

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Harsojo *et al.* (2013) membahas tentang pembuatan *polyvinyl alcohol* (PVA) nanofiber dengan teknik *electrospinning*. Pembuatan dilakukan dengan mencampurkan PVA dengan aquadest pada kadar sampai dengan 10% berat. Tegangan listrik yang digunakan adalah tegangan DC yang dapat divariasikan dari 5 kV sampai 20 kV dengan jarak yang dapat divariasikan. Hasilnya menunjukkan pada jarak 40 mm sampai 60 mm pada tegangan listrik 20 kV dan 10 kV serat sudah menjadi tak lurus (*non woven*). Pada tegangan lebih tinggi dan jarak yang lebih jauh dapat dihasilkan serat nano yang tidak mengandung bendolan (*beads*).

Penelitian yang dilakukan Alwan *et al.* (2016) juga menggunakan *polyvinyl alcohol* (PVA) sebagai bahan dasar untuk fabrikasi serat nano menggunakan *electrospinning*. Tetapi, dalam penelitian tersebut, larutan PVA dilarutkan dengan konsentrasi 25 wt %. Parameter tegangan menggunakan 10 kV dan jarak 10 cm dengan perbedaan laju aliran polimer yang diumpankan 0,1, 0,2, dan 0,3 ml/jam. Hasil penelitian menunjukkan kenaikan laju aliran menyebabkan penurunan jumlah serat nano per satuan luas. Namun, pada semua laju aliran menghasilkan serat dengan diameter rata-rata kurang dari 100 nm.

Abdullah *et al.* (2014) melakukan penelitian untuk mengetahui karakterisasi *polyvinyl alcohol* (PVA) nanofiber dengan penggabungan lidah buaya (*Aloe vera*) sebagai pembawa obat polimer baru menggunakan metode *electrospinning*. Parameter tegangan yang digunakan adalah 15 kV dengan jarak 8 cm. Dari penelitian yang dilakukan menjelaskan bahwa PVA 10 % ( $v/w$ ) yang ditambahkan *Aloe vera* 5 % ( $w/w$ ) menghasilkan serat yang homogen dan dapat menurunkan diameter serat nano menjadi 123 nm. Selain itu, pengujian FTIR membuktikan bahwa tidak ditemukannya kelompok fungsi baru sehingga pencampuran kedua bahan tersebut dianggap kompatibel.

Uslu *et al.* (2010) melakukan penelitian pembuatan serat nano menggunakan serangkaian campuran PVA/PVP/PEG dengan penambahan *Aloe*

*vera* untuk diaplikasikan sebagai pembalut luka. Polimer disiapkan dengan melarutkan 10 g hidrogel PVA ke dalam 90 g air deionisasi dalam *magnetic stirrer* selama 2 jam pada suhu  $80 \pm 2^\circ\text{C}$ . Larutan PVA 10 % kemudian didinginkan sampai suhu kamar. Larutan A dibuat dengan mencampur 100 g PVA, 10 g PVP (10 wt %) dan 2 g HPMC dalam suhu  $60^\circ\text{C}$  menggunakan *magnetic stirring* selama 2 jam. Larutan B, C, D disiapkan dengan penambahan 1 g, 2 g, dan 3 g *Aloe vera* (2 wt %) ke larutan A. Parameter yang digunakan menggunakan tegangan 20 dan jarak TCD 8 cm. Dari penelitian yang dilakukan, menunjukkan bahwa penambahan *Aloe vera* dapat meningkatkan viskositas (641-645 MPa.s) dan konduktivitas larutan (908  $\mu\text{S/cm}$ -925  $\mu\text{S/cm}$ ). Ketika konduktivitas larutan meningkat, diameter serat yang dihasilkan akan menurun. Hal itu berbanding terbalik dengan viskositas larutan yang meningkat akan membuat diameter serat nano meningkat. Ditunjukkan juga bahwa serat nano yang dihasilkan dengan penambahan *Aloe vera* 3 % menghasilkan serat yang lebih seragam dan diameternya lebih kecil (200 nm) serta tidak ditemukannya *beads*, sehingga menjanjikan untuk aplikasi pembalut luka.

