

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Septiaji (2018) melakukan penelitian pembuatan membran *nanofiber* NeCS/PVA menggunakan metode *electrospinning*. Diawali dengan pembuatan PVA 10% wt dengan berat molekul (85.000-124.000 g/mol) yang dilarutkan dengan aquades 90% wt. Kemudian matriks PVA 10% di campur NeCS dengan konsentrasi 0%, 5%, 10% dan 15% w/w. Optimasi *electrospinning* yang digunakan adalah TCD 12 cm, diameter jarum 0,6 mm dan tegangan 11 kV, Hasil penelitian adalah membran memiliki nilai kuat tarik 7,099-8,64 MPa, regangan 36,487-42,109 % dan modulus elastisitas 83,04-89,48 MPa.

Firmansyah (2018) melakukan penelitian lanjutan dari hasil penelitian Septiaji (2018), akan tetapi pada penelitian ini PVA yang digunakan mempunyai berat molekul (22.000 g/mol) dan didapatkan hasil nilai kuat tarik yang lebih tinggi dari peneliti sebelumnya 8,27-13,68 MPa, regangan 55,42-103,39 %, dan modulus elastisitas 83,517-126,137 MPa yang artinya berat molekul dari PVA mempengaruhi sifat fisis dan mekanis membran *nanofiber*.

Hasil dari penelitian Dermawan dkk., (2017) membuat membran *nanofiber* Kitosan/PVA menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi kitosan pada campuran Kitosan/PVA meningkatkan jumlah *beads* yang muncul pada membran *nanofiber*. Sedangkan peningkatan konsentrasi PVA pada larutan campuran kitosan/PVA akan meningkatkan nilai viskositasnya. Pada penelitian ini variasi yang digunakan 1:9, 2:8, 3:7, dan 4:6 (v/v) dengan parameter tegangan 15 kV, diameter jarum 0,5 mm dan TCD 15 cm. Hasil penelitian ini menunjukkan keseragaman ukuran *nanofiber* terjadi pada campuran larutan Kitosan/PVA dengan perbandingan 2:8 (ukuran diameter 201-250 nm dan 251-300) dan 4:6 (ukuran diameter 150-200 nm dan 201-250 nm).

Paipitak (2010) melakukan penelitian mengenai pembuatan komposit serat nano menggunakan larutan PVA/kitosan pada perbandingan 80:20. Konsentrasi kitosan divariasikan (3, 4, 5 wt%) dengan pengadukan selama 90 menit pada temperatur 75°C di dalam cairan 2% asam asetat menggunakan magnetic stirring. Proses elektrospinning dilakukan pada tegangan variasi yaitu 21-25 kV dan jarak tip ke kolektor 10 cm pengamatan morfologi permukaan menggunakan SEM memperlihatkan sistem serat nano yang terdiri dari struktur serat nano. Konsentrasi kitosan mempengaruhi produktivitas *beads* pada serat nano, semakin banyak konsentrasi kitosan maka produksi *beads* cenderung lebih sedikit. Formasi serat nano optimum dicapai oleh nanokomposit fiber PVA/kitosan pada konsentrasi kitosan 5 wt% dengan diameter serat nano yang cenderung seragam pada 100nm.

Koosha (2015) melakukan penelitian tentang sifat mekanis dan fisis membran PVA/Kitosan sebagai pembalut luka (wound dressing). Penambahan konsentrasi kitosan menyebabkan ukuran diameter rata-rata menurun (257-172nm) dan viskositas naik. Peningkatan kitosan juga menyebabkan munculnya *beads* pada morfologi membran *nanofiber*. Nilai mekanis yang didapatkan juga menurun saat konsentrasi kitosan bertambah (*tensile strength* dari 7,4 menjadi 5,26 MPa dan modulus elastisitas 280 MPa menjadi 190 MPa).

Teori tersebut didukung oleh (Islam dkk., 2015) yang mengatakan bahwa penambahan kitosan menjadi penyebab peningkatan kekakuan membran. Kitosan yang berukuran nanopartikel dapat mempengaruhi jumlah penyerapan dan distribusi antigen ( zat yang merangsang respon imun) pada kekebalan tubuh. Selain itu kitosan nanopartikel juga dapat meningkatkan fungsi kekebalan untuk tubuh mencapai aktivitas antitumor. Karena bersifat biocompatible, biodegradable dan mudah dalam modifikasi, kitosan nanopartikel digunakan sebagai *drug delivery*. (Zhao dkk., (2018).

