur akhir yang terbentuk pada HAZ maupun logam las

sehingga mempengaruhi pengaruh pada kekerasan dan kekuatan tarik hasil pengelasan.

2.2 Dasar teori

Pengelasan adalah proses dimana penyambungan logam antara dua atau lebih dalam keadaan plastis atau cair dengan menggunakan panas (*heat*) atau tekanan (*pressure*) atau keduanya. Logam pengisi (*filler metal*) dengan temperatur lebur yang sama dengan titik lebur dari logam induk dapat atau tanpa digunakan dalam proses penyambungan tersebut. Sambungan las hanya logam pengisi filler metal yang akan mencair dengan dua bagian yang akan dilas, setelah filler metal membeku maka dua logam akan menyatu. Dari definisi tersebut las adalah sambungan dari beberapa batang dengan menggunakan energi panas sehingga terjadi ikatan antara atom-atom atau molekul molekul dari logam yang disambungkan (Yustiasih Purwaningrum, M. Fatchan 2013)



Gambar 2.1 klasifikasi pengelasan

Berikut definisi tentang las TIG atau GTAW :

1. Las TIG (Tungsten Inert Gas) atau (gas tungsten *active gas*) GTAW

Pengertian las TIG adalah jenis las yang menggunakan bahan berupa tungsten sebagai elektroda tidak terkonsumsi. Elektroda ini digunakan hanya dapat menghasilkan busur nyala listrik. Bahan penambah berupa batang las (filler), yang dicairkan oleh nyala busur tersebut, untuk mengisi kampuh logam induk. Untuk mencegah oksidasi dengan udara digunakan gas mulia (seperti Argon, Helium, Freon) dan CO₂ sebagai gas pelindung. Jenis las ini dapat digunakan dengan bahan penambah atau tidak. Las ini dapat menghasilkan sambungan las bermutu tinggi dengan peralatan yang relatif lebih murah.

2. Proses Pengelasan

Pada proses pengelasan dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Bahan penambah (Filler metal) ditambahkan ke dalam daerah las dengan mengumpalkan sebatang kawat polos. Teknik pengelasan ini mirip proses pada pengelasan OAW, tetapi pada pengelasan GTAW busur dan kawat las dilindungi dari pengaruh udara luar dengan selimut gas, biasanya gas argon, helium atau campuran dari keduanya. Inert gas disemburkan dari torch dan daerah disekitar elektroda tungsten. Hasil pengelasan menggunakan las GTAW menghasilkan permukaan yang halus, tanpa slag. Jenis yang lain proses GTAW adalah pulsed GTAW, yaitu dengan menggunakan sumber listrik sehingga dapat menghasilkan arus pengelasan pulsasi. Hal ini menghasilkan

penetrasi dan kontrol kawah las yang lebih baik, terutama untuk mengelas root pass.

Pulsed GTAW bermanfaat untuk mengelas pada pipa dengan posisi yang sulit seperti pada stainless steel dan *non ferrous* material seperti paduan nikel. GTAW bisa juga dilakukan dengan cara otomatis. Proses dengan cara otomatis ini membutuhkan sumber listrik dan program kendali. GTAW menggunakan pengumpan kawat otomatis disebut juga dengan *cold wire TIG*. Jenis lain dari proses GTAW otomatis disebut *hot wire TIG*. Pada *hot wire TIG*, kawat las mendapatkan tahanan panas yang berasal dari arus AC tegangan rendah untuk memperbesar kecepatan pengisian.

3. Elektroda Tungsten

Elektroda tungsten ialah elektroda tidak terumpan (*non consumable electrode*) yang dapat berfungsi menciptakan nyala busur yang digunakan untuk mencairkan kawat las yang ditambahkan dari luar dan benda yang akan disambung menjadi satu kesatuan sambungan. Elektroda ini tidak berfungsi sebagai logam pengisi sambungan sebagaimana yang biasa dipakai pada elektroda batang las busur metal maupun elektroda gulungan pada las MIG.

