

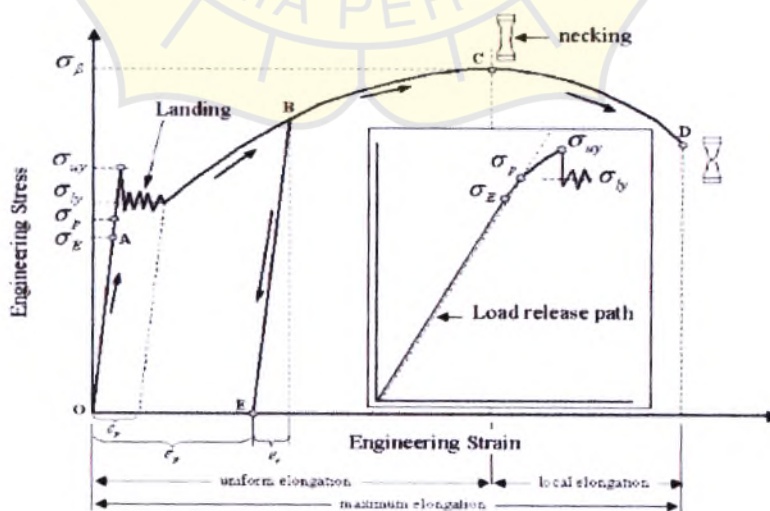
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Uji Tarik

Uji tarik adalah pengujian yang berguna untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu logam terhadap tarikan dimana sifat mekanis tersebut antara lain meliputi batas lumer, kekuatan tarik, kekenyalan, pertambahan panjang dan pengecilan luas penampang. Pengujian ini dibutuhkan suatu batang percobaan tarik (benda uji) yang dibuat menurut ukuran tertentu (menurut normalisasi). [Faizal,M.1987]

Percobaan tarik ini dilakukan dengan jalan memberi beban tarik pada benda uji secara perlahan-lahan sampai patah, dari pengujian tarik tersebut diperoleh diagram hubungan antara gaya tarik dengan perpanjangan. Dari diagram tersebut akan diperoleh besaran-besaran yang merupakan sifat tarik dari logam seperti modulus elastisitas, tegangan mulur, kekuatan tarik, keuletan yang diberikan oleh regangan patah dan reduksi penampang.



Gambar 2.1 Profil Data Hasil Uji Tarik

Peristiwa pertama yang dialami oleh benda uji adalah perubahan bentuk dalam arah memanjang yang sebanding dengan penambahan gaya (berbanding lurus) sehingga dapat dilihat pada grafik yang merupakan garis lurus dari arah 0 (nol) sampai titik A. Deformasi pada tingkat ini disebut deformasi elastis.

Apabila dilepaskan ($P = 0$ Ton) maka panjang benda uji akan kembali ke ukuran semula seperti belum mengalami pembebanan yaitu L_0 .

Pada daerah ini berlaku hukum Hook yaitu :

$$E = \frac{\tau}{\epsilon} = \text{Konstan} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\text{Sedangkan } \sigma = \frac{P}{A_0} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana:

E = Modulus elastisitas. (Mpa)

σ = Tegangan tarik. (N/mm²)

ϵ = Regangan.

P = Beban yang diberikan pada benda uji. (kg)

A_0 = Luas penampang mula sebelum ada pembebanan. (mm²)

L_0 = Panjang mula-mula. (mm)

L_1 = Panjang setelah ada pembebanan. (mm)

Dengan pertambahannya beban maka batang mencapai batas elastisitas (titik B). Batas elastis merupakan tegangan maximum dimana hukum Hook masih berlaku. Apabila beban diperbesar lagi maka batang akan mencapai titik lumer (titik C). Bila titik C telah dilalui, maka grafik akan menunjukkan garis lengkung yang menurun dan tidak stabil sampai titik D.

Lengkung tertinggi (beban tertinggi) pada daerah C sampai D (daerah pelumeran) disebut *Upper Yield Point*, sedangkan beban terendah pada daerah C sampai D disebut *Lower Yield Point*.

Pada saat mulai terjadinya proses pelumeran, muncul bidang Slip (*slip band*) yang juga disebut "*Luders Band*" dan membentuk sudut 45° dengan arah beban. Pada mulanya bidang slip yang terjadi hanya kecil saja namun dengan terus berlangsungnya proses pelumeran sehingga Luders bandnya juga bertambah luas sampai memenuhi seluruh benda uji, setelah itu pertumbuhan Luders band berhenti. Peristiwa ini mengakhiri proses pelumeran dan mengawali proses deformasi plastis.

Selanjutnya beban bertambah terus sampai mencapai batas pembebanan maksimum yang dapat dipukul oleh batang tersebut yaitu titik E. Setelah beban maksimum dilewati maka akan terjadi *Necking* (gejala pengeleheran) dimana gejala pengeleheran timbul bila deformasi plastis yang terjadi tidak homogen lagi dan terjadinya hanya pada suatu tempat saja.

Setelah mencapai pembesaran maksimum, maka batang akan mengalami perpanjangan disertai penurunan beban sehingga akhirnya beban uji akan putus dititik F (titik putus), seperti yang ditunjukkan pada grafik. Suatu hal yang harus diperhatikan pada peristiwa ini adalah beban persatuan luas yang diterima oleh benda uji yang bertambah besar, karena luas penampang benda uji tersebut semakin kecil.