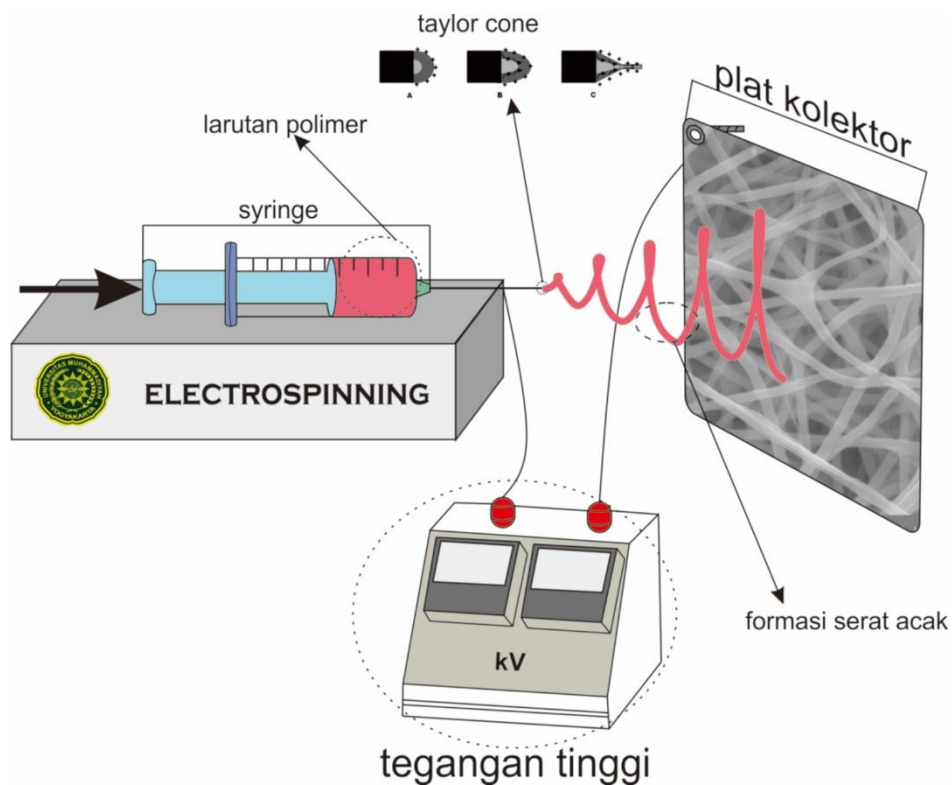
Penelitian yang pernah dilakukan oleh Mutia & Eriningsih, (2012) membahas tentang pembuatan *webs* (lembaran tipis) atau membran dari serat alginat/PVA melalui teknologi *electrospinning*. Percobaan dilakukan dengan menggunakan variasi komposisi larutan pinal Alginat 3% / PVA 10% ( 7/3, 6/4, 5/5, 4/6, 3/7), jarak (10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm) dan tegangan (12 kVA, 15 kVA, 18 kVA, 23 kVA). Pengujian terhadap produk akhir meliputi analisa gugus fungsi, analisa struktur mikro, uji resistensi terhadap mikroba dan uji pre klinis. Hasil penelitian menunjukkan proses *elektrospining* menggunakan larutan Alginat 3%/PVA 10% 4/6, pada tegangan 15 kVA dengan jarak 15 cm, menghasilkan webs serat dengan ukuran diameter mayoritas antara 100 nm-300 nm. Selain itu, produk tersebut bersifat anti bakteri dan lolos uji pre klinis, karena tidak menyebabkan iritasi serta dapat berfungsi sebagai pembalut luka dengan kualitas yang lebih baik dibanding pembalut luka alginat konvensional, yaitu mampu mempercepat penyembuhan luka dari 24 jam menjadi 1 jam.

