

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian yang telah dilakukan oleh Sudargo, Triyono, dan Diharjo (2011), tentang pengaruh filler dan arus listrik terhadap sifat fisik mekanik sambungan las *GMAW* antara baja karbon dan j4. Hasil dari penelitian tersebut adalah

1. Pengelasan dengan filler ER 309 L dan ER 70 S mempengaruhi kekerasan HAZ karena terjadi penggetasan akibat endapan paduan krom.
2. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sambungan las dengan menggunakan filler ER 309 L dan menggunakan arus sebesar 80 A mempunyai kekuatan tarik tertinggi yaitu 314,58 MPa, sedangkan pada hasil sambungan las dengan menggunakan filler ER 70 S dan arus sebesar 60 A mempunyai kekuatan tarik terendah yaitu 281,83 Mpa.

2.2 Dasar Teori

Adapun dasar dasar teori yang mendasari tugas akhir ini

2.2.1 Pengelasan

Pengelasan merupakan suatu ikatan karena adanya proses metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair. Dari pengertian tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut

bahwa pengertian las adalah suatu sambungan dari dua batang logam atau lebih dengan menggunakan energi panas.

Macam Macam Pengelasan :

1). Las SMAW

Las *SMAW* adalah suatu proses penyambungan logam dengan cara mencairkan dua buah bahan melalui busur listrik sehingga menjadi satu kesatuan yang tidak mudah di pisahkan.

Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah suatu proses pengelasan yang menggunakan busur nyala listrik sebagai panas pencair logam. Busur listrik terbentuk diantara logam induk dan elektroda terlindung. Karena panas dari busur listrik maka logam induk dan ujung elektroda akan mencair lalu membeku bersama.

2). Las Argon (GTAW)

Las argon merupakan suatu proses pengelasan dimana busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda tungsten dengan benda kerja logam. Pada daerah pengelasan dilindungi oleh gas lindung agar tidak berkontaminasi dengan udara luar. Pada pengelasan ini Kawat las dapat ditambahkan atau tidak tergantung dari bentuk sambungan dan ketebalan benda kerja yang akan di las.

3) Las OAW

Las *OAW* merupakan suatu proses pengelasan secara manual, dimana permukaan yang akan disambung mengalami pemanasan sampai mencair oleh nyala gas asetilin yaitu pembakaran C_2H_2 dengan O_2 , dengan atau tanpa logam pengisi, dan tanpa penekanan saat proses pengelasan (Sutrimo, 2007). Proses pengelasan *OAW* yang dilakukan secara manual tersebut sangat membutuhkan keahlian orang yang melakukan pengelasan. Juru las harus memiliki pengetahuan tentang proses pengelasan *OAW* yang meliputi teknik pengelasan, parameter las, persiapan bahan, keterampilan pengelasan serta kualitas hasil las.

4) Pematrian

Pematrian merupakan menyambung dua logam dengan sumber panas dan menggunakan bahan tambah yang mempunyai titik cair lebih rendah, pada proses pematrian ini logam induk tidak ikut mencair. Berikut contoh dari pematrian:

- a. Brazing
- b. Soldering

2.2.2 Daerah Pengelasan

Daerah pengelasan adalah daerah yang terkena pengaruh panas pada saat pengelasan, pengaruh panas tersebut menyebabkan perubahan struktur mikro, sifat mekanik dan ada yang tidak merubah struktur mikro dan sifat mekanik.



Gambar 2.1 Daerah pengelasan (Purnomo 2016)

1. Daerah inti atau yang berwarna merah adalah daerah utama pengelasan yang mengalami pembekuan. Struktur mikro pada logam las memiliki ciri dengan adanya struktur berbutir panjang (*columnar grains*).
2. *Heat Affacted Zone* (HAZ) adalah daerah yang mengalami perubahan struktur mikro dan sifat-sifat mekanismenya akibat pengaruh dari panas yang dihasilkan pada daerah inti. Daerah HAZ dapat diartikan sebagai daerah paling kritis dari sambungan las, dikarenakan selain adanya perubahan pada strukturnya juga terjadi perubahan sifat pada daerah pengelasan.

3. Logam Induk adalah daerah yang mana adanya panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan perubahan struktur mikro dan sifat mekanik.

