

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Harsojo dkk (2013) telah melakukan penelitian tentang pembuatan membran nanofiber dari bahan polivinil alkohol (PVA) menggunakan metode elektrospinning. Proses pembuatan dilakukan dengan melarutkan PVA kedalam aquades hingga mencapai kadar 10% berat. Parameter tegangan listrik (DC) yang digunakan bervariasi dari 5 kV – 20 kV dengan jarak (TCD = *Tip to Collector Distance*) yang dapat divariasikan. Hasil dari uji fiber menggunakan mikroskop optik dan *scanning electron microscope* (SEM) menunjukkan bahwa nanofiber yang dibuat dapat dipakai dalam berbagai aplikasi.

Dari penelitian Robaitullah (2017), optimasi polimer PVA dapat dicapai dengan menggunakan parameter tegangan 15 kV, diameter jarum 0,7 mm, dan jarak dari ujung jarum ke kolektor atau TCD 15 cm yang mampu menghasilkan serat terkumpul banyak dan ber *circle* besar. Pada tahap selanjutnya polimer PVA yang *diblend* dengan nanoemulsi kitosan telah berhasil dibuat dengan metode elektrospinning, walaupun masih memiliki manik-manik (*beads*) pada membran nanofiber. Namun, karena nilai dari regangan dan kuat tarik telah memenuhi standar dalam material medis sehingga penelitian ini dapat dikatakan berhasil.

Abdullah dkk (2014) telah meneliti tentang keberhasilan penggabungan PVA dengan lidah buaya (*aloe vera*). Penggabungan tersebut dilakukan melalui teknik elektrospinning dengan parameter proses tegangan 15 kV dan jarak TCD 8 cm. Adapun, hasil dari penambahan 5% ( $w/w$ ) *aloe vera* terhadap PVA 10% ( $v/w$ ) menunjukkan bahwa diameter serat menurun dari 168 nm (PVA 10%) menjadi 123 nm (PVA-AV).

Widodo (2017) telah melakukan penelitian tentang penggabungan PVA dan *Aloe vera* dengan konsentrasi 0, 2, 4, dan 6 % ( $w/w$ ) menggunakan metode elektrospinning. Proses pembuatan membran nanofiber menggunakan

elektrospinning dengan parameter tegangan 10 kV dan jarak TCD 16,5 cm. Hasil citra SEM dan uji tarik menunjukkan bahwa spesimen dengan konsentrasi 4% memiliki ukuran diameter terkecil dan memiliki kuat tarik tertinggi dibanding konsentrasi lainnya, namun pada konsentrasi 6% ukuran diameter membesar dan nilai kuat tarik menurun secara signifikan.

Meilanny dkk. (2015) telah melakukan penelitian tentang komposit berbasis alginat-PVA. Menurut Meilanny parameter tegangan sangat berpengaruh pada fabrikasi membran nanofiber yang dihasilkan. Adapun jika parameter tegangan yang diberikan terlalu rendah maka dapat menghasilkan manik-manik (*beads*) yang banyak. Ini disebabkan karena polimer tidak sempat tertarik oleh adanya medan listrik, sedangkan, jika tegangan terlalu tinggi maka dapat menghasilkan serat yang tidak kontinu karena tidak seimbang antara polimer dengan tegangan yang diberikan.

Penelitian yang telah dilakukan Uslu dkk. (2010) membahas tentang pembuatan membran nanofiber dari penggabungan PVA, PEG, PVP, HPMC, dengan penambahan *aloe vera*. Dalam metodenya, larutan A dibuat dengan menggabungkan 100 g PVA, 10 g PVP (10 wt %), dan 2 g HPMC pada suhu 60°C menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam. Larutan B, C, dan D dibuat dengan menambahkan 1 g, 2 g, dan 3 g *aloe vera* (2 wt %) pada larutan A. Adapun parameter yang digunakan untuk proses elektrospinning adalah dengan tegangan 20 kV dan jarak TCD 8 cm. Hasil SEM menunjukkan bahwa larutan polimer homogen dan linier serta diameter serat berkisar antara 200 – 500 nm dan bebas dari manik-manik (*beads*). Pada pengujian DSC, termogram menunjukkan bahwa penambahan *aloe vera* dapat mempengaruhi struktur kristal dan efisiensi lintas-link dari polimer hibrida dalam membentuk struktur amorf dengan suhu leleh ( $T_m$ ) 219°C pada konsentrasi *aloe vera* 3%.

