

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Teknologi bertumbuh cukup cepat sampai kini pada segala dunia malahan menurut produksi otomotif melalui menggabungkan satu atau dua bahan dengan wujud akan mewujudkan satu produk atau bahan bahwa bertambah unggul atau kuat daripada sebelumnya. Salah satu pemakaian dan pembuatan teknologi di urusan ini adalah dengan menggunakan kayu Mahoni dengan memanfaatkan serat yang terdapat didalamnya atau yang disebut dengan pemanfaatan serat alami.

Lukmandaru dkk (2018: 39) berkata bahwa kayu Mahoni (*Swietenia sp.*) yakni salah satu jenis kayu bahwa digemari dan berlimpah dipakai masyarakat di Indonesia hingga saat ini. Kayu mahoni terdapat mulai hutan rakyat, hutan alam, maupun hutan tanaman. Kayu Mahoni berlebihan digemari lantaran penampilan adapun indah, mudah dikerjakan, kualitas finishing dan gampang dibersihkan tanpa cacat yang berarti Sifat kimia kayu mahoni yang dimodifikasi dengan perlakuan panas.

Serat atau fiber yang menasehati derajat kekakuan dan kekuatan ketika waktu densitas yang rendah, tetapi andaikan bukan terdapat riset atau perhitungan komposisi material yang pas, riset kini tiada untuk melahirkan bentuk melalui bandingan adapun sekali kecil serta nilai kekuatan yang optimal. Kecuali makanya serat (fiber) serta yaitu unsur yang terpenting, akibat seratlah menantinya akan menentapkan sifat mekanik komposit tersebut seperti kekakuan, keuletan, kekuatan dsb seperti kayu Mahoni teksturnya cukup halus, seratnya indah dan

Beragam merah muda sampai merah tua. Banyak diperlukan asalkan elemen dekorasi ruangan. Termasuk kayu dengan Kelas Awet III dan Kelas Kuat II, III. Pohon mahoni banyak ditemui di antara hutan Jati di Pulau Jawa, atau ditanam di tepi jalan sebagai tanaman pelindung (Widyono dkk, 2021).

Terus melalui bentuk mengukur beban gaya yang berlawanan arah pada kedua ujung specimen bahan material yang diuji adalah dengan menggunakan uji tarik terhadap sem komposit serat kayu mahoni, sehingga kekuatan dari bahan yang diuji dapat diketahui (Fadilah & Widyaputra, 2020). Adapun Alkali merupakan larutan kimia yang dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan seperti dalam bidang otomotif dan lain-lain. Sehingga dengan melihat hal di atas, peneliti tertarik untuk mengambil judul penelitian yaitu “Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Serat Kayu Mahoni Tanpa Pengaruh Alkali”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan dalam penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi:

1. Saat ini penggunaan serat sintetis semakin meningkat di seluruh dunia. Untuk itu perlu diteliti berbagai macam serat alam untuk dijadikan penguat komposit, salah satunya adalah serat kayu Mahoni.
2. Dalam skripsi ini yang diteliti adalah pengaruh volume serat dan ukuran mes partikel komposit terhadap kekuatan tarik.
3. Pengaruh variasi volume dan mes komposit serat kayu Mahoni tanpa alkali terhadap kekuatan tarik.
4. Mengidentifikasi kekuatan tarik konposit serat Mahoni tanpa perlakuan alkali dengan berbagai variasi pengujian.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Variasi pengujian
  - a. 10% serbuk 90% resin mes 30
  - b. 30% serbuk 70% resin mes 30
  - c. 50% serbuk 50% resin mes 30
  - d. 30% serbuk 70% resin mes30, 50, 80
2. Menggunakan resin polyester BQTN 157 EX
3. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik
4. Serat yang digunakan adalah berbentuk partikel dari kayu Mahoni
5. Partikel Mahoni tidak direndam dengan alkali.