Elektroda tungsten murni dapat digunakan untuk pengelasan arus AC pada pengelasan aluminium maupun magnesium. Elektroda tungsten thorium digunakan untuk pengelasan arus DC. Elektroda tungsten Zirconium digunakan untuk AC- HF Argon dan AC *Balanced Wave* Argon. Elektroda tungsten disediakan dalam berbagai ukuran diameter dan panjang. Untuk

diameter dari mulai ukuran 0,254 mm sampai dengan 6,35 mm. Untuk panjang disediakan mulai dari 76,2 mm sampai dengan 609,6 mm.

4. Keuntungan TIG

Keuntungan pada proses pengelasan GTAW dapat menghasilkan pengelasan yang bermutu tinggi pada bahan material *ferrous* dan non *ferrous*. Dengan teknik pengelasan yang tepat, Keuntungan utama dari proses pengelasan ini yaitu, dapat digunakan untuk membuat *root pass* bermutu tinggi dari arah satu sisi pada berbagai jenis bahan. Oleh karena itu pengelasan GTAW digunakan secara luas untuk pengelasan pada pipa, dengan batasan arus mulai dari 5 sampai 300 amp, menghasilkan kemampuan lebih besar untuk mengatasi masalah pada posisi sambungan yang berubah-ubah. Sebagai contoh, pada pipa tipis (dibawah 0,20 inci) dan logam-logam lembaran, arus bisa diatur dengan cukup rendah sehingga pengendalian penetrasi dan pencegahan terjadinya terbakar tembus (*burnt through*) dapat lebih mudah dari pada pengerjaan dengan proses menggunakan elektroda yang terbungkus. Kecepatan pada pergerakan yang lebih rendah dibandingkan dengan pengelasan SMAW akan memudahkan pengamatan sehingga lebih mudah dalam mengendalikan logam las selama pengisian dan penyatuan.

5. Penerapan pada pekerjaan las GTAW

memiliki keunggulan pada pengelasan pipa tipis serta tubing stainless steel berdiameter kecil, paduan nikel, paduan tembaga dan aluminum. Pada pengelasan pipa tebal, pengelasan GTAW sering dipakai pada root pass untuk pengelasan yang membutuhkan kualitas tinggi, seperti pada pipa-pipa bertekanan tinggi dan temperatur yang tinggi dan pipa-pipa yang berbelok. Pengelasan GTAW dapat juga digunakan pada root pass apabila membutuhkan permukaan yang dalam serta licin, seperti pada pipa-pipa dalam acid service. Karena ada perlindungan inert gas terhadap pengelasan dan mudah dalam mengontrol proses pengelasan, membuat GTAW sering kali digunakan pada logam reaktif seperti titanium dan magnesium. Pada pipa-pipa tipis, 0,125 inci atau kurang, bisa digunakan pada sambungan berbentuk persegi dan rapat. Root pass dikerjakan tanpa harus menambahkan filler metal (disebut dengan *autogenous weld*). Pada pipa tebal, bagian ujung sambungan harus dibevel atau di buat kampuh, diluruskan dan diberi celah (disebut dengan bukaan akar), kemudian ditambahkan filler metal selama pengelasan *root pass*. Sebagai pengganti untuk filler metal, bisa juga disisipkan *consumable insert* (ring penahan) ke dalam sambungan, yang nantinya bersatu dengan root (sebagai filler metal tambahan)

6. Kelemahan TIG

Kelemahan proses las GTAW adalah laju pengisian yang lebih rendah dibandingkan dengan proses pengelasan pada SMAW. Disamping itu

juga, las GTAW membutuhkan kontrol kelurusan sambungan lebih ketat, agar menghasilkan pengelasan yang bermutu tinggi pada pengelasan dari arah satu sisi. Pengelasan GTAW juga membutuhkan kebersihan sambungan yang lebih baik untuk menghilangkan minyak, grease, karat, dan kotoran lain agar terhindar dari *porosity* dan cacat las. Pengelasan GTAW harus dilindungi dengan cara rhati-hati dari kecepatan udara di atas 5 mph untuk mempertahankan perlindungan inert gas di atas kawah las. Pengelasan dengan *consumable* insert membutuhkan kontrol kelurusan sambungan yang teliti.

