

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ruang lingkup penggunaan teknologi pengelasan dalam konstruksi pada era saat ini sangat luas, seperti halnya untuk konstruksi jembatan, pipa saluran, rangka baja, dudukan pompa, dudukan tangki (Karmawan *et al.*, 2017). Kegiatan pengelasan ialah penyambungan dua atau lebih material logam melalui proses pencairan sebagian logam induk juga logam pengisi. Pengelasan sendiri diklasifikasi menjadi 3 kelompok berdasarkan cara kerjanya, seperti pengelasan tekan, pengelasan air dan pengelasan pematrian. Las busur listrik dengan elektroda terbungkus atau bisa juga disebut dengan metode pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) seringkali dijumpai karena sangat fleksibel dalam penggunaannya dan juga harga yang terjangkau.

Hasil sambungan pengelasan harus menghasilkan sambungan yang baik dan berkualitas tinggi dari segi lapisan las dan segi kekuatan. Sambungan las yang baik dan berkualitas perlu adanya setting seperti pemilihan jenis kampuh, jenis elektorda, serta besar kecil arus listrik. Oleh sebab itu arus pengelasan harus disesuaikan dengan elektroda dan jenis bahan yang digunakan. Arus pada proses pengelasan dapat memberikan pengaruh yang terbesar saat penembusan dan penguatan. Tingginya arus yang digunakan dalam pengelasan juga berdampak signifikan pada kekuatan tarik logam. Dengan kuat tarik sebesar 44,08 kgf/mm²,

sambungan las terbaik antara arus 80 A, 90 A, dan 100 A terjadi pada tegangan 100 A (Arifin, 2007).

Pilihan ketika menggunakan DC polaritas negatif atau positif adalah terutama ditentukan elektroda yang digunakan. Beberapa elektroda SMAW didisain untuk digunakan hanya DC- atau DC+. Elektroda lain dapat menggunakan keduanya DC- dan DC+. Elektroda E6013 dapat digunakan pada DC polaritas terbalik (DC+). Pengelasan ini menggunakan elektroda E6013 dengan diameter 3,2 mm, maka arus yang digunakan berkisar antara 80-120 Amper. Dengan interval arus tersebut, pengelasan yang dihasilkan akan berbeda-beda (Widharto, 2001).

Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik. Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan (Arifin, 2007).

Tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya adalah baja paduan rendah. Baja ini dapat dilas dengan las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan

las MIG (las logam gas mulia). Baja paduan rendah biasa digunakan untuk pelat-pelat tipis dan konstruksi umum (Wiryosumarto, 2000).

Saat ini sudah banyak penggunaan logam untuk berbagai kebutuhan di dalam kehidupan, salah satu diantaranya pemakaian pelat baja karbon. Baja karbon di klasifikasikan dalam tiga macam jenis antara lain baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi (Suryono, 2020). Baja karbon rendah dengan kandungan kadar karbon yaitu kurang dari 0.17% (Tarkono, 2017). Penggunaan baja karbon rendah banyak di gunakan lebih disebabkan karena baja karbon rendah memiliki keuletan tinggi dan mudah di *machining* (Amin, 2017).

Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini mengambil judul :
“Analisa Kekuatan Arus Pengelasan SMAW pada Baja ST37 dengan Elektroda E6013 Menggunakan Metode Pengujian Tarik.”

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi arus terhadap kekuatan uji tarik dengan pada pengelasan baja ST 37 dengan elektroda E6013?
2. Jelaskan perbedaan kualitas hasil pengelasan dari variasi arus pengelasan SMAW pada baja ST37 menggunakan elektroda E6013 menggunakan metode pengujian kekuatan Tarik?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan bahan baja ST37 yang diberi perlakuan pengelasan dengan variasi arus 80 Amper, 100 Amper dan 120 Amper dengan

menggunakan las SMAW DC polaritas terbalik dengan elektroda E6013 diameter 3,2 mm. Spesimen menggunakan uji tarik.