### 1.4 Tujuan

#### a) Tujuan Umum

Tujuan umum yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah mendapatkan nilai Tarik ( $kg/mm^2$ ) komposit serat kayu Mahoni tanpa alkali.

#### b) Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

Untuk mengetahui kekuatan tarik komposit serat kayu Mahoni tanpa perlakuan alkali dengan berbagai variasi pengujian.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberi inovasi baru dalam pembuatan komposit dengan serat alam.

2. Menambah pengetahuan bagi mahasiswa/i yang akan melakukan pengujian mengenai pengujian tarik komposit serat kayu Mahoni tanpa alkali.
3. Sebagai bahan acuan untuk memahami proses pembuatan komposit serta untuk pengembangan tahap selanjutnya.

## **BAB 2**

### **PEMBAHASAN**

#### **2.1 Konsep Komposit**

Komposit adalah suatu beragam petunjuk baru buatan penerapan adapun terjadi semenjak dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Komposit melalui peneguhan serat alam mempunyai kekuatan 40% lebih kuat serta lebih ringan dibandingkan komposit serat gelas. Cara manufaktur komposit peneguhan serat alam memiliki keuntungan relatif murah serta ramah terhadap lingkungan. Oleh karena itu, material komposit serat alam dapat diproyeksikan menjadi material alternatif pengganti komposit serat sintetis (Arsyad & Salam, 2017).

Selain itu, Diana dkk (2020) menyatakan bahwa komposit yakni bentuk material multi fasa yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda. Komposit terdiri dari serat dan matriks. Serat berperan sebagai material rangka yang menyusun komposit. Sedangkan matriks berfungsi untuk merekatkan serat dan menjaganya agar tidak berubah posisi. Matriks memiliki sifat yang mudah untuk diubah bentuknya dengan cara dipotong atau juga dicetak sesuai dengan kebutuhan desainnya. Selain itu, perbedaan pengaturan susunan serat akan merubah pula sifat-sifat komposit yang dihasilkan. Hal tersebut dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan sifat komposit sesuai dengan parameter yang dibutuhkan. Matriks umumnya terbuat dari bahan resin. Matriks berfungsi sebagai perekat material serat, sehingga tumpukan serat dapat merekat dengan kuat. Resin akan saling mengikat dengan material serat, sehingga beban yang dikenakan pada

komposit akan

menyebar secara merata. Selain itu, resin juga berfungsi untuk melindungi serat dari serangan bahan kimia atau juga kondisi cuaca ekstrim yang dapat merusaknya. Berdasarkan kombinasi tersebut, dihasilkan material baru yang memiliki sifat dan karakteristik berbeda dari material penyusunnya.

Lalu, komposit juga serta merupakan sebetuk pengabungan dari dua bahan berbeda atau lebih untuk membuat sebuah bahan material baru. Dimana percampuran material tersebut masih tetap terpisah atau tidak homogen pada hasil akhirnya. Komposit dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian utama berdasarkan bentuk strukturnya, salah satunya yaitu komposit lapis. Komposit lapis atau laminates composites merupakan sebuah komposit yang dibuat dari dua lapis material atau lebih yang kemudian digabungkan menjadi satu, dimana setiap lapisan material tersebut memiliki karakteristik sifat masing-masing. Komposit lapis biasanya serat atau lapisannya disusun dalam berbagai orientasi (Ariansyah & Samlawi, 2019).