2.2.3 Las TIG

a) Pengertian Las TIG

Las TIG merupakan proses pengelasan dimana busur nyala listrik ditimbulkan dari elektroda tungsten (elektroda tak terumpan) dengan benda kerja logam. Pada daerah pengelasan dilindungi oleh gas lindung agar tidak berkontaminasi dengan udara sekitar. Pada pengelasan TIG kawat las dapat ditambahkan atau tidak tergantung dari ketebalan dan bentuk sambungan logam yang akan dilas. Las TIG atau sering juga disebut dengan las GTAW merupakan salah satu dari bentuk las busur listrik (Arc Welding) yang menggunakan inert gas sebagai pelindung dengan tungsten. Pengelasan busur tungsten gas dapat digunakan hamper untuk semua jenis logam dengan berbagai ketebalan, tetapi las TIG paling banyak digunakan untuk pengelasan aluminium dan baja tahan karat. Pengelasan ini dapat digunakan secara manual ataupun dengan mesin secara otomatis.

Pada las TIG jika menggunakan logam pengisi, maka harus ditambahkan dari luar baik menggunakan kawat maupun batangan, yang akan dilebur oleh panas busur yang timbul antara benda kerja logam dan elektroda. Tetapi bila digunakan untuk mengelas plat tipis

tidak perlu menggunakan logam pengisi. Tungsten dipilih sebagai elektroda karena memiliki titik lebur yang tinggi sebesar 3410°C sebagai gas pelindung biasanya digunakan gas argon dan helium atau gabungan dari keduanya.

b) Karakter mesin Las TIG

Mesin las TIG merupakan mesin las pembangkit arus AC/DC yang digunakan untuk proses pengelasan TIG. Saat ini teknologi mesin las sudah berkembang pesat termasuk pada mesin las TIG, ada beberapa yang masih manual tetapi mesin las telah banyak yang otomatis, sebagai contoh adalah miller dynasty 200, mesin ini lebih praktis karena dari ukurannya yang tidak terlalu besar tetapi busur las yang dihasilkan stabil.

c) Kelebihan dan kekurangan las TIG

Mesin las TIG merupakan mesin las pembangkit arus AC/DC yang digunakan untuk proses pengelasan TIG.

Pada proses pengelasan *TIG* Keuntungan yang dihasilkan adalah pengelasan bermutu tinggi pada bahan-bahan ferrous dan non ferrous. Dengan menggunakan teknik pengelasan yang tepat, semua pengotor dapat dihilangkan. Keuntungan utama dari proses ini yaitu dapat digunakan untuk membuat root pass bermutu tinggi dari arah satu sisi pada berbagai jenis bahan. Oleh karena itu las *TIG* digunakan secara luas pada pengelasan pipa, dengan batasan arus mulai dari 5 A hingga 300 A, menghasilkan kemampuan lebih besar

untuk mengatasi masalah pada posisi sambungan yang berubah-ubah seperti celah akar. Sebagai contoh, pada pengelasan pipa tipis (dibawah 0,20 inci) dan logam-logam lembaran, arus bisa diatur cukup rendah sehingga pengendalian penetrasi dan pencegahan terjadinya terbakar tembus (*burnt through*) lebih mudah dari pada

. pengerjaan dengan proses menggunakan elektroda terbungkus.

Kecepatan gerak yang lebih rendah dibandingkan dengan *SMAW* akan memudahkan pengamatan sehingga lebih mudah dalam mengendalikan logam las selama pengisian dan penyatuan

Kelemahan utama proses las *TIG* yaitu laju pengisian lebih rendah dibandingkan dengan proses las *SMAW*. Disamping itu, las *TIG* butuh kontrol kelurusan sambungan yang lebih ketat untuk menghasilkan pengelasan bermutu tinggi pada pengelasan dari arah satu sisi. Las *TIG* juga butuh kebersihan sambungan yang lebih baik untuk menghilangkan minyak, grease, karat, dan kotoran-kotoran lain agar terhindar dari porosity dan cacat-cacat las lain. Las *TIG* harus dilindungi secara berhati-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.

2.2.4 Material

1. Baja Karbon Rendah

Kandungan karbon pada baja ini yaitu antara 0.025% sampai 0.25 %. Karena kadar karbonnya yang sangat rendah maka baja ini lunak dan tentu saja tidak dapat dikeraskan, dapat ditempa, dituang, dan mudah dilas. Baja dengan presentase karbon dibawah 0.15 % biasanya digunakan untuk konstruksi jembatan dan bangunan.