2.1.1 kekuatan tarik

Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) adalah nilai yang paling sering dituliskan sebagai hasil suatu uji tarik, tetapi pada kenyataannya nilai tersebut kurang bersifat mendasar dalam kaitannya dengan kekuatan material. Untuk logam ulet, kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan beban maksimum, dimana logam dapat menahan beban sesumbu untuk keadaan yang sangat terbatas. Pada tegangan yang lebih kompleks, kaitan nilai tersebut dengan kekuatan logam kecil sekali kegunaannya. Kecenderungan yang banyak ditemui adalah, mendasarkan rancangan statis logam ulet pada kekuatan luluhnya. Tetapi karena jauh lebih praktis menggunakan kekuatan tarik untuk menentukan kekuatan bahan, maka metode ini lebih banyak dipakai.

Kekuatan tarik adalah besarnya beban maksimum dibagi dengan luas penampang benda uji. [H, Lawrench. 1984]

$$S_t = \frac{P_{maks}}{A_0} \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

S_t = kekuatan tarik (N/mm²)

P_{maks} = beban maksimum (kg)

A_0 = luas penampang benda uji (mm²)

kolerasi empiris yang diperluas antara kekuatan tarik dengan sifat mekanik lainnya seperti kekerasan dan kekuatan lelah, sering dipergunakan. Hubungan tersebut hanya terbatas pada hasil penelitian beberapa jenis material.

2.1.2 kekuatan Luluh

Salah satu kekuatan yang biasanya diketahui dari suatu hasil pengujian tarik adalah kuat luluh (*Yield Strength*). Kekuatan luluh (*yield strength*) merupakan titik yang menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis [Dieter, 1993]. Besar tegangan luluh dituliskan seperti pada persamaan 2.5, sebagai berikut:

$$Y_s = \frac{P_y}{A_0} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan ; Y_s : Besarnya tegangan luluh (N/mm^2)

P_y : Besarnya beban di titik *yield* (kg)

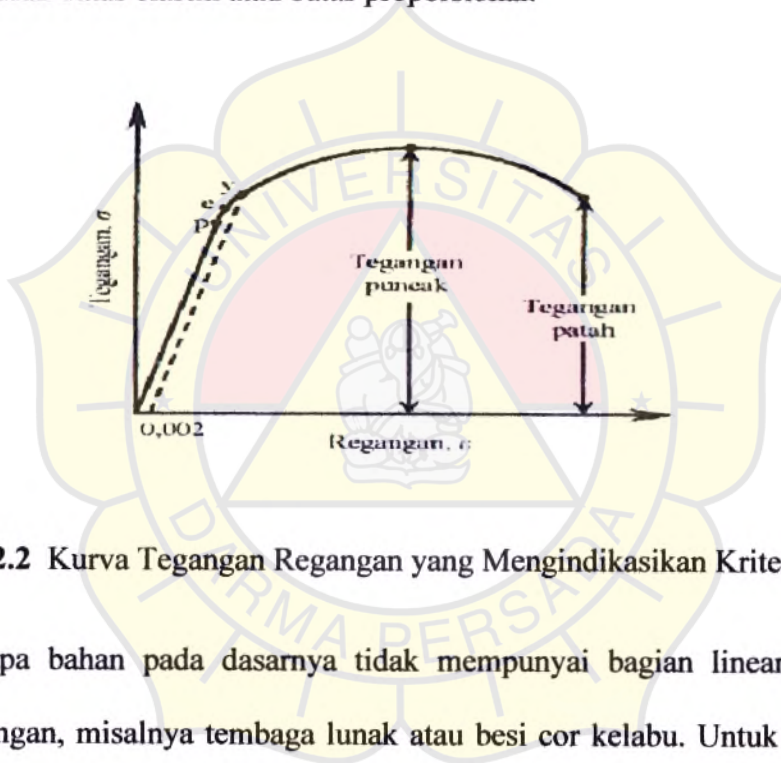
A_0 : Luas penampang awal benda uji (mm^2)

Tegangan di mana deformasi plastis atau batas luluh mulai teramati tergantung pada kepekaan pengukuran regangan. Sebagian besar bahan mengalami perubahan sifat dari elastik menjadi plastis yang berlangsung sedikit demi sedikit, dan titik di mana deformasi plastis mulai terjadi dan sukar ditentukan secara teliti.

Kekuatan luluh adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan. Definisi yang sering digunakan untuk sifat ini adalah kekuatan luluh ditentukan oleh tegangan yang berkaitan dengan perpotongan antara kurva tegangan-regangan dengan garis yang sejajar dengan elastis offset kurva oleh regangan tertentu. Di Amerika Serikat *offset* biasanya ditentukan sebagai regangan 0,2 atau 0,1 persen ($e = 0,002$ atau $0,001$)

$$S_o = \frac{F_{(offset)}}{A_o} \dots\dots\dots (2.6)$$

Cara yang baik untuk mengamati kekuatan luluh *offset* adalah setelah benda uji diberi pembebanan hingga 0,2% kekuatan luluh *offset* dan kemudian pada saat beban ditiadakan maka benda ujinya akan bertambah panjang 0,1 sampai dengan 0,2%, lebih panjang daripada saat dalam keadaan diam. Tegangan *offset* di Britania Raya sering dinyatakan sebagai tegangan uji (*proff stress*), di mana harga ofsetnya 0,1% atau 0,5%. Kekuatan luluh yang diperoleh dengan metode *offset* biasanya dipergunakan untuk perancangan dan keperluan spesifikasi, karena metode tersebut terhindar dari kesukaran dalam pengukuran batas elastik atau batas proporsional.