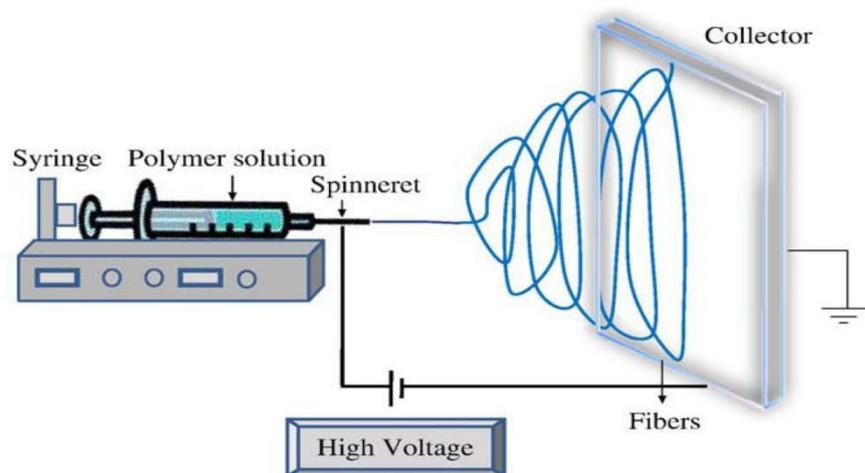
Penelitian yang dilakukan oleh Yu dkk., (2006) juga memberikan teori bahwa penyebab terbentuknya *beads* terkait dengan viskositas yang

cenderung rendah hal ini disebabkan oleh ketidakstabilan dari larutan yang di sebabkan oleh tegangan permukaan saat melewati jarum tembak. Zhu dkk (2012) mempelajari evolusi pembentukan *beads* dengan *electrospinning poly hydroxybutyrate co hydroxyvalate* (PHBV) dengan penambahan etanol. Saat ujung kolektor mulai menembakan larutan akan diperoleh beberapa variasi bentuk *beads* antara lain, serat lemak, biji kacang polong dan *beads* dengan jarak berdekatan satu sama lain.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Electrospinning

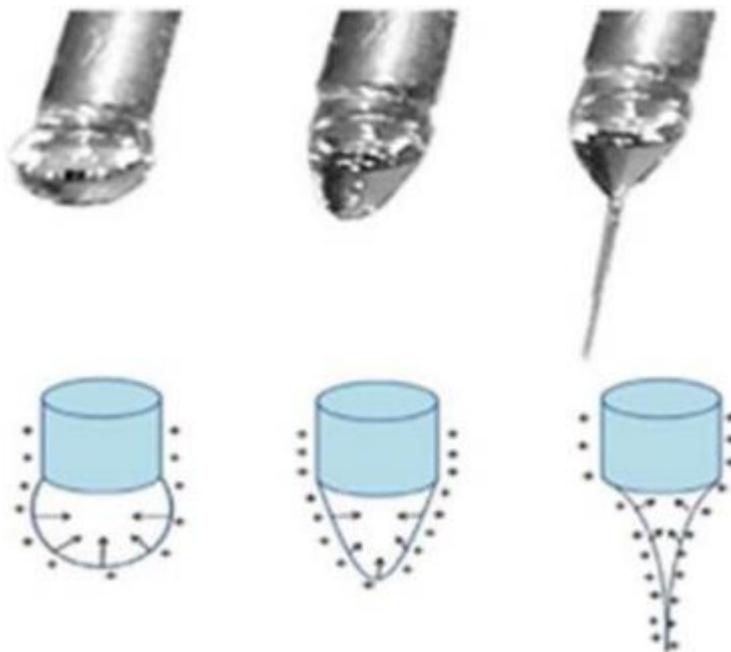
*Electrospinning* merupakan metode pembuatan serat berskala nano dengan memanfaatkan kuat arus bermuatan tinggi dari jarum *syringe* menuju kolektor (Muhaimin dkk., 2014). Karakteristik dari *nanofiber* tergantung dari sifat polimer, konsentrasi polimer, voltase yang digunakan dan lain sebagainya. Skema dari *electrospinning* dapat dilihat pada gambar 2.1. Pada dasarnya ada 3 komponen dasar dalam mesin *electrospinning* : (i) penyuplai listrik tegangan tinggi (*high voltage supplier*) 1-50 kV, (ii) tabung kapiler dengan pipet berdiameter kecil atau suntikan dengan jarum, (iii) plat kolektor logam atau tabung silinder (Grak dkk., 2015)