Balan *et al.* (2016) meneliti tentang pengaruh diameter serat nano terhadap kekuatan tarik menggunakan bahan dasar *Polyacrylonitrile* (PAN) yang dilarutkan menggunakan *N,Ndimethylformamide* (10% w/v). Polimer tersebut di fabrikasi menggunakan metode *electrospinning* dengan tegangan 15 kV, jarak 20 cm, dan laju aliran 1 ml per jam. Mayoritas serat nano PAN yang dihasilkan memiliki diameter antara 160-240 nm. Hasil serat nano tersebut diuji dengan tiga panjang gauge yang berbeda yaitu, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm dengan kecepatan uji 1 mm / menit, 5 mm / menit, dan 10 mm / menit. Kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian tersebut adalah parameter uji optimum untuk mendapatkan kekuatan uji tarik terendah ditemukan menggunakan *gauge length* 20 mm dan kecepatan uji 1 mm/ menit. Diameter serat PAN minimal yang diperlukan untuk menghasilkan nilai uji tarik terendah adalah 200 nm.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Electrospinning**

*Electrospinning* berasal dari kata *electrostatic spinning* (Huang *et al.* 2006), yang merupakan teknologi pembentukan fiber secara *electrostatic* yang memanfaatkan gaya elektrik untuk menghasilkan polimer dengan diameter yang bisa mencapai 2 nm, baik menggunakan larutan polimer alam atau larutan polimer sintesis. Sean *et al.* (2006) menyatakan bahwa proses *electrospinning* mempunyai banyak kesamaan dengan *electrospraying*. Perbedaan kedua proses tersebut hanya terletak pada produk akhir yang dihasilkan. Dalam *electrospraying*, partikel-partikel atau struktur *bead* akan dihasilkan, sedangkan *electrospinning* menghasilkan nanofiber yang kontinyu. Skematik komponen untuk proses *electrospinning* ditunjukkan pada Gambar 2.1 di bawah ini.



**Gambar 2.1.** Skematik komponen *electrospinning*

*Electrospinning* mempunyai 3 komponen utama, dimana susunannya terdiri atas *syringe* yang berisi larutan polimer yang meliputi *spinneret* (jarum), pembangkit listrik tegangan tinggi *direct current* (DC) dan plat kolektor *fiber*. Pada metode *electrospinning*, tegangan tinggi pada rentang tertentu diterapkan di antara dua buah elektroda untuk memperoleh jenis dan kualitas *nanofiber* yang diinginkan. Elektroda positif dibuat bersentuhan dengan cairan polimer melalui *spinneret* untuk menghasilkan cairan bermuatan ketika dikenai medan listrik luar, dan elektroda negatif dipasangkan pada kolektor yang bertindak sebagai pengumpul *fiber*. Karena adanya gaya *electrostatic* larutan akan tertarik ke dalam kolektor yang akan menghasilkan serat berskala nm.

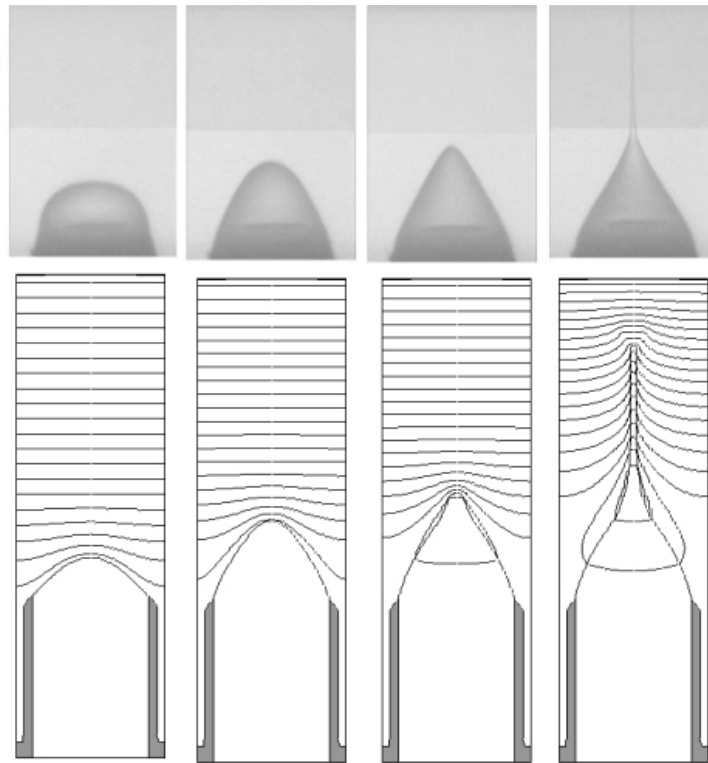
Untuk mendapatkan *nanofiber*, proses elektrospinning harus diawali dengan terbentuknya formasi *taylor cone* (cairan berbentuk seperti kerucut diujung *spinneret*) pada proses inisiasi. Medan listrik yang mengenai *taylor cone* harus mampu mengimbangi tegangan permukaan larutan. Ketika medan listrik