Gambar 2.2 Kurva Tegangan Regangan yang Mengindikasikan Kriteria Luluh

Beberapa bahan pada dasarnya tidak mempunyai bagian linear pada kurva tegangan-regangan, misalnya tembaga lunak atau besi cor kelabu. Untuk bahan-bahan tersebut, metode *offset* tidak dapat digunakan dan untuk pemakaian praktis, kekuatan luluh didefinisikan sebagai tegangan yang diperlukan untuk menghasilkan regangan total tertentu.

2.1.3 keuletan

Keuletan adalah suatu besaran kualitatif dan sifat subyektif suatu bahan, yang secara umum pengukurannya dilakukan untuk memenuhi tiga kepentingan, yaitu:

1. Meyatakan besarnya deformasi yang mampu dialami suatu material, tanpa terjadi patah. Hal ini penting untuk proses pembentukan logam, seperti pengeloran dan ekstruksi.
2. Menunjukkan kemampuan logam untuk mengalir secara plastis sebelum patah. Keuletan logam yang tinggi menunjukkan kemungkinan yang besar untuk berdeformasi secara local tanpa terjadi perpatahan.
3. Sebagai petunjuk adanya perubahan kondisi pengolahan.

Ukuran keuletan dapat digunakan untuk memperkirakan kualitas suatu bahan, walaupun tidak ada hubungan langsung antara keuletan dengan perilaku dalam pemakaian bahan. Cara untuk menentukan keuletan yang diperoleh dari uji tarik adalah regangan teknis pada saat patah (%EL), yang biasa disebut perpanjangan dan pengukuran luas penampang pada patahan (%AR). kedua sifat ini didapat setelah terjadi patah, dengan cara menaruh benda uji kembali, kemudian diukur panjang akhir benda uji (L_f) dan diameter pada patahan (D_r), untuk menghitung luas penampang pertahanan (A_f). [Daryus, A.2012]

$$\% EL = \frac{(L_f - L_o)}{L_o} \times 100 \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana :

% EL = (%) perpanjangan

L_f = panjang patah (mm)

L_o = panjang mula-mula (mm)

$$\% AR = \frac{(A - A_f)}{A_o} \times 100 \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana :

$\%AR$ = luas penampang pada patahan (%)

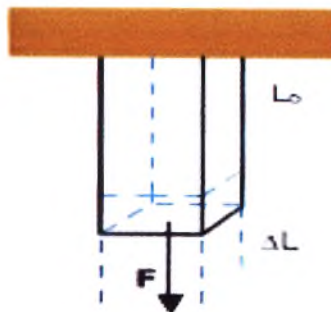
A_o = luas penampang mula-mula (mm^2)

A_f = luas penampang pada saat patah (mm^2)

Baik perpanjangan maupun pengurangan luas penampang, biasanya dinyatakan dalam persentase. Karena cukup besar bagian deformasi plastis yang akan terkonsentrasi pada daerah penyempitan setempat, maka harga (A_f) akan bergantung pada ukur awal (L_o). makin kecil panjang ukur, makin besar pengaruhnya pada perpanjangan keseluruhan. Oleh karena itu bila diberikan harga persentase perpanjangan, maka panjang ukur (L_o) akan selalu disertakan.

2.1.4 Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah Perbandingan antara tegangan dan regangan dari suatu benda Modulus elastisitas dilambangkan dengan E dan satuannya pascal.



Gambar 2.3 Modulus Elastisitas Benda

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

E = modulus elastisitas (Mpa)

σ = tegangan (N/mm²)

ϵ = regangan

Tabel 2.1 Modulus Elastisitas berbagai material

No	Material	Modulus Elastisitas (Mpa)
1.	Besi	10 x 10 ⁴
2.	Baja	20 x 10 ⁴
3.	Perunggu	9 x 10 ⁴
4.	Alumunium	7,0 x 10 ⁴
5.	Tembaga	1,1 x 10 ⁴
6.	Marmer	5,0 x 10 ⁴
7.	Granit	4,5 x 10 ⁴
8.	Kayu (pinus)	1,0 x 10 ⁴
9.	Nilon	5,0 x 10 ⁴
10.	Tulang muda	1,5 x 10 ⁴
11.	Batu bara	1,4 x 10 ⁴

2.1.5 Kelentingan

Kelentingan adalah kemampuan suatu bahan untuk menyerap energi pada waktu berdeformasi secara elastis dan kembali ke bentuk awal apabila bebannya dihilangkan. Kelentingan biasa dinyatakan sebagai modulus kelentingan, yaitu energi regangan tiap

satuan volume yang dibutuhkan untuk menekan bahan dari tegangan nol hingga tegangan luluh. Modulus kelentingan (*Resilience modulus*) dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$U_R = \frac{\sigma_y^2}{2E} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