1.4 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E6013 pada baja ST37.

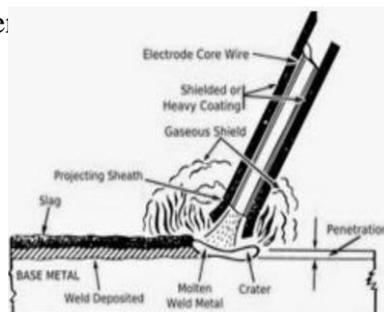
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 LAS SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Adalah las busur listrik dengan menggunakan elektroda berselaput fluks. Fluks sendiri berfungsi untuk membentuk slag diatas hasil lasan untuk pelindung hasil lasan dari udara selama proses las yang sedang berlangsung. Proses pengelasan ini memanfaatkan busur listrik yang terjadi antara elektroda dan benda kerja. Mula-mula elektroda bersinggungan dengan logam yang dilas sehingga timbullah listrik, kemudian elektroda diangkat sedikit sehingga timbullah busur. Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul, sehingga akan membeku bersama menjadi bagian kumpuh las.

Proses pengelasan (*Welding*) adalah salah satu proses penyambungan material satu dengan bagian yang lain. Adapun defenisi proses pengelasan mengacu pada AWS (*American Welding Society*). Proses pengelasan yaitu sebuah proses penyambungan antara metal atau non-metal yang menghasilkan satu bagian yang menyatu, dengan memanskan material yang akan disambung sampai pada suhu pengelasan te:

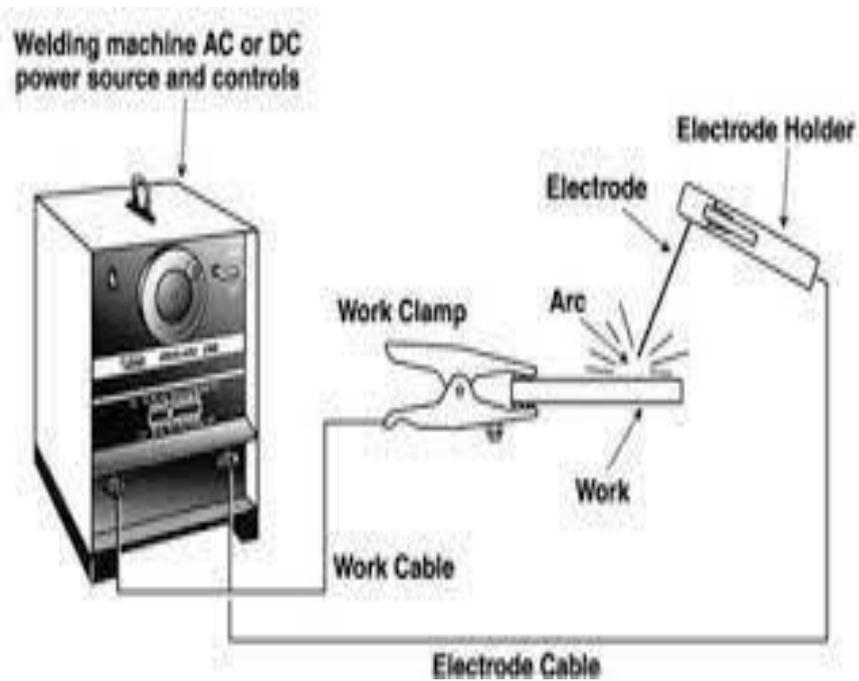


Gambar 2.1 Las busur listrik elektroda terlindungi

Mesin las SMAW dikala ini dipecah jadi 3 tipe ialah mesin las arus searah ataupun *Direct Current* (DC), mesin las arus bolak- balik ataupun *Alternatif Current* (AC), serta mesin las 2 arus yang bisa digunakan buat pengelasan arus (DC) serta arus bolak- balik (AC). Mesin las DC bisa digunakan dengan 2 metode ialah polaritas lurus serta polaritas terbalik. Mesin Las DC polaritas lurus (DC-) bisa digunakan dengan titik leleh besar serta kapasitas besar dari komponen utama menghubungkan pemegang elektroda ke kutub negatif serta logam utama ke kutub positif. Mesin las DC memakai polaritas terbalik (DC+) kala titik leleh bahan utama rendah serta kapasitasnya kecil, menghubungkan pemegang elektroda ke kutub positif serta logam utama ke ke kutub negatif. Panas yang dihasilkan oleh lompatan ion listrik ini dapat menggapai 4000- 4500°C (Wiryosumarto, 2000).

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar.

Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan *fluks* yang digunakan. Bahan *fluks* yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.



Gambar 2.2 Pengelasan SMAW 1 G

2.2 Arus Las

Arus las adalah besarnya arus yang mengalir dari mesin las. Penggunaan arus las yang digunakan dapat disesuaikan pada alat mesin las. Arus pengelasan harus sesuai dengan jenis bahan yang digunakan dalam proses pengelasan dan diameter elektroda. Jika arus terlalu rendah maka penetrasi atau penetrasi las akan rendah, dan jika arus terlalu tinggi akan terbentuk las yang terlalu lebar dan las akan mengalami deformasi atau regangan pengelasan (Saputra, 2014).

Tabel 2.1 Hubungan Elektroda dengan Arus Listrik yang Digunakan pada Saat Proses Pengelasan.

Diameter Elektroda (mm)	Arus (Amper)
2,5	60-90
2,6	60-90
3,2	80-130
4,0	150-190
5,0	180-250

Sumber : Saputra, (2014)

Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus las makin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta penguatan matrik las tinggi.

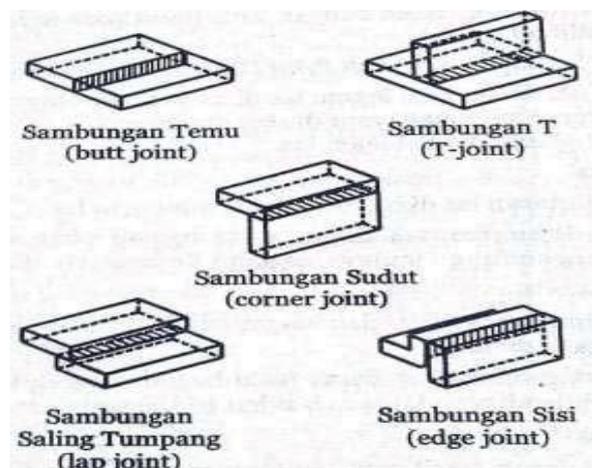
Pada proses pengelasan logam memakai teknologi pengelasan SMAW, kuat arus yang digunakan dalam proses penyambungan logam ialah penunjuk bernilai yang wajib diperhitungkan. Perihal ini sebab arus listrik memastikan jumlah panas yang dihasilkan oleh busur listrik. Semakin besar arus suplai ujung elektroda yang digunakan, semakin besar panas yang dihasilkan buat melelehkan logam utama serta logam penghubung ataupun elektroda, serta kebalikannya semakin kecil kuat arus yang diberikan maka terus menjadi kecil pula panas yang dihasilkan buat mencairkan logam induk serta logam penyambung (Arifin, 2007).

2.3 Kawat Las (Elektroda)

Kawat las (elektroda) adalah bagian ujung yang berhubungan dengan benda kerja penghantar arus listrik sebagai sumber panas. (Alip, 1989). Pengelasan pada las busur listrik memerlukan elektroda yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi oleh campuran kimia. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu, bagian yang berselaput (fluks) dan tidak berselaput yang merupakan dari pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari fluks itu sendiri adalah melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung dan menstabilkan busur.