2. Baja Karbon Menengah

kandungan karbon pada baja ini yaitu antara 0.25 sampai 0.55 % . Baja jenis ini dapat dikeraskan dan di tempering, dapat dilas dan mudah dikerjakan pada mesin dengan baik. baja karbon menengah ini biasanya digunakan untuk poros/as, engkol dan sparepart lainnya.

3. Baja Karbon Tinggi.

Kandungan karbon pada baja ini yaitu antara 0.55 sampai 0.70 % Karena kadar karbon yang tinggi maka baja ini lebih mudah dan cepat dikeraskan dari pada yang lainnya dan memiliki kekerasan yang baik, tetapi susah di bentuk pada mesin dan sangat susah untuk dilas. Penggunaan baja ini biasanya untuk pegas/per, dan alat-alat pertanian.

Tabel 2.1 komposisi Baja Karbon Rendah

Type	Typical Composition (%)							
	Cr	Ni	C	Mn	Si	P	S	Mo
Baja Karbon Rendah	0,0188	0,0109	0,0387	0,0925	0,0235	0,0120	0,0006	0,0020

4. Stainless Steel

stainless steel merupakan 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 .

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, merupakan 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 .

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

2. komposisi Stainless Steel

Tabel 2.2 Komposisi Stainless Steel 316L

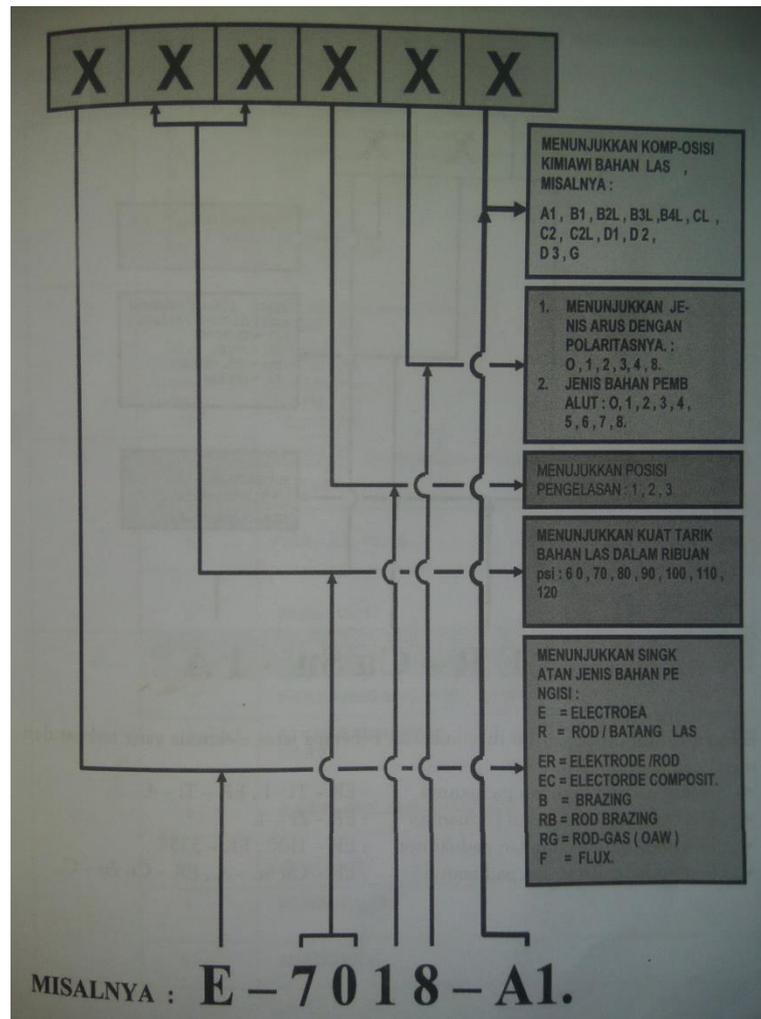
Type	Typical Composition (%)								
	Cr	Ni	C	Mn	Si	P	S	Mo	N
Stainless Steel 316L	16-18	10-14	0.03	2.0	0.75	0.045	0.030	2.0-3.0	0.10

2.2.5 Filler las TIG

Filler merupakan logam pengisi kampuh las (*filler metal*) pada proses las *GTAW / TIG*. Pemilihan bahan tambah pad alas *TIG* tergantung dari logam dasar (base metal) yang akan dilas. Biasanya *filler rod* dibuat dari logam yang komposisinya lebih unggul dibanding logam dasar, mengingat dalam proses pengelasan ada beberapa unsur logam yang berkurang atau bertransformasi strukturnya sehingga berdampak pada pengurangan sifat-sifat mekanik logam.