U_R = *resilience modulus* (N/mm²)

E = modulus elastisitas (Mpa)

σ_y = tegangan titik yield (N/mm²)

2.1.6 Ketangguhan

Ketangguhan adalah jumlah energi yang diserap material sampai terjadi patah, yang dinyatakan dalam joule. Yang diserap digunakan untuk berdeformasi, mengikuti arah pembebanan yang dialami. Pada umumnya ketangguhan menggunakan konsep yang sukar dibuktikan atau didefinisikan. Terdapat beberapa pendekatan matematik untuk menentukan luas daerah dibawah kurva tegangan-regangan. [Daryus,A. 2012]

Untuk logam-logam ulet mempunyai kurva yang dapat didekati dengan persamaan-persamaan berikut :

$$U_r = S_t \cdot e_f \dots\dots\dots (2.10)$$

$$U_r = \frac{(\sigma_0 + \sigma_u)}{2} e_f \dots\dots\dots (2.11)$$

$$U_r = \frac{2}{3} (\sigma_u) \cdot e_f \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

U_t = ketangguhan (J/mm^2)

S_t = kekuatan tarik (N/mm^2)

e_f = keuletan

2.1.7 Tegangan dan Regangan

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik bahan. Untuk mendapatkan hasil pengujian yang akurat diperlukan ukuran standart benda uji sesuai dengan standart. Untuk menghitung tegangan dan regangan digunakan rumus :

$$\text{Tegangan } \sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$A_0 = \frac{1}{4} \pi \cdot D_0 \text{ (mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.14)$$

Sedangkan untuk menghitung regangan tarik (ϵ) dapat menggunakan rumus seperti dibawah ini :

$$\text{Regangan } \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

F = Gaya (N)

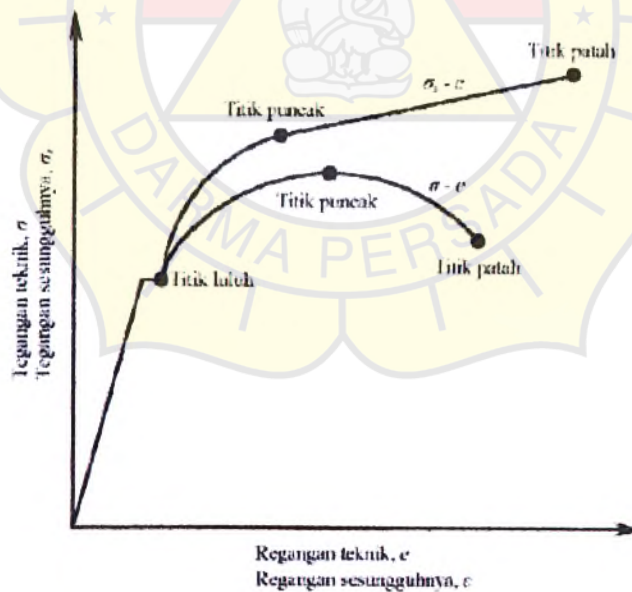
A_0 = Luas penampang awal (mm^2)

L_0 = Panjang awal (mm)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

D_0 = Diameter awal (mm^2)

Kurva tegangan-regangan teknik tidak memberikan indikasi karakteristik deformasi yang sesungguhnya, karena kurva tersebut semuanya berdasarkan pada dimensi awal benda uji, sedangkan selama pengujian terjadi perubahan dimensi. Pada uji tarik untuk logam liat akan terjadi penyempitan setempat pada saat beban mencapai harga maksimum. Karena pada tahap ini luas penampang lintang benda uji turun secara cepat, maka beban yang dibutuhkan untuk melanjutkan deformasi akan segera mengecil. Kurva tegangan-regangan teknik juga menurun setelah melewati beban maksimum. Keadaan sebenarnya menunjukkan logam masih mengalami pengerasan regangan sampai patah sehingga regangan yang dibutuhkan untuk melanjutkan deformasi juga bertambah besar. Tegangan yang sesungguhnya (σ_s) adalah beban pada saat manapun dibagi dengan luas penampang lintang benda uji, A_0 dimana beban itu bekerja.