7. Gas pelindung

Fungsi utama dari gas pelindung adalah untuk menghindari terjadinya oksidasi dari udaral uar terhadap cairan akan mengakibatkan kurang sempurnanya perpaduan antara bahan tambah (*filler rod*) dengan cairan bahan yang disambung. Disamping fungsi tersebut, gas lindung juga berfungsi :

- 1) Mempengaruhi sifat busur
- 2) Moda transfer metal
- 3) Penetrasi dan profil jalur las
- 4) Kecepatan las
- 5) Kecenderungan untuk sisi longsor (*undercut*)
- 6) Aksi pembersihan
- 7) Sifat mekanis bahan las

Jenis-jenis gas pelindung:

A. Argon (Ar)

Adalah gas inert yang monoatomik dengan berat molekul 40 yang dapat diperoleh dengan mencairkan udara. Digunakan untuk pengelasan merupakan gas argon murni (min 99,95 %) untuk metal yang tidak reaktif, namun untuk metal yang reaktif dan metal tahan panas, tingkat kemurniannya lebih tinggi (99,997%).

B. Helium (He)

Helium ialah gas inert yang monoatomik dan sangat ringan, memiliki berat denga atom 4, didapat dari pemisahan gas alam, jika digunakan pada pengelasan harus dimurnikan menjadi 99,99%.

Lebih banyak menghantarkan panas daripada argon. Dengan tenaga panas yang lebih tinggi tersebut, helium banyak digunakan untuk pengelasan menggunakan tenaga mekanis.

Gas pelindung helium jika digunakan sendiri tanpa dicampur dengan gas argon dapat menghasilkan voltase busur yang lebih tinggi jika variable lainnya di pertahankan tetap, hal ini disebabkan oleh potensi ionisasi yang lebih tinggi pula Busur yang dihasilkan dengan pemakaian gas pelindung helium tidak menghasilkan transfer semprot aksial yang sebenarnya pada besaran arus mana saja dengan stabilitas busur yang terbatas. Akibatnya terdapat banyak percikan (spatter) pada jalur las.

Namun untuk beberapa pada pengelasan tertentu justru diperlukan penggunaan helium murni agar didapatkan penetrasi yang dalam, jalur las yang lebar dan melengkung/parabol. Penggunaan gas helium murni juga menyebabkan sulitnya penyalaan awal elektroda.

C. Campuran Argon dan Helium

Argon mempunyai berat sekitar 10 x helium, karena beratnya begitu meninggalkan moncong obor, gas argon akan langsung menyelimuti jalur cairan logam yang di las, sedangkan helium yang lebih ringan dari argon akan naik keatas menghalangi penetrasi udaraluar ke dalam daerah nyala las.

Jadi dengan dikombinasikannya kedua jenis gas ini akan menghasilkan campuran yang fungsi lindungnya sangat optimal.

Campuran gas argon dan helium (80% argon, 20% helium) akan menghasilkan transfer semprot aksial, apabila arus mencapai di atas nilai transisi dan penetrasi yang dalam serta jalur las yang lebar dan parabol.

Pada pengelasan yang menggunakan teknik transfer arus pendek dimana diperlukan masukan panas (heat input) yang besar agar terjadi fusi yang baik, disarankan agar digunakan gas lindung campuran antara argon dan helium (60 hingga 90% helium).

Campuran argon dengan sedikit helium diperlukan untuk gas lindung pengelasan stainless steel dan baja paduan rendah.

Campuran argon helium yang mengandung helium antara 50 sampai 75 % dapat meningkatkan voltase.

D. Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon Dioksida memiliki sifat perpindahan panas yang baik. Menghasilkan penetrasi las sangat dalam tetapi dengan busur yang tidak stabil dan, karena kereaktifannya banyak terdapat percikan atau spatter. Karbon dioksida dapat digunakan murni (*only for short-circuiting*) atau atau campuran dengan 5 sampai 25 argon%, kadang-kadang sampai dengan 50%. Meningkatnya persentase karbon dioksida meningkatkan lebar dan kedalaman penetrasi las. Untuk pengelasan baja tahan karat di mana karbon mengontrol konten yang diperlukan, sebuah argon-helium dicampur dengan 1-2% karbon dioksida juga dapat digunakan.