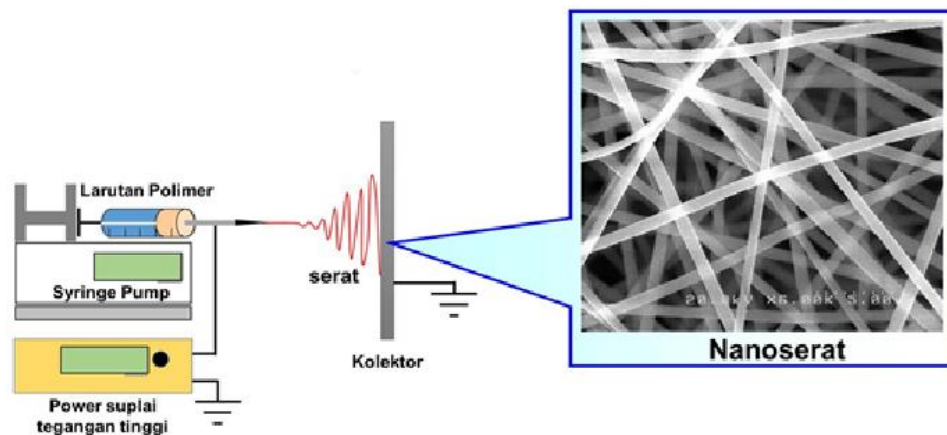
Dari penelitian yang telah dijelaskan diatas, dapat dinyatakan bahwa penelitian mengenai pembuatan membran nanofiber berbahan polimer alam tengah populer dilakukan dewasa ini. Namun, dalam pembuatan membran hibrid nanofiber menggunakan polimer alam khususnya *aloe vera* dan kitosan

masih sedikit diliti, sehingga peluang untuk meneneliti bahan tersebut sangat besar.

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Elektrosinning

Elektrosinning merupakan metode pemintalan elektrik sederhana dalam pembuatan membran nanofiber (Gambar 2.1). Selain karena metodenya yang sederhana, elektrosinning dipilih karena fleksibilitasnya dalam menghasilkan berbagai serat polimer dan konsisten dalam memproduksi serat dalam rentang submikron. Pada prinsipnya elektrosinning memanfaatkan beda potensial dari tegangan tinggi untuk membuat membran nanofiber, dimana jet elektrostatis pada kutub positif akan tertarik oleh kutub negatif karena adanya tegangan tinggi yang diberikan oleh *high voltage source* (Subbiah dkk, 2005).



**Gambar 2.1.** Skema alat elektrosinning

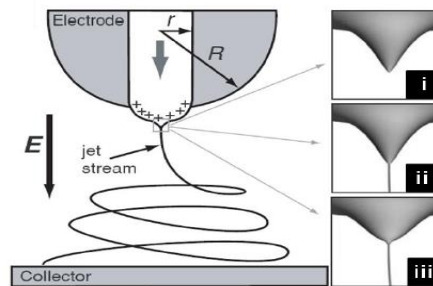
Elektrosinning memiliki beberapa komponen utama, yaitu pengumpan (*syringe*) yang berisi larutan polimer dengan salah satu komponennya adalah jarum (*spinneret*), sumber tegangan tinggi (*high voltage source*), dan kolektor (*collector screen*). Adapun parameter yang dapat mempengaruhi hasil dari pembuatan membran nanofiber menggunakan metode elektrosinning, yaitu: (1) karakteristik larutan, seperti viskositas larutan (konsentrasi), tegangan permukaan, konstanta dielektrik, densitas larutan, dan berat molekul polimer.