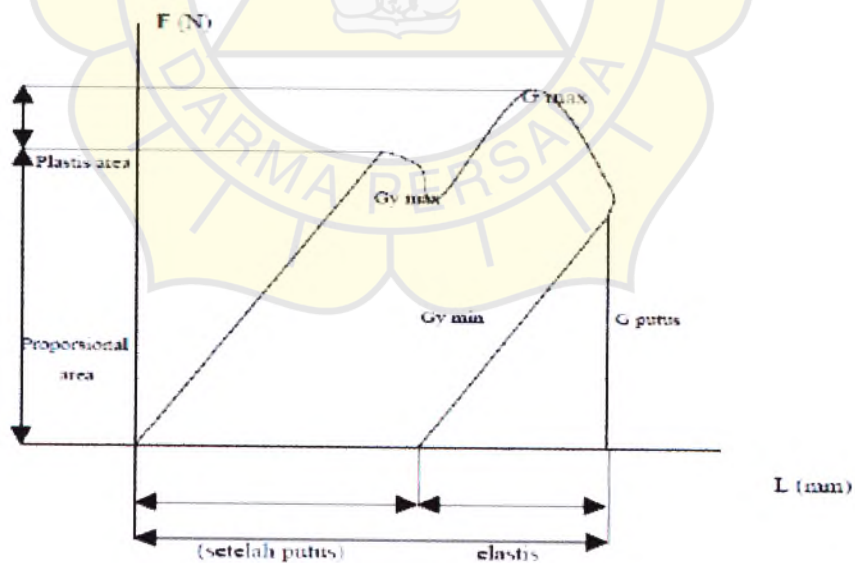


Gambar 2.4 Perbandingan kurva Tegangan-Regangan Teknik dengan Kurva Tegangan-Regangan Sesungguhnya

Pada pengujian tarik terjadi deformasi yaitu :

1. Deformasi elastis yaitu perubahan bentuk yang disebabkan gaya luar dan apabila gaya luar dilepas maka bahan tersebut akan kembali ke bentuk dan ukuran semula.
2. Deformasi plastis yaitu perubahan bentuk yang disebabkan gaya luar dan apabila gaya luar dilepas maka bahan tidak akan kembali ke bentuk dan ukuran semula.

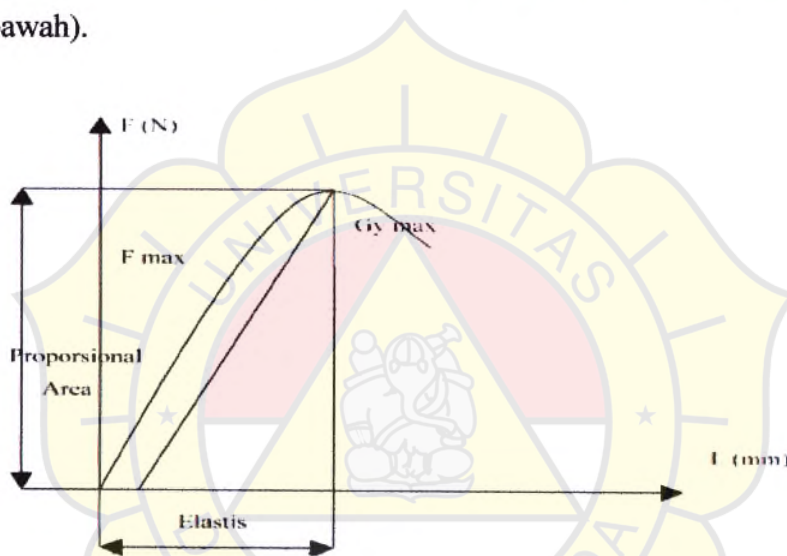
Pada gambar 2.5 menunjukkan terjadinya batas proporsional dan batas plastis. Batas proporsional adalah batas dari suatu bahan dimana terjadi penambahan panjang. Batas plastis adalah batas dari suatu benda dimana terjadi penambahan panjang dan benda tidak akan kembali seperti bentuk dan ukuran semula.



Gambar 2.5 Grafik Antara Gaya Dengan Perubahan Panjang

Dalam uji tarik akan terjadi beberapa tegangan yaitu :

1. Tegangan proporsional, dimana gaya berbanding lurus dengan penambahan panjang dan berbanding lurus dengan regangan.
2. Tegangan alur yaitu tegangan yang didapat pada benda saat terjadinya deformasi plastis yang tidak menunjukkan penurunan beban pada perpanjangan plastis dalam persentase tertentu dan panjang ukur mula-mula dibagi dengan luas penampang mula-mula. Tegangan alur terjadi pada atas (alur atas) dan bawah (alur bawah).



Gambar 2.6 Grafik Gaya Terhadap Perubahan Panjang (Daerah Proporsional)

2.2 Mekanisme Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik adalah mesin yang digunakan untuk melakukan pengujian spesimen dengan cara menarik spesimen tersebut hingga putus. Hasil uji tarik tersebut mencatat fenomena hubungan antara tegangan-regangan yang terjadi selama proses uji tarik dilakukan. [Faizal,M.1987]

Mesin uji tarik sering diperlukan dalam kegiatan *engineering* untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu material. Mesin uji tarik terdiri dari beberapa bagian

pendukung utama, diantaranya : kerangka, mekanisme pencekam spsimen, system penarik dan mekanisme serta system pengukur.

Data pada proses uji tarik dapat dinyatakan berupa gaya tarik (F) dan pertambahan panjang (ΔL) spesimen. Akan tetapi, dapat juga dinyatakan menjadi tegangan (σ) dan regangan (ϵ). Tegangan diperoleh dengan cara gaya yang terjadi dalam proses uji tarik dibagi dengan luas penampang dan regangan diperoleh dengan membagi pertambahan kekuatan tarik, batas elastisitas, modulus elastisitas.