2.4 Sambungan Pengelasan

Ada banyak jenis sambungan dan sambungan yang digunakan dalam pengelasan pelat dan tabung. Pada dasarnya sambungan las dibagi menjadi sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut dan sambungan pangkuan. Perkembangan sambungan dasar meliputi sambungan silang, sambungan kaku, dan sambungan samping (Azwinur, 2018).



Gambar 2.3 Jenis Sambungan Las

Berdasarkan gambar tersebut, ada berbagai bentuk jenis sambungan. Besarnya sudut kampuh sangat mempengaruhi tingkat kekuatan tarik pada hasil lasan. Menurut Aljufri, (2007) mengungkapkan bahwa semakin besar sudut kampuh, maka semakin baik kekuatan tarik. Hal ini disebabkan karena adanya penetrasi yang baik. Pengerjaan pengelasan dilakukan dengan berbagai posisi. Berdasarkan kode yang ditetapkan oleh AWS, posisi pengelasan dikaitkan pada teknik dasar pengelasan.

Menurut Sonawan dan Suratman (2004) mengungkapkan bahwa apabila logam las mengisi seluruh bagian kampuh atau dengan kata lain lasan penetrasi penuh maka disebut dengan *GROOVE WELD* disingkat dengan huruf **G**, sedangkan logam las mengisi seluruh bagian kampuh atau lasan penetrasi sebagian maka disebut dengan *FILLET WELD* disingkat dengan huruf **F**. Sedangkan, untuk posisi *down-hand* 1G, horisontal 2G, vertikal 3G, *over-head* 4G, pipa dengan sumbu horisontal 5G, dan pipa miring 45° 6G. untuk posisi *down-hand* 1F, horisontal 2F, vertikal 3F, dan *over-head* 4F.

2.5 Struktur Daerah Las-Lasan

Daerah las-lasan terdiri dari tiga bagian yaitu: daerah logam las, daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* disingkat menjadi HAZ dan logam induk yang tak terpengaruhi panas.

2.5.1 Daerah logam las

Daerah logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Komposisi logam las terdiri dari komponen

logam induk dan bahan tambah dari elektroda. Karena logam las dalam proses pengelasan ini mencair kemudian membeku, maka kemungkinan besar terjadi pemisahan komponen yang menyebabkan terjadinya struktur yang tidak homogen, ketidakhomogennya struktur akan menimbulkan struktur ferit kasar dan bainit atas yang menurunkan ketangguhan logam las. Pada daerah ini struktur mikro yang terjadi adalah struktur cor. Struktur mikro di logam las dicirikan dengan adanya struktur berbutir panjang (*columnar grains*). Struktur ini berawal dari logam induk dan tumbuh ke arah tengah daerah logam las (Sonawan dan Suratman, 2004).

Penambahan unsur paduan pada logam las menyebabkan struktur mikro cenderung berbentuk bainit dengan sedikit ferit batas butir, kedua macam struktur mikro tersebut juga dapat terbentuk, jika ukuran butir austenitnya besar. Waktu pendinginan yang lama akan meningkatkan ukuran batas butir ferit, selain itu waktu pendinginan yang lama akan menyebabkan terbentuk ferit *Widmanstatten*. Struktur mikro logam las biasanya kombinasi dari struktur mikro dibawah ini: Batas butir ferit, terbentuk pertama kali pada transformasi austenit-ferit biasanya terbentuk sepanjang batas austenit pada suhu 1000-650⁰C.

1. Ferit *Widmanstatten* atau *ferrite with aligned second phase*, struktur mikro ini terbentuk pada suhu 750-650⁰C di sepanjang batas butir austenit, ukurannya besar dan pertumbuhannya cepat sehingga memenuhi permukaan butirnya.
2. Ferit *acicular*, berbentuk *intragranular* dengan ukuran yang kecil dan mempunyai orientasi arah yang acak. Biasanya ferit *acicular* ini terbentuk

sekitar suhu 650°C dan mempunyai ketangguhan paling tinggi dibandingkan struktur mikro yang lain.