dinaikan, formasi jet akan keluar dari ujung *taylor cone*. Polimer jet akan mengalami gangguan sehingga terjadi *bending* dan dilanjutkan dengan terbentuknya lintasan spiral hingga akhirnya *nanofiber* terkumpul di kolektor dalam bentuk solid. Proses tahapan-tahapan tersebut akan dijelaskan lebih rinci pada tahapan proses *electrospinning* di bawah ini.

#### **2.2.1.1. Tahap inisiasi**

Telah diketahui bahwa pada proses elektrospinning, pembentukan formasi *taylor cone* memiliki peran yang penting dalam menginisiasi terbentuknya *nanofiber*. Tanpa adanya medan listrik, larutan polimer yang keluar dari ujung *spinneret* hanya akan menetes dan tidak bisa melanjutkan proses berikutnya untuk membentuk *nanofiber*. Akan tetapi, ketika medan listrik diberikan, larutan di ujung *spinneret* yang awalnya berbentuk bola akan berubah menjadi kerucut.

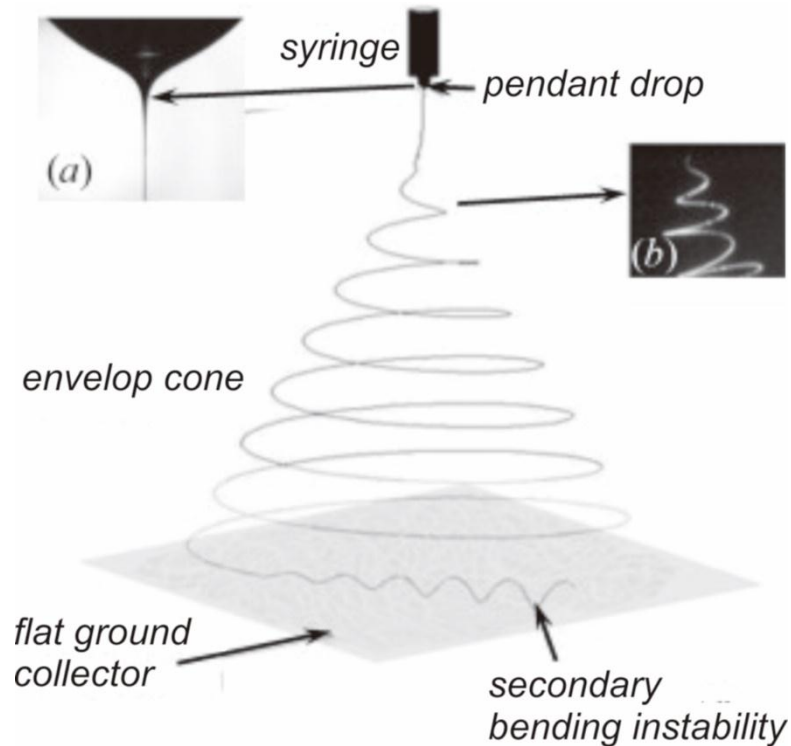
Pemberian medan listrik akan menginduksi munculnya arus. Komponen normal pada arus ini berperan atas pembentukan muatan di permukaan larutan (Subbotin *et al.*, 2013). Akumulasi densitas muatan permukaan (antar muka larutan polimer dan udara) akan memicu munculnya medan listrik pada arah normal permukaan dan menghasilkan adanya tekanan pada arah normal dan tangensial dari permukaan larutan (Sen *et al.* 2006). Tekanan listrik pada arah tangensial selanjutnya akan menggerakkan muatan-muatan ke ujung meniskus dan mengubah bentuk formasi larutan menjadi *taylor cone*. Sebagian besar muatan akan terkumpul di ujung *taylor cone* dan sebagian lagi kembali sehingga membentuk *vortex*. Perubahan bentuk formasi larutan menjadi *taylor cone* diperlihatkan secara skematik pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2.** Skematik perubahan formasi larutan menjadi *taylor cone* (Zeng, 2011)