Gambar 2.1 Skema electrospinning (Rafiei dkk., 2014)

Saat proses pembuatan membran nanofiber, listrik tegangan tinggi dihubungkan dengan suntikan agar menghasilkan larutan polimer bermuatan negatif. Jarum berfungsi sebagai elektroda satu kemudian plat kolektor sebagai elektroda kedua yang terletak pada jarak 5cm-25 cm. Medan listrik terdapat pada ujung jarum memiliki tegangan 1kV sampai 50kV dengan muatan negatif.

Dalam proses electrospinning terdapat beberapa tahap yang biasa disebut dengan jet modeling (Gambar 2.2). Tahap pertama adalah saat ujung jarum terbentuk tetesan sampai larutan memancar menuju kolektor disebut *initiation*. Tahap kedua adalah menipisnya diameter *nanofiber* (*thinning fiber*). Tahap yang terakhir yaitu terjadinya pembekuan fiber dan penguapan pelarut (*jet solidification*). (Sosiati dkk., 2014).



Gambar 2.2 *Jet Modelling* (Aji., 2018)

### 2.2.2 Parameter yang berpengaruh saat proses *electrospinning*

Terdapat beberapa larutan yang sangat berpengaruh dalam pembentukan serat *nanofiber* pada kolektor saat proses electrospinning adalah tegangan permukaan, viskositas (kekentalan). (Ramakrishna dkk., 2005).

### **A. Tegangan Permukaan**

Pada proses *electrospinning*, muatan listrik pada larutan polimer harus cukup tinggi untuk melampaui tegangan permukaan dari larutan tersebut. Tegangan permukaan berpengaruh dalam terbentuknya manik-manik (*beads*) pada serat *nanofiber* hasil *electrospinning*. (Ramakrishna dkk., 2005).

### **B. Viskositas dan Berat Molekul**

Viskositas dari larutan berhubungan dengan tingkat ikatan rantai molekul polimer dalam larutan. Jika viskositas terlalu rendah maka ikatan rantai antar polimer rendah sehingga ada kecenderungan terbentuknya *beads* dari pada serat halus. Dengan demikian faktor yang berpengaruh pada viskositas larutan juga akan berpengaruh pada proses *electrospinning* dan serat yang dihasilkan. Faktor yang berpengaruh pada viskositas suatu larutan adalah berat molekul tersebut. Ketika suatu polimer yang memiliki berat molekul tinggi dilarutkan, viskositasnya akan lebih besar jika dibandingkan dengan polimer yang sama yang memiliki berat molekul lebih rendah.

Agar proses *electrospinning* menghasilkan fiber, larutan harus memiliki berat molekul dan viskositas yang cukup. Berat molekul suatu polimer menggambarkan panjang rantai polimer yang akan memberikan dampak pada viskositas. Salah satu cara untuk meningkatkan viskositas larutan adalah dengan memperbesar konsentrasi larutan (Ramakrishna dkk., 2005)

Parameter lain yang berpengaruh pada proses *electrospinning* adalah beberapa faktor luar yang memengaruhi kondisi *electrospinning* jet, diantaranya meliputi tegangan, feedrate, suhu dari larutan dan jarak antara jarum ke kolektor. Parameter tersebut memiliki peranan berbeda dalam memengaruhi sifat morfologi dari serat yang terbentuk meskipun kurang signifikan jika dibandingkan dengan parameter larutan (Ramakrishna dkk., 2005).