#### a. Komponen Bahan Komposit

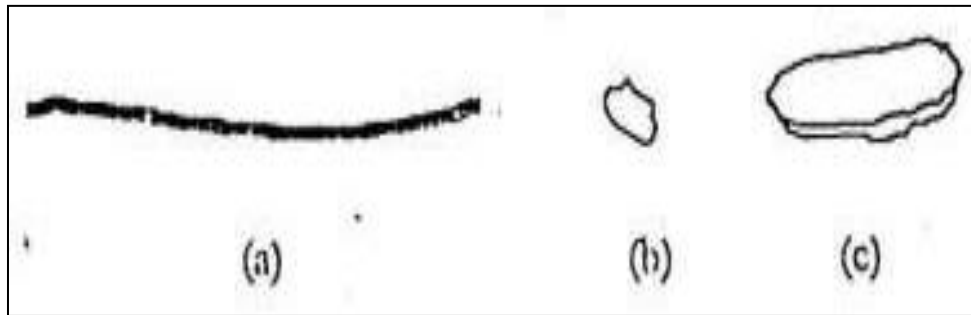
Komponen bahan komposit merupakan penyusun gabungan dua macam bahan atau lebih yaitu matrik dan reinforcement agent. Penguat atau reinforcement agent ini dapat disisipkan ke dalam matrik tetapi tidak larut dalam matrik (Devriana, 2017).

Matrik pada komposit dapat berbentuk:

1. Logam
2. Keramik
3. Polimer

Reinforcement agent pada komposit dapat berbentuk :

1. Fiber (serat)
2. Partikel



Gambar 2.1. Bentuk – Bentuk Reinforcement Agent

Dalam bukunya Tjahjanti (2018) menuliskan bahwa berdasarkan matriks yang digunakan material komposit dapat dikelompokkan menjadi:

1. *Metal Matrix Composite* (MMC atau MMC's)

Yaitu material komposit dengan matriksnya dari logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah Continuous Filamen MMC yang digunakan dalam industri penerbangan. MMC dengan matriks logam aluminum (Al) disebut dengan Aluminum Metal Matrix Composite (AMMC). AMMC yang dibuat dengan cara pengecoran disebut *Aluminum Metal Matrix Composite Cast Composite* (AMMCC). Kelebihan MMC adalah transfer tegangan dan regangan yang baik, tahan terhadap temperatur tinggi, tidak menyerap kelembaban, tidak mudah terbakar, dan kekuatan tekan dan geser yang baik.

2. *Ceramic Matrix Composite* (CMC atau CMC's)

Yaitu material komposit dengan matriksnya dari keramik. CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, carbida, nitrida. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *DIMOX* yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi



oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah *filler*. Gambar 1.3 menunjukkan aplikasi CMC. Keuntungan dari CMC adalah dimensinya stabil bahkan lebih stabil daripada logam, Ssangat tangguh bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari besi cor, mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus, unsur kimianya stabil pada temperature tinggi, tahan pada temperatur tinggi dan kekuatan serta ketangguhan tinggi, juga tahan terhadap korosi.

### 3. *Polymer Matriks Composite* (PMC atau PMC's)

Yaitu material komposit dengan matriksnya dari polimer. Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. *Matriks* polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polimer termoset tidak dapat didaur ulangsedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan adalah polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyethylene (PE), dan lain-lainnya. Gambar Material komposit PMC memiliki keunggulan antara lain biaya pembuatan lebih rendah, dapat dibuat dengan produksi massal, ketangguhan baik, tahan simpan, siklus pabrikasi dapat dipersingkat, kemampuan mengikuti bentuk, lebih ringan, specific stiffness dan strength tinggi, dan bersifat anisotropic

## 2.2 Faktor – Faktor Yang Menentukan Sifat Komposit

Ada tiga faktor yang sangat menentukan sifat – sifat suatu komposit yaitu :

Beberapa faktor yang menentukan sifat komposit, yaitu :

### 1. Faktor Serat

a. Letak serat

1. *One dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan pada arah axis serat.
2. *Two dimensional reinforcement* (planar), mempunyai kekuatan pada dua arah masing- masing orientiasi serat
3. *Three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat isotropic, kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tpe sebelumnya.

b. Panjang Serat Serat panjang lebih kuat dibandingkan dengan serat pendek.

Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh dengan kekuatan maupun modulus Komposit. Serat panjang (*continuous fibre*) lebih efisien dalam peletakannya daripada serat pendek.

c. Bentuk Serat Bentuk serat tidak mempengaruhi, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Semakin kecil diameter serat, maka akan menghasilkan kekuatan Komposit yang tinggi.

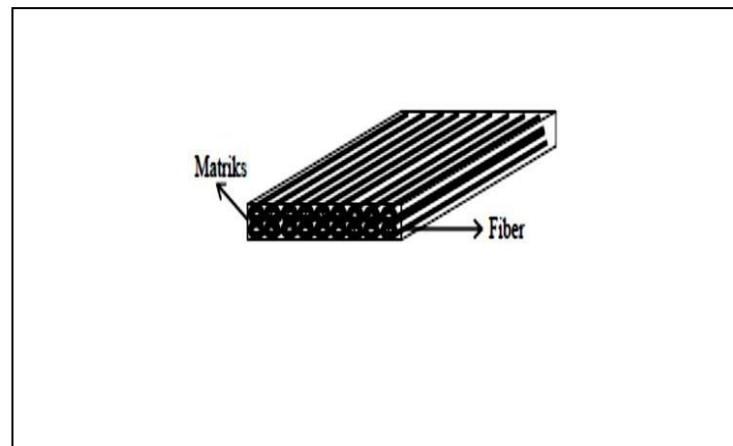
Tujuan pembuatan material komposit yaitu sebagai berikut :

1. Memperbaiki sifat mekanik atau sifat spesifik tertentu.
2. Mepermudah bentuk yang sulit pada manufaktur.
3. Keleluasaan dalam bentuk yang dapat mengehmat biaya.
4. Menjadikan bahan lebih ringan (Aji, 2020).

### 2.3 Klasifikasi Komposit

Riyanto (2017) menyatakan bahwa komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu :

a. Fibrous Composite Material (Lomposit Serat)

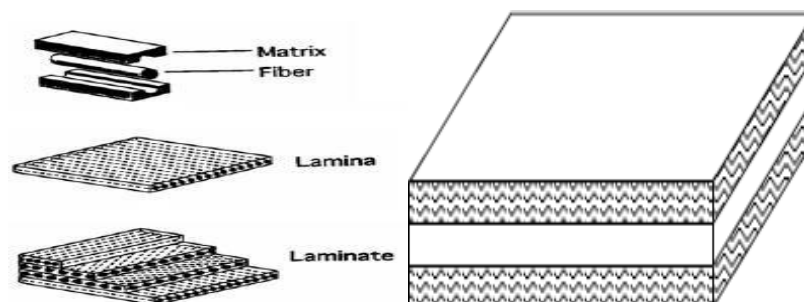


rami, atau *hemp*, kenaf, *flax*, *jute*, dsb) dan serat kimia atau serat buatan

Gambar 2.2 Komposit Serat

*b. Laminate Composites* (Komposit Lapis)

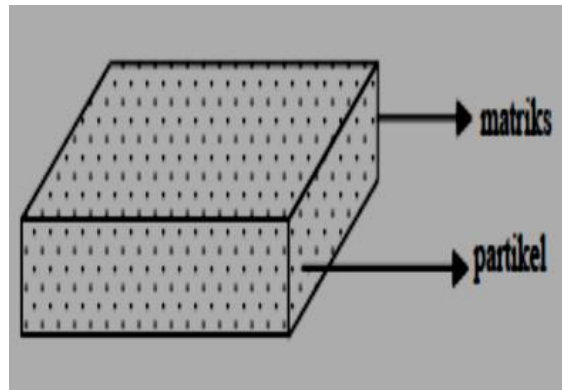
Komposit lapis merupakan komposit yang terdiri dari bermacam-macam lapisan material dalam satu matrik



Gambar 2.3 Komposit Lapis

*c. Particulate Composites* (Komposit Partikel)

Partikel komposit merupakan komposit yang menggunakan partikel / serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.