3. Bainit, merupakan ferit yang tumbuh dari batas butir austenit dan terbentuk pada suhu $400\text{-}500^{\circ}\text{C}$. Bainit mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan ferit, tetapi lebih rendah dibanding martensit.
4. Martensit akan terbentuk, jika proses pengelasan dengan pendinginan sangat cepat, struktur ini mempunyai sifat sangat keras dan getas sehingga ketangguhannya rendah.

2.5.2 Daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ)

Daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las. Secara visual daerah yang dekat dengan garis lebur las maka susunan struktur logamnya semakin kasar.

Pada daerah HAZ terdapat tiga titik yang berbeda, titik 1 dan 2 menunjukkan temperatur pemanasan mencapai daerah berfasa austenit dan ini disebut dengan transformasi menyeluruh yang artinya struktur mikro baja mula-mula ferit+perlit kemudian bertransformasi menjadi austenite 100%. Titik 3 menunjukkan temperatur pemanasan, daerah itu mencapai daerah berfasa ferit dan austenit dan ini yang disebut transformasi sebagian yang artinya struktur mikro baja mula-mula ferit+perlit berubah menjadi ferit dan austenit.

2.5.3 Logam induk

Logam induk adalah bagian logam dasar di mana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Disamping ketiga pembagian utama tersebut masih ada satu daerah pengaruh panas, yang disebut batas las (Wiryosumarto, 2000).

2.6 Baja Karbon

Baja merupakan material yang banyak kita jumpai dalam kehidupan sehari-sehari. Penggunaan baja sering digunakan dalam konstruksi bangunan dan mobil. Baja adalah paduan logam yang unsur dasarnya adalah besi dan unsur utamanya adalah karbon. Kandungan karbon baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1%, tergantung pada gradenya (Tarkono, 2012).

Baja adalah paduan yang mengandung unsur utama besi (Fe) dan karbon (C), serta unsur-unsur lain seperti mangan (Mn), molybdenum (Mo), vanadium (V), silicon (Si), nikel (Ni), dan lain-lain dalam nilai presentasi yang kecil (Sulardjaka *et al.*, 2017). Baja karbon adalah paduan besi dan karbon di mana unsur karbon memiliki pengaruh besar pada sifat-sifatnya, tetapi unsur paduan lain yang biasa ditemukan pada baja karbon diproduksi melalui proses manufaktur. Jenis baja karbon dapat dibagi menjadi baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi sesuai dengan kandungan karbonnya. Berikut ini kandungan karbon dari ketiga jenis antara lain:

1. Baja karbon rendah dengan kandungan karbon sebesar 0,10% - 0,30%.
2. Baja karbon sedang dengan kandungan karbon sebesar 0,31% - 0,60%.

3. Baja karbon tinggi dengan kandungan karbon sebesar 0,61% - 1,5%.

Baja yang penulisannya diawali dengan ST, maka bilangan yang mengikutinya menunjukkan kekuatan tarik minimum (dalam kg/) yang dimiliki baja tersebut. Jadi, baja tipe ST-37 menunjukkan bahwa baja ini mempunyai kekuatan tarik ≤ 37 kg/ . Baja ST-37 merupakan baja karbon kelas rendah, karena mempunyai kandungan karbon kurang dari 0,25% dan lebih dari 99% besi. Tabel. 2.2 menunjukkan kandungan unsur-unsur pembentuk baja ST-37.

Baja karbon kelas rendah ini mudah teroksidasi, memiliki kekuatan yang relative rendah, keuletan yang baik, dan banyak diaplikasikan untuk tabung, pipa, dan komponen mesin berkekuatan rendah (Febryan, *dkk* 2012).