## **1. Tegangan**

Salah satu bagian penting dalam *electrospinning* adalah pemberian tegangan tinggi kepada larutan. Secara umum tegangan diatas 6 kV baik positif maupun negatif dapat menyebabkan larutan bergerak menuju ujung jarum dan membentuk *taylor cone* selama awal pembentukan jet. Tegangan yang dibutuhkan agar terbentuknya *taylor cone* akan meningkat bergantungnya pada *feedrate* dari larutan. Jika tegangan yang digunakan lebih besar akan menyebabkan jumlah muatan yang mendesak jet untuk bergerak lebih cepat dan lebih banyak volume dari larutan yang terbentuk pada ujung jarum. Hal tersebut menghasilkan *taylor cone* yang lebih kecil dan kurang stabil (Ramakrishna dkk., 2005 ; Sugiarto dkk., 2017). Ketika jumlah larutan yang terbentuk pada keloketor lebih banyak dibandingkan dengan sumber, maka *taylor cone* akan menyusun masuk ke dalam jarum. Tegangan masukan dan medan listrik memiliki dampak pada regangan dan percepatan dari *electrospinning* jet, keduanya akan berpengaruh pada hasil serat yang terbentuk.

## **2. Feedrate**

*Feedrate* merupakan jumlah larutan yang bergerak melewati jarum akibat adanya dorongan pada *syinge* per satuan waktu. *Feedrate* akan berpengaruh pada jumlah ketersediaan larutan pada ujung jarum untuk melakukan proses *electrospinning*. Ketika *feedrate* dari proses *electrospinning* meningkat maka diameter *fiber* ataupun ukuran *beads* yang terbentuk akan meningkat (Ramakrishna dkk., 2005)

## **3. Temperatur**

Suhu dari larutan memiliki dampak dalam meningkatkan tingkat evaporasi dan menurunkan viskositas dan suatu larutan polimer. Dengan menurunnya viskositas dari larutan polimer akibat kenaikan suhu, maka akan mengakibatkan penurunan pada diameter *fiber* yang terbentuk (Ramakrishna dkk., 2005)

#### **4. Jarak antara jarum menuju kolektor**

Pada beberapa keadaan waktu tempuh dan kuat medan listrik akan berpengaruh pada proses *electrospinning* dan *fiber* yang terbentuk. Agar *fiber* dapat terbentuk secara sempurna maka *electrospinning* jet harus memiliki waktu yang cukup untuk menuju kolektor agar pelarut dapat menguap selama proses berlangsung. Ketika jarak antara jarum dan kolektor terlalu dekat maka waktu tempuh menjadi semakin sedikit sementara itu medan listrik yang dihasilkan akan semakin besar. Hal tersebut menyebabkan pelarut tidak menguap sempurna ketika telah sampai pada kolektor (Ramakrishna dkk., 2005)

#### **5. Parameter Lingkungan**

Ada beberapa parameter lingkungan yang dapat mempengaruhi proses *electrospinning* pada tingkatan kelembaban yang tinggi menyebabkan morfologi pada polimer dengan pelarut yang mudah menguap. Tipe udara dari lingkungan juga mempengaruhi proses *electrospinning*. Selain kelembaban dan komposisi udara lingkungan, tekanan juga berpengaruh proses *electrospinning* yang terjadi. Ketika tekanan yang ada pada *electrospinning* jet lebih kecil dari pada yang ada pada atmosfer akan mengakibatkan kecerendungan laju dari larutan yang akan keluar tidak stabil. Pada tekanan yang sangat rendah, *electrospinning* tidak dapat dilakukan karena terjadi *direct discharge* pada muatan listrik (Ramakrishna dkk., 2005).

##### **2.2.2.1 Polyvinyl Alcohol (PVA)**

*Polyvinyl Alcohol* (PVA) merupakan polimer sintesis yang diproduksi secara industri dengan hidrolisis dari *poly(vinyl acetat)*. Secara komersial PVA terbagi menjadi dua jenis yaitu : PVA yang dihidrolisis dengan tinggi (diatas 98,5%) dan terhidrolisis sebagian tergantung pada jumlah kelompok asetat yang tersisa. Stabilitas kimia PVA pada suhu yang normal dengan sifat fisis dan mekanisnya sangat baik telah menyebabkan aplikasi yang luas (Zhang dkk., 2005).

Beberapa tahun terakhir penggunaan PVA banyak digunakan dalam aplikasi biomedis antara lain *wound dressing*, *drug delivery*, dan *scaffold for tissue engineering*. *Wound dressing* banyak dibuat dari membran PVA/Kitosan (Darmawan., 2016; Jia dkk., 2007 ; sundaramurthi dkk., 2012; Septiaji, 2018 ; Firmansyah, 2018). PVA banyak dipilih sebagai campuran dari kitosan karena beberapa sebab : (i) PVA berinteraksi sangat kuat dengan kitosan melalui ikatan hidrogen pada tingkat molekul, (ii) PVA dapat di *electrospinning* dari larutan yang encer (Ohkawa., 2004).