2.3 Penjelasan Singkat *Stainless Steel*

Stainless steel dibicarakan terutama ketika ada masalah korosi atau oksidasi Fungsi dari Stainless Steel tidak dapat diduplikasi oleh bahan lain termasuk biaya. Lebih dari 50 tahun yang lalu, itu ditemukan bahwa minimal 12% kromium akan memberi ketahanan korosi dan oksidasi terhadap baja. Oleh karena itu definisi ” *Stainless Steel* ” , adalah paduan besi yang mengandung minimal 12 % kromium untuk ketahanan korosi . Perkembangan ini adalah

mulai dari keluarga paduan yang telah memungkinkan kemajuan dan pertumbuhan proses kimia serta sistem pembangkit listrik di mana teknologi ini di masyarakat kita sangat dibutuhkan . Selanjutnya beberapa kategori penting dari baja tahan karat telah dikembangkan. Sub – kategori yang austenitik , martensit , feritik , dupleks , precipitation hardening dan paduan super .

Grade Austenitic adalah merupakan paduan yang umum digunakan untuk aplikasi *Stainless steel*. Grade austenitic tidak magnetis. Paduan austenitik paling umum adalah baja ironchromium – nikel dan secara luas dikenal sebagai seri 300. Austenitik stainless steel, mempunyai kandungan kromium tinggi dan nikel, adalah kelompok stainless steel yang paling tahan korosi, memberikan sifat mekanik yang sangat baik . Stainless Steel tidak bisa mengeras oleh perlakuan panas, tetapi dapat mengeras secara signifikan dengan pekerjaan dingin .

2.4 Karakteristik *Stainless Steel* 316L

Baja tahan karat merupakan kelompok baja paduan tinggi yang berdasarkan pada sistem Fe-Cr, Fe-Cr-C, dan Fe-Cr-Ni dengan unsur paduan utama minimal 10,5% Krom (Cr) dan Nikel (Ni) dengan sedikit unsur paduan lain seperti Molibdenum (Mo), Tembaga (Cu) dan Mangan (Mn). Kadar kromium tersebut merupakan kadar minimum untuk pembentukan permukaan pasif oksida yang dapat mencegah oksidasi dan korosi . Salah satu kelompok baja tahan karat yang banyak digunakan adalah baja tahan karat austenitik. Elemen yang mendukung pembentukan austenit, paling dominan adalah nikel, yang ditambahkan ke baja dalam jumlah yang sangat banyak (pada umumnya lebih dari 8 % wt). Elemen pendukung lainnya adalah C, N dan Cu.

Baja tahan karat austenitik mempunyai kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan baja tahan karat yang lainnya. Baja tahan karat austenitik mempunyai sifat ketahanan korosi dan mampu las yang lebih baik dibandingkan baja tahan karat lainnya.

1.5 komposisi steanlis stell 316 L

AISI Type (UNS)	Typical Composition (%)								
	Cr	Ni	C	Mn	Si	P	S	Mo	N
316L (S31603) Austeniti	16-18	10-14	0.03	2.0	0.75	0.045	0.030	2.0-3.0	0.10

Tabel 2.1 komposisi stainless stell 316L

Sumber : <https://www.caesarvery.com/2017/02/macam-macam-stainless-steel-ss.html>

2.6 Pengujian Metode Uji Kekerasan

Pengujian Kekerasan (*Hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) Kekerasan material harus diketahui khususnya untuk material dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*).

Kekerasan dapat diartikan juga sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Pada dunia teknik umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan, yakni :

- *Brinell* (HB / BHN)
- *Rockwell* (HR / RHN)
- *Vickers* (HV / VHN)
- *Micro Hardness* (Namun jarang sekali dipakai-red)

a. pengujian Kekerasan *Brinell*

Pengujian brinell adalah salah satu cara pengujian kekerasan yang paling banyak digunakan. Pada pengujian brinell digunakan bola baja yang dikeraskan sebagai indentor. Kekerasan Brinell di hitung sebagai

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

BHN = Luas tampak tekan

P = Gaya tekan (kg)

D = Diameter bola indentor [mm]

d = Diameter tampak tekan [mm]

b. Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Pada pengujian cara *rockwell* pengukuran langsung dilakukan oleh mesin, mesin langsung menunjukkan angka kekerasan dari bahan yang sedang di uji. Cara ini dapat lebih cepat dan lebih akurat pada cara *rockwell* yang normal permukaan logam yang di uji di tekan oleh indenter dengan gaya tekan 10 kg, beban awal sehingga ujung indikator menembus permukaan sedalam H.