Dalam proses uji tarik akan diukur besarnya gaya yang diperlukan untuk mematahkan spesimen dan besar regangan yang terjadi. Kedua parameter ini akan ditampilkan pada sebuah diagram yang dihasilkan pada saat pengujian dilakukan. Untuk *loadcell*. Alat ini memiliki *output* berupa tegangan listrik yang bersatuan *mVolt*. *Output* ini tidak dapat langsung digunakan untuk *input* pada sistem penyaji data, karena tegangan yang dihasilkan oleh *loadcell* terlalu kecil.

Maka dengan dipasangkan rangkaian *operation amplifier* pada *output loadcell*, tegangan yang dihasilkan akan bertambah cukup besar sehingga dapat diaplikasikan pada sebuah rangkaian elektronik penyaji data. Untuk penyaji data modern telah digunakan *software* pada komputer yang cara kerjanya adalah mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital.

Dari sinyal digital ini akan ditampilkan berupa plot diagram hasil pengujian. Jika menggunakan diagram penyaji yang lama terdapat dua mekanisme pencatat hasil pengujian. Yaitu mekanisme pencatat gaya, berupa rangkaian elektronik dengan sebuah dynamo untuk menggerakkan *ballpoint* sesuai dengan berubahnya gaya pada proses uji tarik. Untuk merekam besarnya regangan, digunakan mekanisme drum berputar yang terhubung dengan gerakan pencekam. Mekanisme berputarnya drum ini menggunakan

tali atau kawat yang menghubungkan pencekam dengan drum. Dengan adanya kolaborasi gerakan drum dengan mekanisme yang digerakan *loadcell* itu akan terbentuk sebuah diagram gaya-pertambahan panjang yang mewakili sifat dari spesimen.

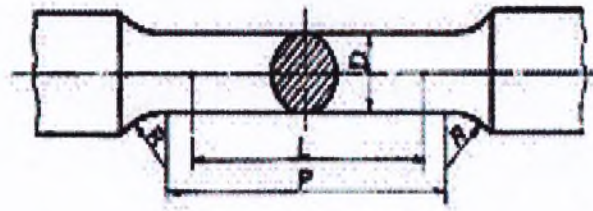
Untuk kerangka mesin terdapat dua tipe yaitu tipe kerangka dua kolom dan empat kolom. Sedangkan mekanisme pencekam terdapat tiga tipe yaitu pencekam tipe slot, tipe dengan sistem ulir dan tipe *collet*. Untuk system penarik, sesuai dengan kapasitas mesin uji tarik cukup besar. System penarik biasanya digunakan sistem hidrolik dan pnumatik.

2.3 Spesimen

Spesimen uji tarik ditentukan menurut standar uji seperti JIS, ASTM atau standar uji lainnya, masing-masing memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda. Spesimen dengan bentuk silinder menurut standar ASTM diberi ulir pada ujung-ujungnya, sedangkan pada standar JIS tanpa ulir. Diameter ulir pada uji standar ASTM biasanya memiliki ukuran 1,25 kali dari diameter spesimen. [Faizal,M.1987]

Spesimen menurut standar ASTM sangat baik untuk dicekam oleh pencekamnya, karena adanya system ulir. Sistem ulir menghasilkan gaya ikat yang cukup besar, sehingga pada saat pengujian tidak terjadi slip antara spesimen dengan pencekam. Kekurangan dari standar ASTM ini adalah sulit dalam pembuatan spesimen, karena adanya ulir. Sedangkan standar JIS memiliki kekurangan yaitu sering terjadi slip antara spesimen dan pencekam.

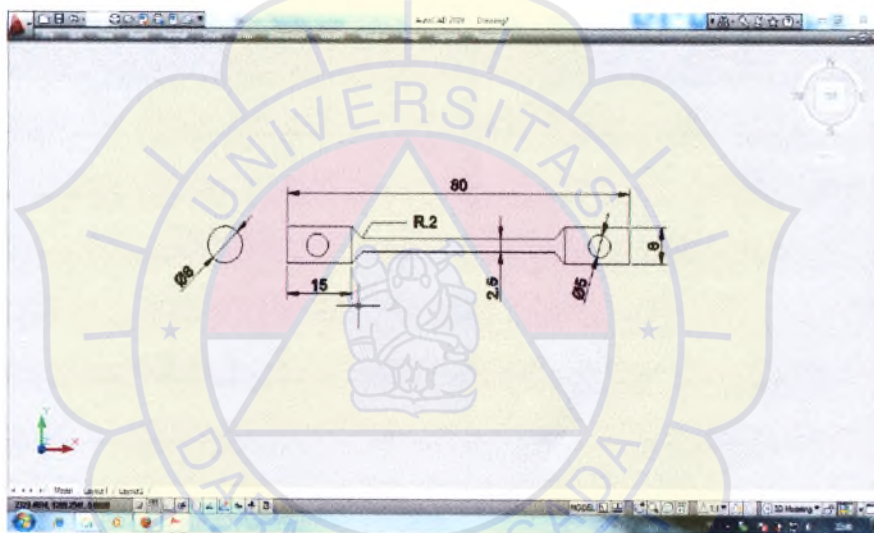
Bentuk spesimen uji tarik ada juga yang berbentuk pipih dengan ketebalan tertentu. Macam-macam bentuk spesimen ini akan memerlukan tipe pencekam yang berbeda-beda pula. Panjang spesimen memiliki ukuran yang berbeda setiap standar pengujian yang ada.