#### **2.2.2.2 Kitosan**

Kitosan polimer dibedakan menjadi beberapa jenis yang pertama polimer natural (alam), yang kedua polimer sintesis dan terakhir polimer semi-sintesis. Salah satu polimer alam yang banyak terdapat di bumi adalah kitin (terbanyak kedua setelah selulosa). Kitin pertama kali ditemukan pada tahun 1884. Kitin memiliki sifat keras, tidak elastis dan memiliki kandungan nitrogen. Kitin dapat kita jumpai pada cangkang krustasea, serangga dan cacing seperti pada gambar 2.1. Kitosan adalah polisakarida yang terbentuk saat deasetilasi asam kitim (Rafique dkk., 2016).

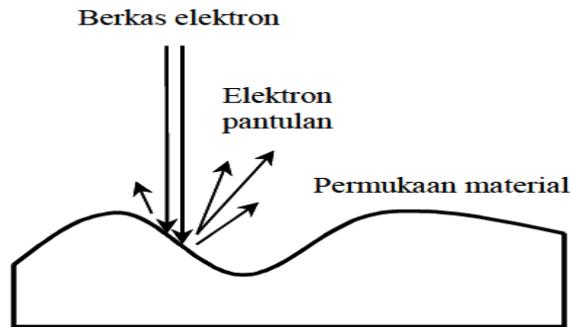
Karena bersifat *biocompatible*, *biodegradable* dan mudah dalam modifikasi, kitosan nanopartikel digunakan sebagai *drug delivery*. (Zhao dkk., 2018; Sundaramurthi., 2012; Jia., 2007) Serta anti bakteri dan tidak beracun (Rafique., 2016).

Tabel 2.1 Sumber dari kitin persentasenya (Taufan dan Zulfahmi, 2010)

Sumber	Persentase Kandungan Kitin
Jamur ( <i>Fungi</i> )	5-20%
Cacing ( <i>Worm</i> )	3-20%
Gurita ( <i>Octopus</i> )	30%
Laba-laba ( <i>Spider</i> )	38%
Kalajengking ( <i>Scorpio</i> )	38%
Kecoa ( <i>Cockroaches</i> )	35%
Cacing sutra ( <i>Silk worm</i> )	44%
Kumbang air ( <i>Water Beetle</i> )	37%
Kelomang ( <i>Hermit Crab</i> )	69%
Kepiting ( <i>Crab</i> )	71%
Udang ( <i>Shrimp</i> )	20-30%

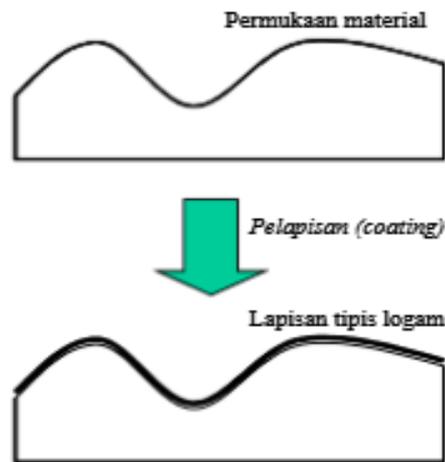
### 2.2.3 Scanning Electron Microscope (SEM)

*Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop yang proses kerjanya menggunakan berkas elektron sebagai media pengamatan profil permukaan benda. Prinsip kerja dari SEM adalah berkas electron berenergi tinggi ditembakkan menuju permukaan benda (sampel) seperti pada gambar 2.3. Berkas elektron yang mengenai permukaan beda (sampel) akan dipantulkan kembali atau menghasilkan elektron sekunder ke semua arah. Namun ada satu arah yang mendapatkan pantulan elektron dengan intensitas tertinggi. Arah inilah yang memberikan informasi tentang profil permukaan benda (Abdullah ., 2008)



Gambar 2.3 Berkas elektron mengenai permukaan benda(sampel)  
(Abdullah., 2008)

Syarat SEM mendapatkan hasil yang optimal adalah permukaan benda harus bisa memantulkan elektron atau bisa melepaskan elektron sekunder saat ditembak dengan berkas elektron. Logam adalah material yang memiliki sifat tersebut. Material jenis lain yang bukan bahan logam harus mendapatkan perlakuan khusus (dilapisi logam) agar dapat di amati dengan jelas, seperti Gambar 2.4. Lapisan tipis logam dibuat pada permukaan benda agar dapat memantulkan berkas elektron.