Ada beberapa macam bahan tambah las *TIG*, yang mana macamnya tergantung dari logam induk yang akan di las. Untuk memudahkan pemilihan dan menstandarkan kebutuhan bahan tambah las *TIG* maka dibuat kodefikasi.

Berikut macam-macam kodefikasi *filler* dan kegunanya



Gambar 2.2 kode Filler las GTAW

(Sumber: Sri Widharto 2013)

A. ER70S-6 DAN ER70S

Kode ER70S-2, ER70S-6 dan beberapa pilihan ER70S seri lainnya dengan angka yang berbeda di akhir klasifikasi *Filler rod* diatas digunakan untuk mengelas pipa berdiameter kecil dan pelat baja, maupun lajur akar (*root pass*) pada pengelasan pipa.

B. ER308 dan ER308L

Merupakan *filler rod* yang paling umum digunakan untuk mengelas *stainless steel* tipe 304 maupun tipe seri 300 lainnya, yang secara luas digunakan di bidang manufaktur.

C. ER309 dan ER309L

Merupakan Filler yang digunakan untuk pengelasan logam induk yang berbeda (*dissimilar*) . Dapat menangani panas tinggi serta memiliki ketahanan korosi yang baik .

D. ER316 dan ER316L

Umumnya digunakan untuk bejana tekan, katup, peralatan kimia dan aplikasi dilaut. Huruf "L" mengacu pada ekstra karbon rendah dalam batang (kurang dari 0,8%), yang membantu dalam mencegah korosi.

E. ER-4043 DAN ER-5356

Filler rod dengan kode ER4043 digunakan untuk mengelas paduan aluminium seri 6000, bersama dengan sebagian besar paduan cor lainnya. Cocok digunakan untuk mengelas komponen otomotif seperti rangka , poros penggerak, dan rangka sepeda.

ER5356 Merupakan *filler rod* paduan aluminium *magnesium* yang baik digunakan untuk mengelas paduan aluminium cor dan tempa umumnya Filler ER5365 direkomendasikan untuk pengelasan paduan aluminium seri 5000 atau 6000.

2.2.6 Pengujian Kekerasan

Kekerasan (Hardness) merupakan salah satu sifat mekanik (Mechanical properties) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami pergesekan (frictional force).

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

1. Brinell (HB / BHN)
2. Rockwell (HR / RHN)
3. Vickers (HV / VHN)
4. Micro Hardness

A. Pengujian Kekerasan Brinell

Pengujian *brinell* merupakan salah satu cara pengujian kekerasan yang paling banyak digunakan. Pada pengujian brinell digunakan bola baja yang dikeraskan sebagai indentor. Nilai kekerasan Brinell

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

P = gaya tekan (kg)

D = diameter bola indentor (mm)

D = diameter tampak tekan (mm)

B. Pengujian Kekerasan Rockwell

Pada pengujian *rockwell* pengukuran dilakukan oleh mesin, dan mesin langsung menunjukkan angka kekerasan dari bahan yang di uji. Cara ini lebih cepat dan lebih akurat. Pada cara rockwell yang normal, permukaan logam yang di uji di tekan oleh indenter bola baja atau kerucut intan dengan gaya tekan 10 kg, beban awal (minor load P_0) sehingga ujung indikator menembus permukaan.

Selama itu 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

Uji kekerasan *Vickers* ini juga didasarkan kepada penekanan sebuah indenter dengan suatu gaya tekan tertentu ke permukaan yang rata dan bersih dari suatu logam yang diuji 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 itu”

Inilah cara *vickers* dibandingkan dengan cara pengujian kekerasan lainnya. 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 dari 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 (5HV) sampai yang sangat keras (1500HV) tanpa perlu mengganti gaya tekan.

2.2.7 Pengujian Metode Uji Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik pada daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik bertujuan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Sedangkan Pembebanan tarik merupakan pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.