Gambar 2.4. Komposit Partikel

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, depth of field 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, depth of field yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri.

#### 2.4 Kayu Mahoni

Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla* King) selama ini dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan furniture dan sebagai peneduh. Kayu Mahoni diketahui mempunyai khasiatnya sebagai antimikroba, antioksidan, antidiabetes, anti inflamasi, analgesik, serta anti jamur juga. Kayu Mahoni termasuk pohon besar dengan tinggi pohon mencapai 35-40 m dan diameter mencapai 125 cm. Batang lurus berbentuk silindris dan tidak berbanir. Kulit luar berwarna coklat kehitaman, beralur dangkal seperti sisik, sedangkan kulit batang berwarna abu-abu dan halus ketika masih muda, berubah menjadi coklat tua, beralur, dan mengelupas setelah tua. Tanaman Mahoni dapat ditemukan tumbuh liar di hutan

jati dan tempat-tempat lain yang dekat dengan pantai, atau ditanam di tepi jalan sebagai pohon pelindung.

Tanaman Mahoni berasal dari Hindia Barat, dan dapat tumbuh subur bila tumbuh di pasir payau dekat dengan pantai. Tanaman mahoni termasuk jenis tanaman yang mampu bertahan hidup di tanah gersang sekalipun. Walaupun tidak disiram selama berbulan-bulan, mahoni masih mampu untuk bertahan hidup. Syarat lokasi untuk budi daya mahoni diantaranya adalah ketinggian lahan maksimum 1.500 meter dpl, curah hujan 1.524 – 5.085 mm/tahun, dan suhu udara 11-36o C.

Mahoni dapat ditemukan tumbuh liar di hutan jati dan tempat-tempat lain yang dekat dengan pantai atau ditanam ditepi jalan sebagai pohon pelindung (Syahwiranto dan Karim, 2018).

Taksonomi tumbuhan Mahoni diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae (tumbuhan)

Divisi : Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)

Kelas : Magnoliopsida (berkeping dua/dikotil)

Ordo : Sapindales

Famili : Meliaceae

Genus : Swietenia

Spesies : Swietenia mahagoni (L.) Jacq. 7

Sinonim : Swietenia mahogoni Lam., Swietenia mahogani C. DC.,

Swietenia mahagoni var. praecociflora Hemsl., Swietenia acutifolia

Stokes, Cedrela mahagoni L. (4) (Ahmad dkk, 2019).

#### 1. Sifat-sifat umum kayu

### a. Sifat fisik

Sifat fisik kayu adalah sifat-sifat kayu yang dapat ditangkap secara visual oleh indera manusia. Beberapa sifat fisik kayu yang diselidiki, antara lain:

#### 1. Warna

Warna dari berbagai jenis kayu berbeda-beda, antara lain : warna kuning, keputih-putihan, coklat muda, coklat kehitam-hitaman, kemerah merahan, dan lain sebagainya.

#### 2. Tekstur

Tekstur adalah ukuran relatif sel-sel kayu. Yang dimaksud dengan sel kayu ialah serat-serat kayu. Jadi, dapat dikatakan tekstur adalah ukuran relatif serat-serat kayu.

#### 3. Berat jenis

Berat jenis (BJ) merupakan penunjuk penting bagi aneka sifat kayu. Makin berat kayu itu, umumnya makin kuat pula kayunya. Semakin ringan suatu jenis kayu, akan berkurang pula kekuatannya.