Gambar 2.4 Pelapisan (coating) pada bahan (sampel) agar  
mendapatkan hasil yang jelas pada bahan nonlogom (isolator) (Abdullah ,  
2008)

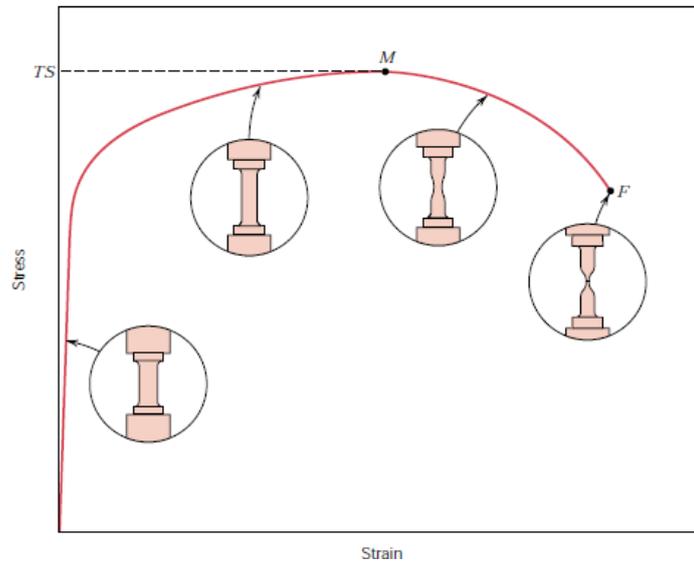
Prinsip kerja dari alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah :

- A. Electron gun menghasilkan electron beam dari filamen. Umumnya electron gun yang digunakan adalah tungsten hairpin gun dengan filamen berupa lilitan tungsten yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya untuk menarik elektron melaju ke anoda.
- B. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
- C. Sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
- D. Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi penyebaran elektron, baik *secondary elektron* (SE) atau *back scattered electron* (BSE) dari permukaan sampel akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor CRT.

#### **2.2.4 Sifat Mekanis**

Perilaku material atau respon terhadap pembebanan (torsi, gaya dan gabungan dari keduanya) yang diberikan disebut sebagai sifat mekanis. Untuk memperoleh nilai mekanisme dari suatu material biasanya dilakukan pengujian mekanis. Pengujian mekanis menghasilkan kurva atau data dari material yang diuji.

Salah satu pengujian mekanis yang paling banyak digunakan adalah uji tarik (*tensile strength*). Dari pengujian ini akan didapatkan banyak data dari suatu material (*tensile strength*) kekuatan tarik, *elongation*/elongasi dan deformasi, biasanya patah, dengan peningkatan beban tarik secara tertahap yang diterapkan secara uniaksial sepanjang sumbu panjang suatu spesimen pada gambar Gambar 2.6 (Callister, 2007). Deformasi pada material dapat dibedakan menjadi menjadi dua yaitu deformasi plastis (tidak dapat berubah ke bentuk asal/*irreversible*) dan deformasi elastis (dapat kembali ke bentuk asal/*reversible*).



Gambar 2.5 Grafik deformasi pada sampel uji tarik (Callister, 2007)

Nilai kuat tarik merupakan kemampuan suatu material untuk menahan tegangan maksimum sebelum material tersebut mengalami perubahan penampang. Maka kekuatan tarik, dapat dirumuskan dengan tegangan maksimum dibagi dengan luas penampang awal sebelum material tersebut mengalami perubahan :

Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

F = Force atau gaya maksimal (N)

A = Area atau luas penampang membran nanofiber (mm<sup>2</sup>)

Regangan

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots (2.2)$$

$\epsilon$  = Regangan

$\Delta L$  = Selisih panjang awal dan akhir (mm)

L = Panjang awal (mm)

Modulus elastisitas

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \dots\dots\dots(2.3)$$

E = Modulus elastisitas (MPa)

$\Delta\sigma$  = Selisih tegangan pada area elastisitas

$\Delta\varepsilon$  = Selisih regangan pada area elastisitas