(2) *variable control*, seperti jarak dari jarum ke kolektor, laju aliran, diameter jarum, kolektor, dan tegangan. (3) faktor lingkungan, seperti, kecepatan udara, dan suhu kelembaban (Herdiawan dkk, 2013).

Pembentukan nanofiber secara umum terbagi menjadi beberapa tahap yang dikenal dengan sebutan *jet modeling* (Deniz, 2011), berikut merupakan tahapannya:

a. Tahap Inisiasi

Tahap inisiasi merupakan tahap terjadinya tetesan larutan pada ujung jarum, yang dimulai dari terbentuknya muatan positif di permukaan ujung jarum serta diikuti terbentuknya *taylor cone* hingga larutan mulai tertarik menuju kolektor (Gambar 2.2).



**Gambar 2.2.** Skema dari tahap inisiasi; (a) pembentukan *taylor cone*, (b) pelepasan larutan, dan (c) terjadi relaksasi larutan akibat tegangan permukaan (Deniz, 2011)

b. Tahap Penipisan Serat (*Thinning Fiber*)

Tahap penipisan serat adalah proses dari penipisan diameter serat, di mana aliran jet bergerak pada lintasan yang lurus sehingga memulai terjadinya gerakan seperti *bending* dan *looping* (Gambar 2.3).



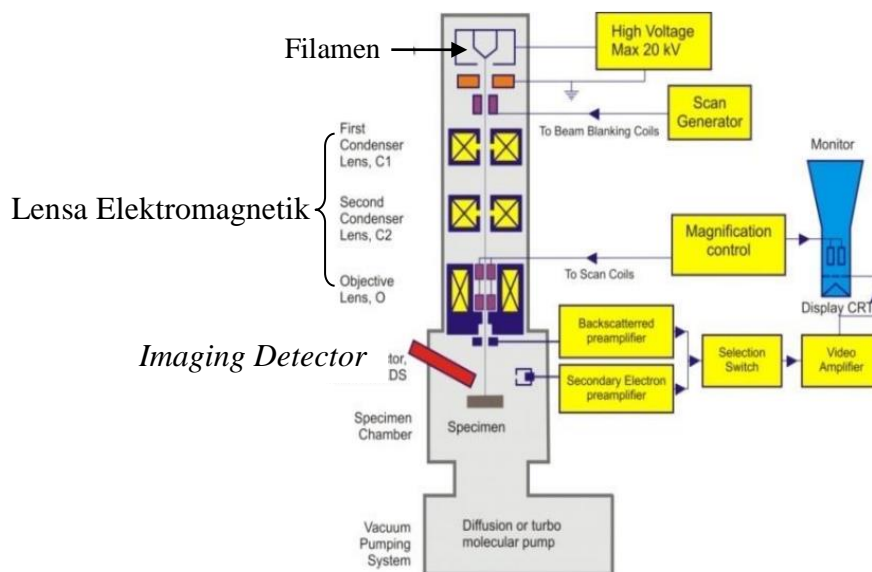
**Gambar 2.3.** Skema terjadinya penipisan serat sehingga terjadinya proses gerakan *bending* dan *looping*

c. Tahap Penguapan Larutan dan Pembekuan Serat

Tahapan ini merupakan tahap akhir dari *jet modeling* di mana setiap larutan membutuhkan waktu dalam penguapan yang berbeda-beda. Proses waktu penguapan disamakan dengan jarak yang diatur dari ujung jarum ke kolektor. Semakin pendek waktu penguapan dari larutan, maka memerlukan jarak yang pendek antara ujung jarum dengan kolektor (Deniz, 2011).