$\rho = \text{berat/volume}$  ,

$$G_m = \rho / (1000 \times (1 + m/100))$$

$$\alpha = (30 - m) / (30) ,$$

$$G_b = G_m / ((1 + 0,265 \alpha G_m))$$

$$G_{15} = G_b / ((1 + 0,133 G_b))$$

dimana :

$\rho$  = kerapatan ( $\text{kg/m}^3$ )

$G_m$  = BJ pd ka m%

$G_b$  = BJ dasar

G15 = BJ pd kadar air 15% (Nagara, 2018)



Gambar 2.5. Kayu Mahoni

## 2.5 Uji Tarik

Ardiansyah (2021) mengungkapkan bahwa tujuan dari pengujian tarik yaitu untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik dari suatu bahan. Untuk melakukan proses pengujian tarik, spesimen pengujian dijepit pada mesin uji dengan pembebanan dimulai dari nol, kemudian bertambah perlahan-lahan hingga memperoleh beban maksimum dan akhirnya benda uji putus. Pengujian tarik yang dilakukan adalah untuk mengetahui kekuatan tarik dan regangan dari matrik, maupun komposit serat. Metode yang digunakan adalah benda uji dijepit pada mesin uji dengan pembebanan perlahan-lahan meningkat sampai suatu beban tertentu dan akhirnya benda uji patah. Beban tarik yang bekerja pada benda uji akan menimbulkan pertambahan panjang disertai pengecilan diameter benda uji. Perbandingan antara pertambahan panjang ( $\Delta L$ ) dengan panjang awal benda uji ( $L_0$ ) disebut *regangan*.

Pada penelitian ini untuk menghitung kekuatan tarik dan regangan adalah:

### 1. Kekuatan Tarik

$$\sigma = \frac{\text{Beban } (F)}{\text{Luas Penampang } (A)}$$

### 2. Regangan

$$\varepsilon = \frac{\text{Pertambahan Panjang } (\Delta L)}{\text{Panjang Awal } (L)}$$

Uji tarik ialah berguna untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu merupakan salah satu pengujian untuk mengukur kekuatan sambungan. Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji.

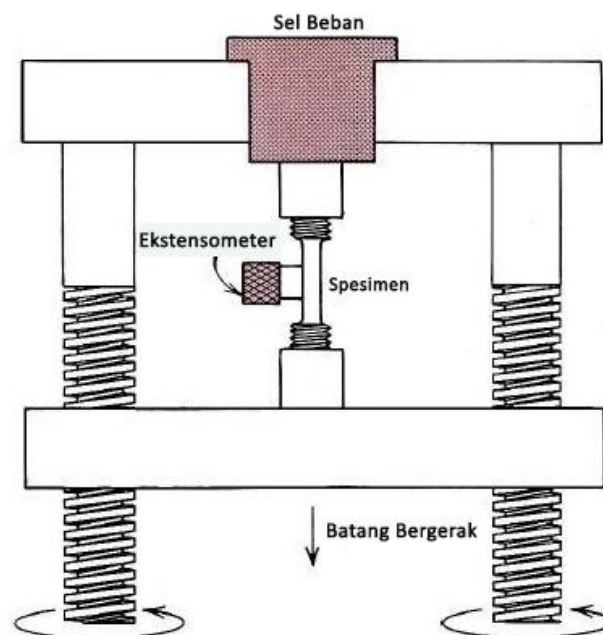
Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (gri) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (Putra dkk, 2019).

## 2.6 Prinsip Kerja Uji Tarik

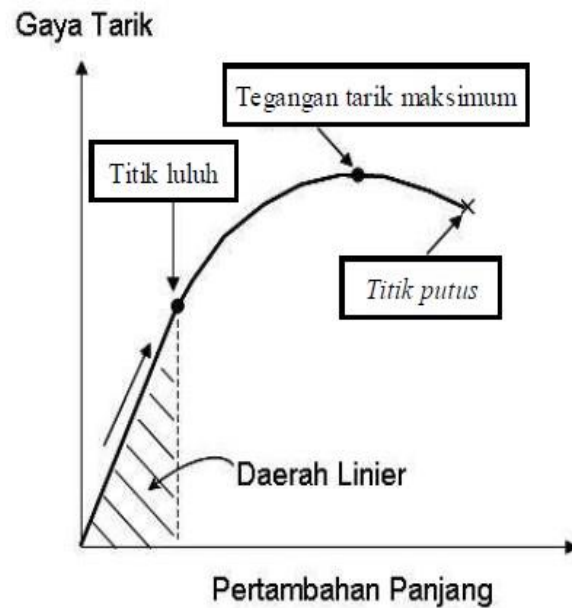
Anggoro dkk (2021) mengatakan bahwa alat uji tarik merupakan adalah alat yang mempunyai prinsip kerja yaitu untuk mengetahui nilai-nilai