Selama penekanan di teruskan dengan memberikan beban utama di lepas hanya tinggal beban awal pada saat ini kedalaman penetrasi ujung indenter adalah dengan cara *rockwell* dapat digunakan beberapa skala tergantung pada kombinasi jenis indenter dan besar beban utama yang digunakan.

c. Pengujian Kekerasan *Vickers*

Pengujian kekerasan *Vickers* ini juga didasarkan kepada penekanan dengan sebuah indenter dengan suatu gaya tekan tertentu ke permukaan yang rata dan bersih dari logam yang di uji kekerasannya. Setelah gaya tekan dikembalikan ke gaya minor maka yang dijadikan dasar perhitungan nilai kekerasan *Vickers* bukanlah hasil pengukuran diameter ataupun diagonal bekas lekukan tetapi justru (dalamnya bekas lekukan yang terjadi).

Inilah cara vickers dibandingkan angka kekerasan vickers dihitung dengan:

$$HV = \{2P \sin (\alpha/2)\}/d^2 = 1,854 P/d^2$$

Dimana :

P = Gaya tekan (kg)

D = Diagonal tampak tekan rata rata (mm)

α = Sudut puncak indenter = 136

Hasil pada pengujian kekerasan *vickers* ini tidak akan bergantung pada besar gaya tekan (tidak seperti pada *Brinell*), dengan gaya tekan yang berbeda akan menunjukkan hasil yang sama untuk bahan yang sama. dengan demikian *vickers* dapat mengukur kekerasan bahan mulai dari yang sangat lunak, sampai bahan yang amat keras tanpa perlu mengganti gaya tekan.

d. Kampuh

Sambungan kampuh V digunakan untuk menyambung logam atau plat dengan ketebalan 3-15 mm. Sambungan ini terdiri dari sambungan kampuh V terbuka dan sambungan kampuh V tertutup.

Sambungan kampuh V terbuka dipergunakan untuk menyambung plat dengan ketebalan 3-15 mm dengan sudut

kampuh antara 15° - 30° jarak akar 2 mm, tinggi akar 1-2 mm (Sonawan, 2004).

2.7 Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan mengetahui seberapa besar kekuatan tarik benda saat dilakukan Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*.

untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa

Pada pengujian tarik beban yang diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda yang diuji dan dihasilkan kurva tegangan dan regangan, tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula pada benda yang diuji. Berikut rumus untuk mencari nilai dari pengujian tarik :

1) Tegangan luluh

$$\text{Tegangan } \sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana: σ = Tegangan Luluh (N/mm²)

F = Gaya Luluh (N)

A = Luas penampang

2) Regangan (*strain*)

$$\text{Regangan } (\mathcal{E}) = \frac{L_i - L_o}{L_o} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

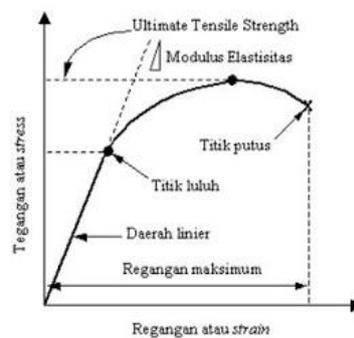
$(\mathcal{E}) = \text{Regangan (\%)}$

$L_0 = \text{Panjang Awal Penampang (mm)}$

$L_i = \text{Panjang Akhir Penampang (mm)}$

3) Modulus Elastisitas

$$Y = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F}{\Delta L / L_0} \dots \dots \dots (3)$$



Gambar 2.2 Batas elastis dan tegangan luluh 0,2 % (Sumber: Smith 1984)