#### 2.2.1.2. Tahap *thinning fiber*

Tahap pengecilan (*thining*) fiber terjadi saat diameter fiber mengecil akibat terjadinya peristiwa *bending instability* pada aliran jet. Aliran jet mulanya bergerak dalam lintasan lurus, setelah itu akan terjadi gerakan seperti *bending*, *looping* dan semakin jauh jarak yang ditempuh semakin kompleks gerakan yang terjadi. *Bending instability* diilustrasikan dalam bentuk spiral loop pada Gambar 2.3. Semakin jauh jarak ujung tip dengan *collector*, spiral loopnya semakin kompleks dan akan mengakibatkan penurunan ukuran diameter serat.



**Gambar 2.3.** Skematik proses terjadinya *thinning fiber* (a) *taylor cone*, (b) *bending instability* (Yarin *et al.* 2001)

### 2.2.1.3. Tahap jet solidification

*Jet solidification* adalah tahap akhir dari *jet modeling*. Tahap ini terkait dengan titik penguapan pelarut. Setiap pelarut membutuhkan waktu penguapan yang berbeda. Lamanya waktu penguapan dikorelasikan dengan pengaturan jarak ujung tip ke kolektor. Semakin singkat waktu penguapan pelarut maka diperlukan jarak antara ujung jarum dengan kolektor yang semakin pendek, begitu pula sebaliknya. Akibatnya lamanya waktu penguapan memberikan berpengaruh yang signifikan pada ukuran diameter serat nano (Deniz, 2011).

### 2.2.2. Parameter yang mempengaruhi proses *electrospinning*

Parameter kerja yang digunakan untuk proses *electrospinning* sangat mempengaruhi hasil dari serat nano yang difabrikasi. Tidak hanya mempengaruhi proses konversi larutan polimer menjadi serat nano, parameter tersebut juga akan sangat menentukan sifat, keseragaman, diameter dan morfologi serat nano.

Parameter tersebut dapat dibagi secara luas menjadi dua bagian yaitu parameter larutan polimer dan parameter proses (Li & Wang, 2013).

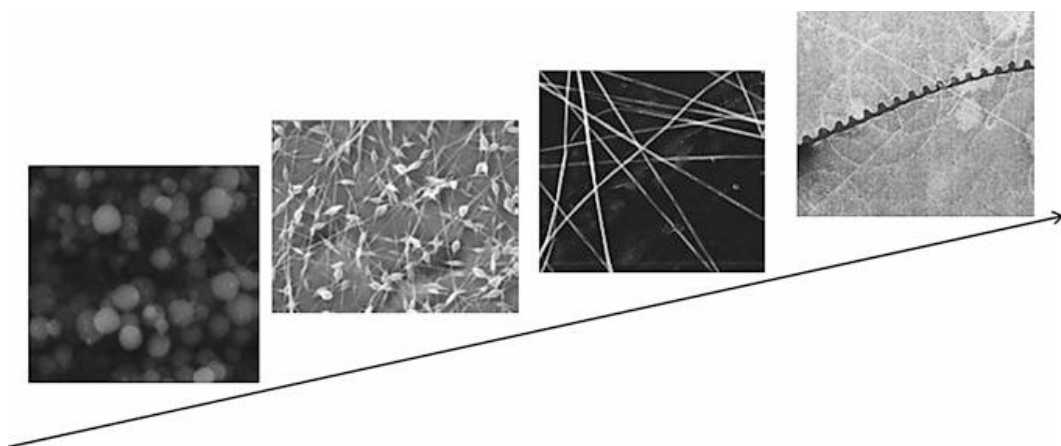
### 2.2.2.1. Parameter Larutan Polimer

#### 2.2.2.1.1. Konsentrasi

Konsentrasi larutan berperan penting dalam pembentukan serat selama proses *electrospinning*. Empat konsentrasi kritis dari rendah ke tinggi harus diperhatikan :