Unit: mm

D	L	P	R
14	50	60	> 15

Gambar 2.7 Dimensi Spesimen Standar JIS G3141



Gambar 2.8 Dimensi Spesimen Standar ASTM A370

Keterangan :

P = 80 mm

D = 2,5 mm²

R = 2 mm

2.3.1 Bahan Spesimen Uji Tarik

1. Alumunium

Alumunium merupakan logam berwarna putih di hasilkan melalui proses elektrik dari oksida alumunium (alumina), yang di persiapkan dari mineral berbentuk lempung (clay) yang dinamakan bauxite. merupakan logam dengan berat yang ringan memiliki grafitasi spesifik sebesar 2,7 dan titik lelehnya 660°C .

Dalam keadaan murni, logam ini bersifat lemah dan lunak untuk kebanyakan pemakaian. Namun ketika dicampur dengan sejumlah kecil paduan lain, ia akan menjadi keras dan kaku (rigid). Dengan demikian, ia dapat dibiarkan dalam keadaan kosongan (batangan), dibentuk, ditarik, *turned*, dituang (*cast*), di tempa dan *die cast* (dituang dalam bentuk cetakan). Ketahanan terhadap korosi yang tinggi dan sifatnya yang tak beracun.

2. Tembaga

Ini merupakan salah satu logam non besi yang secara luas paling banyak digunakan dalam industri. ia merupakan material lunak, *malleable* dan ulet dengan menampilkan coklat kemerah-merahan. Gravitasi spesifik atau berat jenisnya adalah 8,9 dan titik lelehnya adalah 1083°C . Ia merupakan konduktor listrik yang baik.

Ia dapat di cor (*casted*), ditempa (*forged*), di rol atau canai (*rolled*). Ia tidak terkorosi dalam kondisi biasa dan bertahan sangat efektif terhadap cuaca. Tembaga dalam bentuk tubes secara luas digunakan dalam rekayasa mekanis (*mechanical engineering*).

3. Paduan tembaga

Paduan tembaga secara luas diklasifikasikan kedalam dua kelompok berikut ini:

1. Paduan tembaga-seng (*brasses*), dimana seng merupakan logam paduan utamanya.
2. Paduan tembaga-Timah putih (*bronzes*), dimana timah putih merupakan logam paduan utamanya.

4. Kuningan

Paduan tembaga-seng yang secara luas paling banyak di gunakan adalah kuningan. Terdapat berbagai macam kuningan bergantung pada proporsi tembaga dan seng. Ini merupakan paduan binary utama dari tembaga dengan seng masing-masing dengan komposisi 50%. Dengan penambahan sejumlah kecil elemen lain. Sifat kuningan dapat dirubah secara besar-besaran.

Sebagai contoh, dengan penambahan timah hitam (1% hingga 2%) akan memperbaiki kualitas machining kuningan. ia memiliki kekuatan lebih besar dari pada tembaga, tetapi memiliki konduktivitas panas dan listrik yang lebih rendah. Kuningan amat tahan terhadap korosi atmosfer dan dengan mudah difabrikasi melalui proses seperti *spinning*.

5. Logam besi

Logam besi adalah logam-logam yang mengandung besi sebagai konstituen utamanya. Dalam kenyataanya, logam-logam besi secara meluas digunakan dalam industri rekayasa yang diakibatkan oleh karakteristik-karakteristik berikut ini:

1. Setiap proses pabrikan melewati proses-proses berikut (*casting, rolling, welding, dan machining*)
2. Ketahanan terhadap korosi

3. Sifat magnetik

4. Berat

Logam besi penting yang digunakan dalam industri rekayasa adalah *pig iron*, *cast iron* (besi tuang), *wrought iron*, dan *baja*.

2.3.2 Klasifikasi Material

Secara garis besar material teknik dapat diklasifikasikan menjadi :

1. Material logam

2. Material non logam

Berdasarkan pada komposisi kimia, logam dan paduannya dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu:

1. Logam besi / *ferrous*

2. Logam non besi / *non ferrous*

Logam-logam besi merupakan logam dan paduan yang mengandung besi (Fe) sebagai unsur utamanya.

Logam-logam non besi merupakan material yang mengandung sedikit atau sama sekali tanpa besi. Dalam dunia teknik mesin, logam (terutama logam besi / baja) merupakan material yang paling banyak dipakai, tetapi material-material lain juga tidak dapat diabaikan. Material non logam sering digunakan karena material tersebut mempunyai sifat yang khas yang tidak dimiliki oleh material logam.

Material non logam dapat dibedakan menjadi beberapa golongan, yaitu:

1. Keramik

2. Plastik (polimer)

3. Komposit

Material keramik merupakan material yang terbentuk dari hasil senyawa (*compound*) antara satu atau lebih unsur-unsur logam (termasuk Si dan Ge) dengan satu atau lebih unsur-unsur non logam. material jenis keramik semakin banyak digunakan, mulai berbagai *abrasive*, pahat potong, batu tahan api, kaca, dan lain-lain, bahkan teknologi roket dan penerbangan luar angkasa sangat memerlukan keramik.