### 2.2.2. Scanning Electron Microscope (SEM)

*Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah sejenis mikroskop yang digunakan untuk melihat material dengan resolusi yang tinggi dengan bantuan elektron sebagai pengganti cahaya dalam proses melihat material (Gambar 2.4).



**Gambar 2.4.** Skema diagram alat SEM

SEM memiliki beberapa komponen utama yang mendukung dalam pekerjaannya, yaitu:

a. Tiga Pasang Lensa Elektromagnetik

Fungsi dari lensa elektromagnetik ini untuk memfokuskan berkas elektron menjadi sebuah titik kecil, kemudian kedua pasang scan coil discan-kan dengan frekuensi variable pada permukaan sampel. Semakin kecil berkas

yang difokuskan maka semakin besar resolusi lateral yang didapatkan. Dari ketiga lensa elektromagnetik tersebut terdapat perangkat stigmator yang merupakan perangkat untuk mengoreksi kesalahan fisika pada lensa-lensa elektromagnetik berupa astigmatismus.

b. Filamen

Sumber elektron pada SEM biasanya didapatkan dari filamen, bahan dari filamen dapat berupa kawat tungsten atau jarum dari paduan Lantanum Hexaboride LaB<sub>6</sub> atau Cerium Hexaboride CeB<sub>6</sub>, yang mampu menyediakan berkas elektron yang memiliki energy tunggal (monokromatik).

c. *Imaging Detector*

*Imaging detector* berfungsi sebagai pengubah sinyal elektron menjadi gambar (*image*).

Untuk menghindari gangguan dari molekul udara terhadap berkas elektron, seluruh jalur elektron (*column*) divakum hingga  $10^{-6}$  torr. Namun, kevakuman yang tinggi dapat menyebabkan kenaikan sensitifitas pendektasian alat terhadap material, yang artinya akan menyulitkan analisis jika material yang di SEM merupakan bahan non-konduktif, seperti keramik dan oksida. Untuk mengatasi hal tersebut, biasanya SEM dioperasikan dengan tekanan vakum rendah atau yang biasa disebut *Low-Vacuum Mode* sehingga material non-konduktif dapat di analisis menggunakan SEM. Tekanan pada *Low-Vacuum Mode* ini berkisar antara 30 – 70 Pa. (Sujatno dkk, 2015)

### 2.2.3. *Optical Microscope (OM)*

Mikroskop (bahasa Yunani: *micros* = kecil dan *scopein* = melihat) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk melihat objek sangat kecil yang mana tidak bisa dilihat secara kasatmata (Gambar 2.5). Selain untuk melihat benda berukuran sangat kecil, mikroskop juga memiliki fungsi lain yaitu untuk menghitung koloni serta pemeriksaan bakteri yang mana masih digunakan sampai sekarang (Yuliwardana, 2016).



**Gambar 2.5.** Mikroskop

Adapun ilmu yang mempelajari tentang benda berukuran kecil dengan menggunakan mikroskop disebut dengan mikroskopik. Antonie Van Leeuwenhock (1632-1723) adalah penemu mikrobiologi dengan menggunakan mikroskop. Pada tahun 1675 Antonie membuat mikroskop dengan kualitas lensa yang cukup baik dengan menumpuk lebih banyak lensa, sehingga Antonie bisa mengamati mikroorganisme yang terdapat pada air.

Bagian utama dari mikroskop terdiri dari lensa obyektif, lensa okuler, dan kondensor serta bagian dari non-optik terdiri dari diafragma, kaki dan lengan mikroskop, meja objek, pemutar halus dan kasar, penjepit kaca objek, dan sumber cahaya. Terdapat beberapa faktor penentu dalam pembesaran mikroskop yaitu:

1. Titik fokus kedua lensa
2. Lensa obyektif terhadap lensa okuler, dan
3. Jarak mata normal

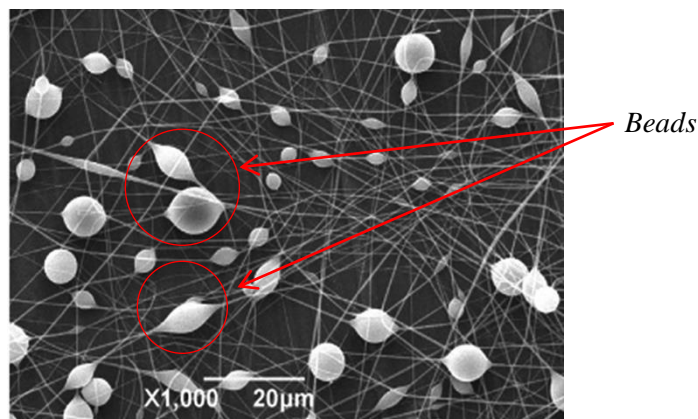
Lensa okuler dan lensa obyektif memiliki kerja yang berbeda, dimana pada lensa okuler merupakan lensa yang berada didekat mata pengamat sehingga berfungsi untuk membentuk bayangan maya, tegak, dan diperbesar dari lensa obyektif. Sedangkan, lensa obyektif berada didekat objek yang akan diamati, dimana lensa ini akan membentuk bayangan nyata, terbalik, dan diperbesar, dimana lensa ini juga diatur oleh revolver dalam menentukan pembesaran (Prasetyo, 2005).

#### 2.2.4. Manik-Manik (*Beads*)

*Beads* biasanya merupakan cacat serat (*fiber defect*) yang ditandai dengan bintik atau butiran seperti manik-manik pada serat nano. Pada penelitian Fong dkk (1999), terdapat beberapa penyebab terjadinya pembentukan *beads*, yaitu sebagai berikut:

- Viskositas, konsentrasi larutan, dan berat molekul yang rendah
- Kepadatan muatan rendah
- Tegangan permukaan tinggi

*Beads* yang terjadi pada serat nano kitosan disebabkan oleh kompetisi antara perubahan konduktifitas dan viskositas larutan selama proses elektrospinning (Gambar 2.6). Metode yang dikembangkan saat ini yang telah berhasil untuk menghilangkan *beads* pada pembuatan serat nano polistirena adalah dengan meningkatkan konduktifitas larutan dengan penambahan surfaktan ionik pada larutan polimer. Contoh surfaktan ionik yang dapat digunakan adalah *Hexadecylamine* (HDA), *tetrabutyl-ammonium chloride* (TBAC), dan *dodecyltrimethyl-ammonium bromide* (DTAB) (Judawisastra dkk, 2012).



**Gambar 2.6.** *Beads* serat nano

#### 2.2.5. Polivinil Alkohol (PVA)

$[(C_2H_4OH)_x]$  merupakan rumus kimia dari Polivinil alkohol (PVA) yang merupakan polimer sintetik serta padatan termoplastik (Gambar 2.7) yang dapat terlarut didalam air jika memiliki jumlah yang cukup tinggi dari



gugus hidroksil, namun tidak dapat terlarut pada sebagian besar pelarut organik maupun minyak (Pudjiastuti dkk, 2016). Dari sifat PVA yang mudah larut dalam air, PVA juga mudah didapat, *biodegradable*, dan memiliki titik leleh berkisar 180 - 190°C untuk tingkat terhidrolisis sebagian dan 228°C untuk terhidrolisis sempurna serta memiliki bobot molekul berkisar antara 30.000 – 200.000 (Kibbe, 2000). Karena sifatnya yang tidak beracun dan *biodegradable*, maka PVA banyak digunakan dalam berbagai penelitian salah satunya adalah dalam penelitian tentang proses fabrikasi membran nanofiber menggunakan teknik elektrospinning (Subbiah dkk, 2005; Muhaimin dkk, 2014).