1. Apabila konsentrasinya sangat rendah, partikel polimerik (nano) akan mengalami proses *electrospray* karena viskositas cairan yang rendah dan tegangan permukaan yang tinggi dari larutan.
2. Apabila konsentrasinya sedikit lebih tinggi akan menyebabkan terbentuknya beads atau butiran pada serat yang pada kasusnya sangat merugikan sifat dari serat nano.
3. Apabila konsentrasinya cocok, serat nano yang difabrikasi akan menjadi halus.
4. Jika konsentrasinya sangat tinggi akan menyebabkan terbentuknya serat nano yang kurang kontinyu dan sulit tertariknya polimer ke kolektor dan akan mempengaruhi ukuran diameter dari serat nano yang biasanya akan semakin besar.

Pada Gambar 2.4. di bawah ini menjelaskan tentang efek serat nano dengan konsentrasi rendah ke tinggi.



**Gambar 2.4.** Hasil evolusi *nanofiber* dengan konsentrasi rendah ke tinggi (Li & Wang, 2013)



#### **2.2.2.1.2. Viskositas**

Viskositas larutan merupakan kunci penting dalam pembentukan morfologi serat nano. Telah terbukti bahwa serat kontinu dan halus tidak dapat diperoleh dengan viskositas sangat rendah. Sedangkan viskositas yang sangat tinggi menghasilkan sulitnya pelepasan polimer jet dari larutan. Pada umumnya viskositas larutan dapat diatur dengan menyesuaikan konsentrasi polimer. Dengan demikian pula, produk yang berbeda dapat dihasilkan. Berat molekul polimer juga memiliki pengaruh penting pada viskositas larutan. Jika berat molekul polimer besar maka viskositas larutan akan menjadi tinggi dan mempengaruhi tetapan (*droplet*) pada proses *electrospinning*.

#### **2.2.2.1.3. Tegangan Permukaan**

Tegangan permukaan adalah gaya atau tarikan ke bawah yang menyebabkan permukaan cairan berkontraksi dan benda dalam keadaan tegang. Hal ini disebabkan oleh gaya-gaya tarik yang tidak seimbang pada antar muka cairan. Dengan tegangan permukaan yang tinggi akan terbentuknya butiran (*beads*) pada serat nano.

#### **2.2.2.1.4. Konduktivitas Larutan**

Konduktivitas larutan terutama ditentukan oleh jenis polimer, jenis pelarut, dan kadar garam. Pada prinsipnya *electrospinning* menggunakan aliran listrik tegangan tinggi untuk proses terjadinya polimer jet. Ketika konduktivitas larutan rendah, maka larutan polimer akan sulit tertarik dan perlu tegangan yang besar untuk menanggulangnya.