keelastisitasan suatu bahan uji, cara kerja alat uji tarik ialah menarik bahan uji sampai batas maksimal dan untuk melihat berapa tegangan maksimal bahan uji. Bila kita terus menarik suatu bahan dalam hal ini suatu logam sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap. Selain itu, mesin uji tarik untuk material yang terdiri atas beberapa bagian, Bagian atas disebut sebagai *Crosshead*, atau bagian yang bergerak yang menarik benda uji, Sepasang ulir *cylinder* akan membawa atau menggerakkan bagian *crosshead*. Sementara itu di bagian bawah di buat static. dibagian *crosshead* terdapat sensor loadcell yang akan mengukur besarnya gaya tarik, sedangkan untuk mengukur perubahan panjang digunakan strain gages atau extensometer. Dengan menarik suatu bahan kita akan mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah Panjang.



Gambar 2.6. Pengujian Tarik



Gambar 2.7. Grafik Pengujian Tarik

Dengan melakukan uji tarik maka akan diperoleh profil tarikan yang lengkap berupa kurva hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang yang sangat diperlukan dalam proses desain yang menggunakan material tersebut ataupun mengetahui.

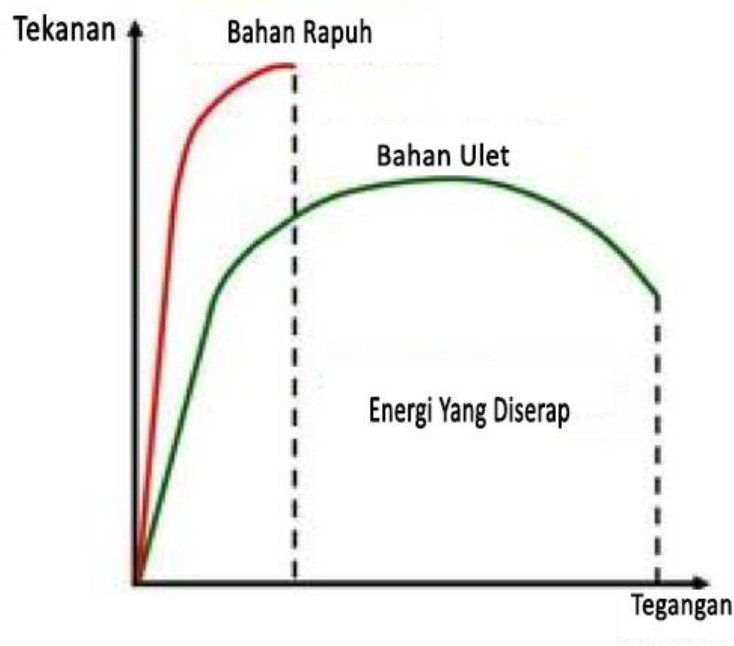
Tipikal hasil uji biasanya dibedakan oleh material penyusunnya, apakah material tersebut ulet atau tegas, maka biasanya terdapat 2 tipikal dan grafik hasil uji tarik seperti ditunjukkan pada gambar 2.9, yaitu:

1. Bahan ulet (Garis warna hijau)

Terjadi pertambahan panjang yang besar sehingga memiliki nilai regangan yang besar juga sebelum specimen putus, biasanya juga terdapat nilai kekuatan luluh

2. Bahan getas (Garis warna merah)

Terjadi pertambahan panjang yang sangat kecil bahkan sering juga tidak terjadi pertambahan panjang, sehingga memiliki nilai regangan yang sangat kecil dan juga tidak ada nilai regangan. Kekuatan luluh kadang tidak didapatkan karena spesimen langsung putus dan tidak ada nilai pertambahan panjang.