Selain dari banyak kelebihan yang sudah dijelaskan, PVA juga memiliki fleksibilitas yang baik, sifat tarik yang tinggi, dan penghalang oksigen yang baik (Ogur, 2005) sehingga PVA banyak diaplikasikan dalam banyak bidang. Lin dan Ku (2008) melaporkan bahwa PVA dapat difungsikan sebagai pengolahan tekstil pada pembuatan nilon. Sedangkan, Kang dkk (2009) melaporkan bahwa C-PVA dapat diaplikasikan pada bidang biomedis sebagai akselerator dari *woundhealing* pada tahap awal penyembuhan.



**Gambar 2.7.** Polivinil alkohol (PVA)

#### **2.2.6. Lidah Buaya (*Aloe Vera*)**

Lidah buaya (*aloe vera*) merupakan tumbuhan yang banyak ditemukan diberbagai belahan dunia khususnya di negara tropis sebagai bahan polimer alam (Gambar 2.8). Persentase terbesar yang terkandung dalam *aloe vera* adalah berupa lendir dan gel, dimana 99,5% berupa air dan

0,5% terdiri atas bahan padat dari berbagai senyawa seperti enzim, mineral, fenolik, asam organik, serta vitamin yang larut dalam air maupun yang larut dalam lemak (Hamman, 2008).

*Aloe vera* juga telah dipercaya selama 2000 tahun diberbagai negara kontemporer seperti India, Hindia Barat, Jepang, dan Cina sebagai media pengobatan tradisional (Boudreau dan Baland, 2007). Namun, pada umumnya dalam dunia farmasi *aloe vera* digunakan sebagai salep, kapsul atau tablet dalam proses penyembuhan (Hamman, 2008).



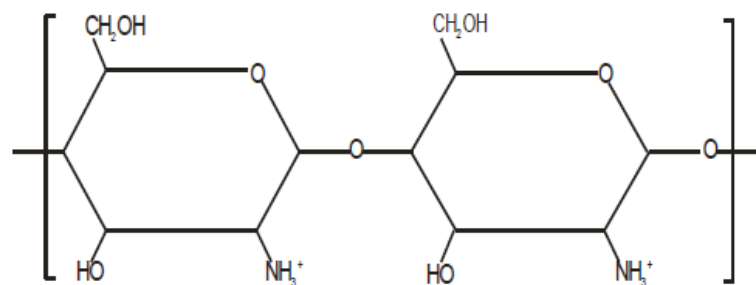
**Gambar 2.8.** Lidah buaya (*aloe vera*)

Sedangkan dalam komposisi strukturalnya, lidah buaya dapat dibagi menjadi dua bagian besar yaitu kulit bagian luar yang berwarna hijau dan bagian dalam (daging) yang berwarna bening. Namun, terkadang pembaca dibuat bingung akibat banyaknya sebutan dari bagian dalam (daging) dari lidah buaya. Oleh karena itu, secara teknis istilah dapat dideskripsikan menjadi “bubur” atau “jaringan parenkim” yang merupakan bagian berdaging utuh dari bagian dalam yang berwarna bening termasuk dinding sel dan organel, sedangkan “gel” atau “lendir” merupakan cairan bening kental yang termasuk kedalam sel-sel dari parenkim (Hamman, 2008).

### 2.2.7. Kitosan

Kitosan (kationik (1-4)-2amino-2-deoxy-B-D-glucan) merupakan polimer karbohidrat alami (Gambar 2.9) yang diproses melalui destilasi parsial kitin yang ada pada kulit kepiting, udang, dan hewan sejenis crustacea (Peter MG, 1995; Tiyaboonchai, 2003). Kitosan dapat terlarut didalam asam

organik seperti asam formiat, asam sitrat, dan asam asetat sehingga sifat terlarut dari kitosan berbanding terbalik dengan sifat terlarut yang dimiliki oleh PVA (Suyatma dkk, 2005). Aplikasi dari kitosan sendiri banyak digunakan sebagai kemasan makanan, obat, dan pembalut luka (*wound dressing*), karena memiliki sifat uniklain yaitu biokompatibel, *biodegradable*, tidak beracun, dan memiliki kemampuan pembentukan film serta aktifitas antibakteri sehingga cocok digunakan pada bidang biomedis dan makanan (Pudjiastuti dkk, 2016; Kang dkk, 2009; Tiyaaboonchai, 2003; Chellamani dkk, 2012).