Tabel 2.2 Komposisi Baja Karbon Rendah ST-37

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	99,310	S	0,015
Mn	0,375	Co	0,007
C	0,118	Nb	0,006
Si	0,055	Cu	Maks. 0,004
W	0,046	Mo	Maks.0,004
Ni	0,026	Al	Maks. 0,002
Cr	0,021	V	Maks. 0,001
P	0,017	-	-

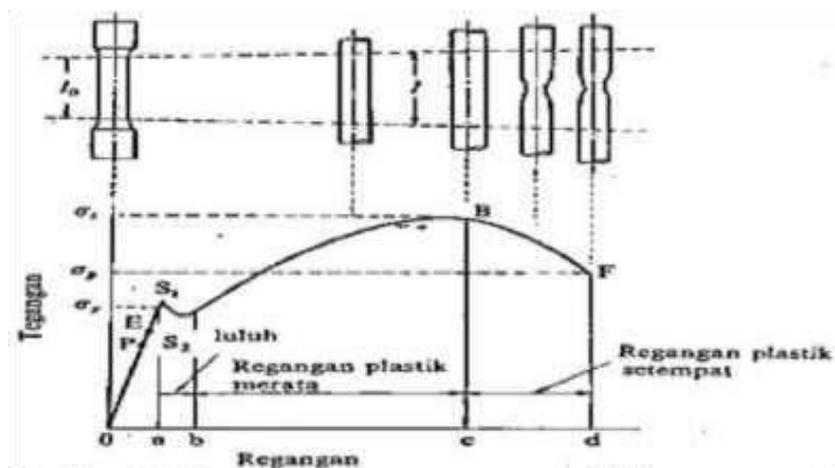
2.7 Uji Tarik

Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Salah satu cara untuk mengetahui sifat mekanik dari logam adalah dengan uji tarik. Sifat mekanik yang dapat diketahui adalah kekuatan dan elastisitas dari logam tersebut. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu

bahan dan sebagai data bagi spesifikasi bahan. Nilai kekuatan dan elastisitas dari material uji dapat dilihat dari kurva uji tarik.

Dalam pengujian tarik, batang uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sampai batang uji patah untuk mengetahui sifat mekanik pada logam.

Gambar 2.4 menunjukkan kurva tegangan-regangan.



Gambar 2.4 Kurva Tegangan-Regangan

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan. Menurut Wiryosumarto (2000), sifat-sifat tarikannya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$(1) \text{ Tegangan : } \sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (Mpa)}$$

Dimana : σ = tegangan tarik (kg/mm²)

F = beban (kg)

A₀ = luas mula dari penampang batang uji (mm²)

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

$$(2) \text{ Regangan : } \varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana : ε = Regangan (%)

L = Panjang akhir (mm)

L_0 = Panjang awal (mm)

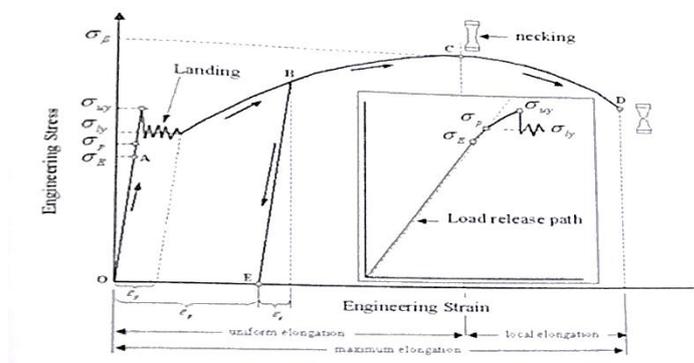
Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa pertambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada beban. Persentase modulus elastis yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$(3) \text{ Modulus Elastis : } E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \times 100\%$$

dimana : E = Modulus Elastis (MPa)

σ = Tegangan Tarik (N/mm²)

ε = Regangan (%)



Gambar 2.5 Kurva Modulus Elastisitas / Batas Elastisitas dan Tegangan Luluh