Gambar 2.8 Tipikal Material Grafik

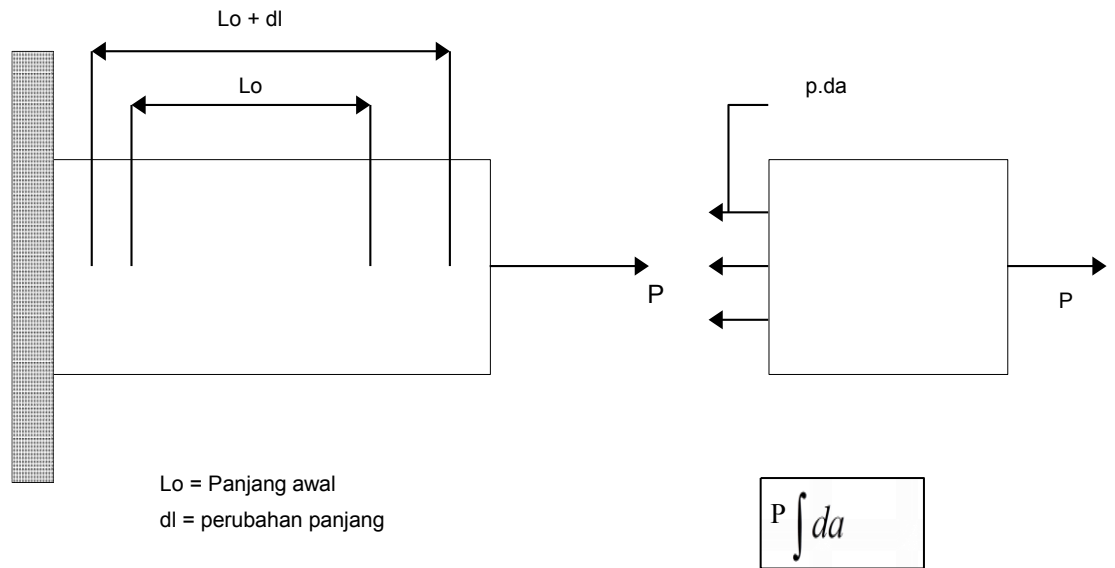
a. Gaya penarikan dan perubahan panjang

Pada mesin uji tarik, data output yang di hasilkan dan terlihat adalah besarnya gaya penarikan ( $F$ ) maksimal yang mampu ditahan oleh specimen hingga putus dan pertambahan panjang dari spesimen besarnya perubahan gaya penarikan ini diterima “loadcells” Sedangkan biasanya diukur dengan *Extensimeter*. Dari hubungan antara Gaya penarikan dan perubahan panjang ini selanjutnya bisa diperoleh nilai parameter lainnya seperti tegangan-regangan, modulus elastisitas, kekuatan lulus, tegangan

alir dan juga phenomena necking.

b. Tegangan dan Regangan

Tegangan dan regangan merupakan beberapa nilai yang bisa di cari berdasarkan hasil data grafik pengujian tarik. Biasanya pada grafik pengujian tarik didapatkan hasil perbandingan Beban maksimum yang ditahan dengan pertambahan panjang ( $\Delta L$ )



Gambar 2.9 Tegangan uji Tarik

1. Tegangan tarik dapat dicari menggunakan rumus

$(\sigma) = P / A_0 ; A_0 = \pi/4 (d_0)^2 ; d_0 =$  diameter awal spesimen, Maka,

$(\sigma \text{ tarik max.}) = \dots\dots\dots(2.1)$

2. Regangan ( $e$ )  $\dots\dots\dots(2.2)$