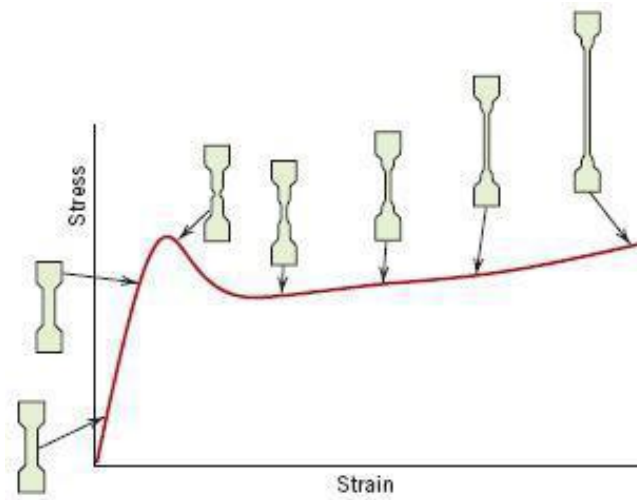


**Gambar 2.9.** Rumus kimia kitosan (Hargono dkk, 2008)

### 2.2.8. Deformasi

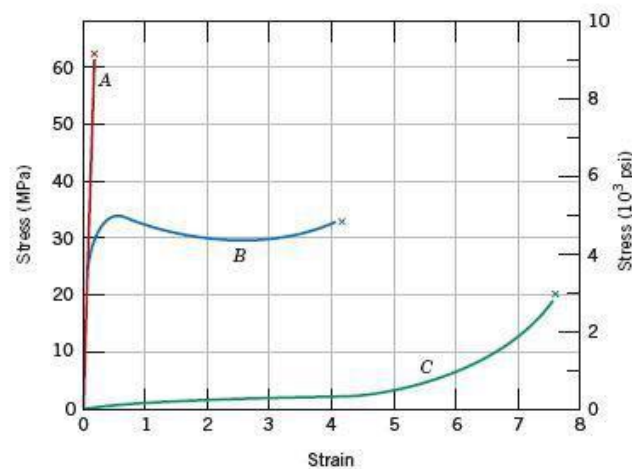
Struktur polimer memiliki perilaku mekanis yang berbeda dengankeramik nonsilikat ataupun logam. Namun, bukan berarti pengujian pada polimer tidak sama dengan pengujian yang dilakukan terhadap keramik maupun logam, hanya saja standarisasi alat yang digunakan akan berbeda dengan logam maupun keramik.

Regangan elastis (*elastic strain*) merupakan suatu perubahan pada material yang mampu kembali ke bentuk semula, karena belum melewati batas dari sifat elastisnya. Sedangkan, deformasi plastis (*plastic deformation*) merupakan keadaan dimana material tidak dapat kembali ke bentuk semula, karena telah melewati atau mencapai daerah *landing* dan batas proporsional (Gambar 2.10).



**Gambar 2.10.** Grafik deformasi dari tegangan-regangan (Sumaryono, 2012)

Adapun terjadinya deformasi plastis harus selalu dihindari dan memungkinkan perhitungan perencanaan yang melandaskan pada tegangan di daerah batas proporsional (Gambar 2.11).



**Gambar 2.11.** Kurva tegangan-regangan (polimer); (a) getas (*brittle*), (b) plastis, (c) elastomer (*highly elastic*) (Sumaryono, 2012)

Kekuatan tarik ialah kemampuan material dalam menerima suatu beban ketika ditarik hingga material tersebut mengalami perpatahan. Maka, kekuatan tarik dari material dapat di rumuskan dengan membagi gaya tertinggi atau maksimal dengan luas area penampang awal sebelum terjadinya deformasi.