1. Elastisitas

Elastisitas merupakan kecenderungan suatu bahan padat untuk kembali ke bentuk aslinya yang berdeformasi sementara, tanpa adanya

perubahan secara permanen, yaitu sifat untuk melawan deformasi yang terjadi. Suatu bahan dapat dikatakan elastis sempurna jika sesudah gaya menyebabkan perubahan struktur atau perubahan bentuk pada bahan tersebut dan kemudian tiadakan, maka bahan kemudian kembali ke posisi awalnya. Meskipun tidak ada bahan yang memiliki sifat elastis sempurna, akan tetapi hampir semua bahan memiliki sifat elastis sempurna yaitu hingga menuju ke deformasi yang terbatas disebut batas elastis. Jika suatu bahan berdeformasi diatas batas elastisnya, dan kemudian gaya yang dikenainya akan dihilangkan, maka bahan tersebut tidak dapat kembali bentuk awalnya. Besar dan kecilnya deformasi yang terjadi pada bahan, yaitu merupakan perbedaan antara elastis dan plastis. Blatt (1986:179) menyebutkan suatu deformasi dinyatakan elastis jika deformasi memiliki keseimbangan dengan gaya penyebabnya dan bekerjanya gaya maka deformasi diabaikan.

2. Tegangan Luluh (*yield Stress*)

Semua bahan akan berubah bentuk karena dipengaruhi oleh gaya, jika gaya dihilangkan maka bahan akan kembali ke bentuk semula dan ada pula yang mengalami perubahan struktur dengan sedikit maupun banyak serta adanya yang menetap. Maka, deformasi bahan dapat dinyatakan oleh gaya per satuan luas dan bukan karena gaya. Jika suatu batang tegar yang akan beri gaya tarik (F) ke atas dengan gaya dilakukan dengan sama tetapi bertolak belakang ke bawah maka gaya-gaya tersebut akan disalurkan

secara seragam ke luas penampang batang. Perbandingan antara gaya (F) terhadap luas penampang (A) disebut kekuatan tarik. Jika seluruh batang dalam posisi mengalami tegangan, maka pemotongan dapat dilakukan disembarang titik terhadap batang, ditulis pada persamaan berikut ini:

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

Dimana:

(σ) = Tegangan Luluh (N/mm²)

F = Gaya Luluh (N)

A = Luas Penampang (mm²)

3. Regangan (*Strain*)

Regangan merupakan perpanjangan dari sebuah material ketika diuji tarik samapai patah. Regangan berguna dalam menentukan apakah suatu material itu ulet atau getas. Jika nilai Regangannya besar material tersebut bersifat ulet apabila nilai Regangannya kecil maka material tersebut dikatakan getas.

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

Damana:

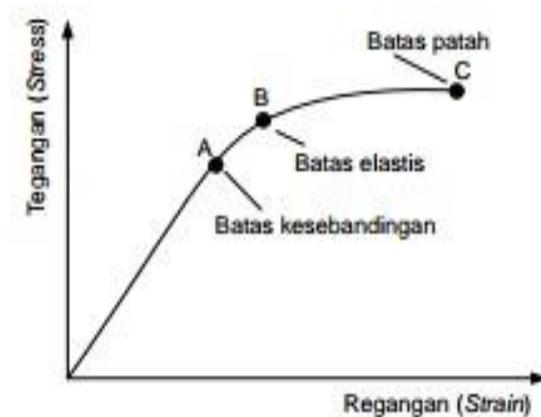
(\mathcal{E}) = Regangan (%)

L_o = Panjang Awal Penampang (mm)

L_i = Panjang Akhir Penampang (mm)

4. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah nilai panjang yang didapat dari tegangan elastisitas dibagi regangan elastis yang ada atau yang bersangkutan. Dengan kata lain, modulus elastisitas adalah perkalian antara beban pada elastis dan panjang ujis semula dibagi dengan perkalian antara luas penampang semula dan pertambahan panjang



Gambar 2.3 Kurva tegangan terhadap regangan

Sumber: (Matheus Souisa, 2011)

Pada gambar 2.1 menunjukkan daerah elastis bahwa kemiringan garis pada kurva tegangan terhadap regangan yang dinamakan dengan modulus *Young* (Y) Perbandingan antara tegangan terhadap regangan dalam daerah elastis pada grafik diatas disebut juga konstanta karakteristik atau modulus *Young* suatu bahan, dengan persamaan sebagai berikut:

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