### **2.2.2.2. Parameter Proses**

#### **2.2.2.2.1. Medan Listrik**

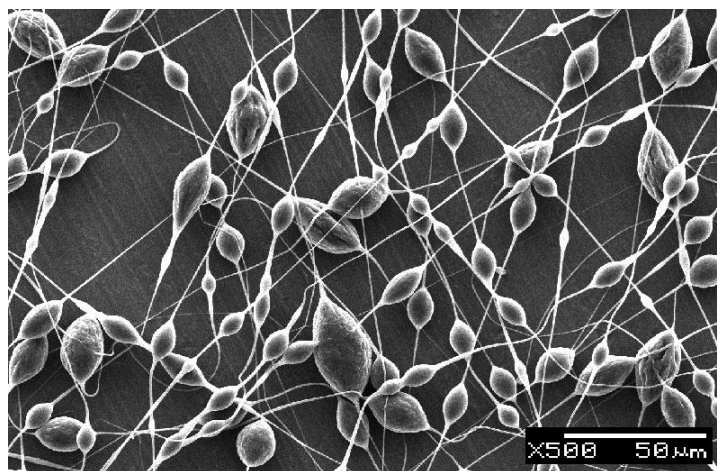
Dalam proses *electrospinning* medan listrik yang diberikan adalah faktor yang sangat krusial karena mempengaruhi besar beda potensial atau gaya elektrostatis pada proses *electrospinning*. Untuk mendapatkan nanofiber, proses *electrospinning* harus diawali dengan terbentuknya formasi *taylor cone* (cairan

berbentuk seperti kerucut diujung spinneret). Medan listrik yang mengenai *taylor cone* harus mampu mengimbangi tegangan permukaan larutan. Ketika medan listrik dinaikan lagi, formasi jet akan keluar dari ujung *taylor cone*. Besarnya beda potensial juga mempengaruhi ukuran serat. Semakin tinggi beda potensial maka ukuran serat akan semakin kecil karena medan listrik yang besar membuat serat mengalami regangan lebih besar (Thompson *et al.* 2007).

#### 2.2.2.2.2. Laju Aliran

Laju aliran polimer di dalam *syringe* adalah salah parameter yang mempengaruhi proses fabrikasi serat nano. Umumnya, laju aliran yang lebih rendah lebih dianjurkan agar polarisasi polimer mendapat cukup waktu. Jika laju alirannya sangat tinggi, butiran serat (*beads*) akan terbentuk dan serat nano yang dihasilkan akan menjadi kasar dan tidak halus. *Beads* biasanya dianggap sebagai serat yang berkualitas buruk (*fiber defect*) ditandai dengan bintik/ butiran pada serat nano. Penelitian yang telah dilakukan Karakas (2014) menunjukkan bahwa berikut ini adalah faktor utama yang berkontribusi terhadap pembentukan *beads* diantaranya :

- a. Berat molekul rendah / konsentrasi / viskositas
- b. Tegangan permukaan tinggi
- c. Kepadatan muatan rendah



**Gambar 2.5.** *Beads nanofiber* (Qin, 2008)

#### **2.2.2.2.3. Kolektor (Pengumpul Serat)**

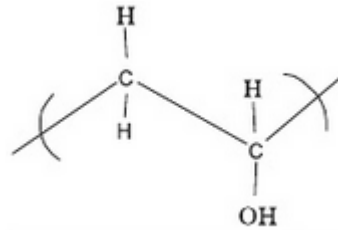
Selama proses *electrospinning*, kolektor bertindak sebagai substrat konduktif untuk mengumpulkan serat bermuatan listrik. Umumnya, Aluminium foil digunakan sebagai kolektor karena selain murah dan sederhana, Al foil dapat mempermudah dalam pelepasan serat nano yang terbentuk.

#### **2.2.2.2.4. Jarak TCD**

*Tip to Collectors Distance* (TCD) adalah jarak ujung jarum/*tip* ke kolektor. Jarak TCD juga dapat mempengaruhi diameter dan morfologi serat nano. Jika jaraknya terlalu pendek, serat tidak akan punya cukup waktu untuk terjadi proses *solidfy* sebelum mencapai kolektor. Sedangkan, jika jaraknya terlalu jauh maka akan berpotensi terjadi *beads*. Hal ini diketahui bahwa satu aspek fisik penting dari serat *electrospinning* adalah kekeringan dari pelarut, sehingga jarak optimum direkomendasikan.