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

$\sigma$  = Kekuatan tarik bahan (MPa)

$F_{maks}$  = Tegangan maksimum (Newton)

$A_0$  = Luas penampang awal (mm<sup>2</sup>)

Sifat mekanis material tidak hanya pada kekuatan tarik, namun dapat diamati dari sifat mulur suatu material. Berikut merupakan persamaan dalam mencari kemuluran suatu material:

$$\varepsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana:

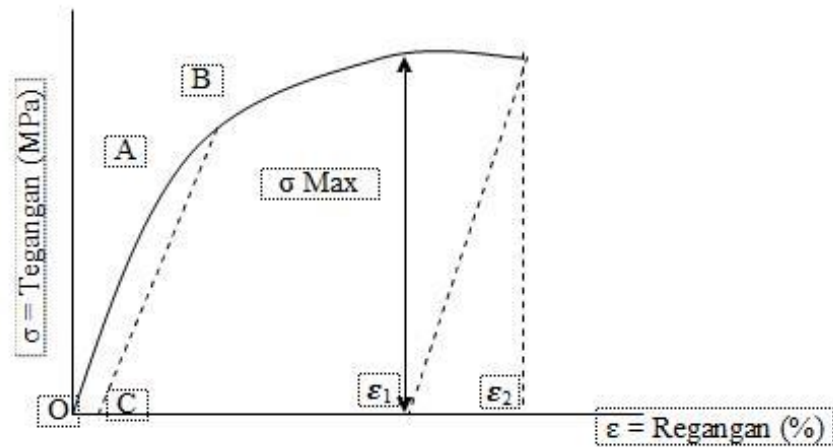
$\varepsilon$  = Regangan

$l_0$  = Panjang spesimen awal (mm)

$l_f$  = Panjang spesimen setelah diberi beban (mm)

Modulus elastisitas ialah nilai dalam mengukur ketahanan material saat mengalami deformasi elastis ketika diterapkannya gaya pada material tersebut. Modulus elastisitas dapat dicapai jika nilai dari kekuatan tarik bahan ( $\sigma$ ) dan regangan telah didapatkan ( $\varepsilon$ ), berikut merupakan persamaan dari modulus elastisitas:

Namun pada pengujian tarik akan dihasilkan digram hubungan antara tegangan dan regangan. Dimana bentuk dari diagram akan berbeda ketika material yang digunakan berbeda pula. Adapun untuk diagram yang diperoleh dari material ulet akan berbeda dengan material yang rapuh atau getas. Diagram hubungan tegangan-regangan uji tarik pada material ulet dapat dilihat pada Gambar 2.12.



**Gambar 2.12.** Diagram hubungan tegangan-regangan uji tarik material ulet  
(Sumaryono, 2012)

Batas proporsional merupakan tegangan yang dimana garis lengkung tegangan-regangan menyimpang dari garis liniernya. Titik B merupakan kekuatan luluh (*yield strength*) di mana tegangan yang akan menghasilkan deformasi permanent dalam jumlah kecil yang pada umumnya sama dengan regangan sebesar 0,2%. Dalam hal ini digunakan metode *offset* yang dilakukan dengan menarik garis sejajar dengan daerah proporsional pada jarak 0,2% atau titik C. kemudian perpotongan antara garis *offset* dengan diagram ditentukan sebagai titik luluh bahan. Pada bahan yang bersifat ulet biasanya setelah pembebanan dihilangkan, regangan total akan berkurang dari  $\epsilon_1$  menjadi  $\epsilon_2$ . Berkurangnya regangan ini disebut *recoverable elastic strain*. Maka regangan yang diambil untuk menentukan *offset* adalah  $\epsilon_2$ .

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

E = Modulus elastisitas (N/m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Tegangan (N/m<sup>2</sup>)

$\epsilon$  = Regangan