Plastik (*polimer*) adalah material hasil rekayasa manusia, merupakan rantai molekul yang sangat panjang dan banyak molekul MER yang saling mengikat. Pemakaian plastik juga sangat luas, mulai peralatan rumah tangga, interior mobil, kabinet radio/televisi, sampai konstruksi mesin.

Komposit merupakan material hasil kombinasi dari dua material atau lebih, yang sifatnya sangat berbeda dengan sifat masing-masing material asalnya. Komposit selain dibuat dari hasil rekayasa manusia, juga dapat terjadi secara alamiah, misalnya kayu, yang terdiri dari serat selulose yang berada dalam matriks lignin. Komposit saat ini banyak dipakai dalam konstruksi pesawat terbang, karena mempunyai sifat ringan, kuat dan non magnetik.

Sifat mekanik adalah sifat yang menyatakan kemampuan suatu material / komponen untuk menerima beban, gaya dan energi tanpa menimbulkan kerusakan pada material/komponen tersebut.

Beberapa **sifat mekanik** yang penting antara lain:

1. Kekuatan (*strength*)

Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah. Berdasarkan pada jenis beban yang bekerja, kekuatan dibagi dalam beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung.

2. Kekakuan (*stiffness*)

Adalah kemampuan suatu material untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi atau difleksi.

3. Kekenyalan (*elasticity*)

Didefinisikan sebagai kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan, atau dengan kata lain kemampuan material untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah mengalami deformasi (perubahan bentuk).

4. Plastisitas (*plasticity*)

Adalah kemampuan material untuk mengalami deformasi plastik (perubahan bentuk secara permanen) tanpa mengalami kerusakan. Material yang mempunyai plastisitas tinggi dikatakan sebagai material yang ulet (*ductile*), sedangkan material yang mempunyai plastisitas rendah dikatakan sebagai material yang getas (*brittle*).

5. Keuletan (*ductility*)

Adalah suatu sifat material yang digambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material *ductile* ini harus kuat dan lentur. Keuletan biasanya diukur dengan suatu periode tertentu, persentase keregangan. Sifat ini biasanya digunakan dalam bidang perteknikan, dan bahan yang memiliki sifat ini antara lain besi lunak, tembaga, aluminium, nikel, dll.

6. Ketangguhan (*toughness*)

Merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.

7. Kegetasan (*brittleness*)

Adalah suatu sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kerapuhan ini merupakan suatu sifat pecah dari suatu material dengan sedikit pergeseran permanent. Material yang rapuh ini juga menjadi sasaran pada beban regang, tanpa memberi keregangangan yang terlalu besar. Contoh bahan yang memiliki sifat kerapuhan ini yaitu besi cor.

8. Kelelahan (*fatigue*)

Merupakan kecenderungan dari logam untuk menjadi patah bila menerima beban bolak-balik (*dynamic load*) yang besarnya masih jauh di bawah batas kekakuan elastiknya.

9. Melar (*creep*)

Merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik bila pembebanan yang besarnya relatif tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi.

10. Kekerasan (*hardness*)

Merupakan ketahanan material terhadap penekanan atau indentasi / penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (*wear resistance*) yaitu ketahanan material terhadap penggoresan atau pengikisan.

2.4 Sistem Pneumatik

Pneumatik berasal dari bahasa Yunani yang berarti udara atau angin. Semua sistem yang menggunakan tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan untuk menghasilkan suatu kerja disebut dengan sistem Pneumatik. Dalam penerapannya, sistem pneumatik banyak digunakan sebagai sistem automasi. Sistem pneumatik mempunyai beberapa kelebihan antara lain adalah :

- a). Fluida kerja mudah didapat dan ditransfer.
- b). Dapat disimpan dengan baik.
- c). Penurunan tekanan relatif lebih kecil dibandingkan dengan sistem hidrolik.
- d). Viskositas fluida yang lebih kecil sehingga gesekan dapat diabaikan.
- e). Aman terhadap kebakaran.

2.4.1 Sistem Tekanan Tinggi

Untuk sistem tekanan tinggi, udara biasanya disimpan dalam tabung metal (*Air Storage Cylinder*) pada range tekanan dari 1000 – 3000 Psi, tergantung pada keadaan sistem. Tipe dari tabung ini mempunyai 2 *valve*, yang mana satu digunakan sebagai *valve* pengisian, dasar operasi kompresor dapat dihubungkan pada *valve* ini untuk penambahan udara kedalam tabung. *Valve* lainnya sebagai *valve* pengontrol. *Valve* ini dapat sebagai *valve* penutup dan juga menjaga terperangkapnya udara dalam tabung selama sistem dioperasikan.

2.4.2 Sistem Tekanan Sedang

Sistem pnumatik tekanan sedang mempunyai batas tekanan antara 100 – 150 Psi, biasanya tidak menggunakan tabung udara. Sistem ini umumnya mengambil udara terkompresi langsung dari motor kompresor.

2.4.3 Sistem Tekanan Rendah

Tekanan udara rendah didapatkan dari pompa udara tipe *vane*. Demikian pompa udara mengeluarkan tekanan udara secara kontinu dengan tekanan sebesar 1 –10 Psi ke sistem pneumatik.