#### **2.2.4. Polyvinyl Alkohol (PVA)**

Polivinil alkohol memiliki sifat tidak berwarna, padatan termoplastik yang tidak larut pada sebagian besar pelarut organik dan minyak, tetapi larut dalam air bila jumlah dari gugus hidroksil dari polimer tersebut cukup tinggi (Harper & Petrie, 2003). Berbeda dari senyawa polimer pada umumnya yang diproduksi melalui reaksi polimerisasi, polivinil alkohol diproduksi secara komersial melalui hidrolisis poli(vinil asetat) dengan alkohol karena monomer dari vinil alkohol tidak dapat dipolimerisasi secara alami menjadi PVA (Kirk-Othmer, 1997). Polivinil alkohol memiliki permeabilitas uap air terendah dari semua polimer komersial tetapi sensitivitas airnya telah membatasi penggunaannya (Beswick & Dunn, 2002). Wujud dari polivinil alkohol berupa serbuk (powder) berwarna putih dan memiliki densitas 1,2000-1,3020 g/cm<sup>3</sup> serta dapat larut dalam air pada suhu 80 °C (Sheftel, 2000). Struktur kimia dari polivinil alkohol disajikan pada Gambar 2.6. di bawah ini.



**Gambar 2.6.** Struktur kimia PVA (Jiang *et al.* 2010)

Secara komersial, polivinil alkohol adalah plastik yang paling penting dalam pembuatan film yang dapat larut dalam air. Hal ini ditandai dengan kemampuannya dalam pembentukan film, pengemulsi, dan sifat adesifnya. Polivinil alkohol memiliki kekuatan tarik yang tinggi, fleksibilitas yang baik, dan sifat penghalang oksigen yang baik (Ogur, 2005). Aplikasi dari polivinil alkohol sudah meliputi banyak bidang. Hodgkins & Taylor, (2000) melaporkan polivinil alkohol banyak diaplikasikan dalam bidang kesehatan (biomedical), bahan pembuat deterjen, lem dan film. Lin & Ku, (2008) melaporkan polivinil alkohol banyak digunakan dalam pengolahan tekstil pada pembuatan nilon dan dalam pembuatan serat sebagai bahan baku untuk produksi serat polivinil alkohol. Karakteristik fisik polivinil alkohol disajikan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Karakteristik fisik PVA (Ogur, 2005)

Karakterisasi	Nilai
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	1,91 – 1,31
Titik leleh (°C)	180-240
Titik didih (°C)	228
Suhu penguraian (°C)	180

## 2.2.5. Lidah buaya (*Aloe vera*)

### 2.2.5.1. Sejarah

Lidah buaya atau dikenal juga sebagai *Aloe barbadensis* Mill., *Aloe indica* Royle, *Aloe perfoliata* L. Var. *Vera* dan *A. Vulgaris* Lam merupakan tanaman milik keluarga *Liliaceae*, yang ada lebih dari 360 spesies yang diketahui (Dat AD,

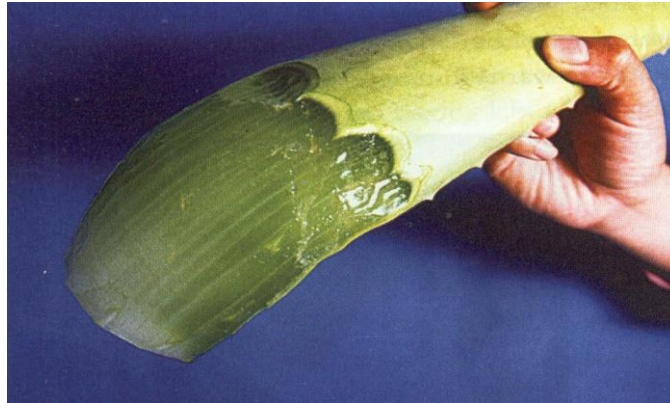
Poon F, Pham KBT, 2012). Nama tanaman *Aloe Vera* (lidah buaya) berasal dari berbagai bahasa diantaranya yaitu kata Arab “*Alloeh*” yang berarti “zat pahit yang bersinar,” sementara “*vera*” dalam bahasa Latin berarti “benar”. Sedangkan, menurut bahasa mesir Aloe yang berarti “tanaman keabadian” (Surjushe, Vasani, and Saple, 2008).

Pada 2000 tahun yang lalu, para ilmuwan Yunani menganggap lidah buaya sebagai obat mujarab universal dan Lidah buaya (*Aloe vera*) telah digunakan sebagai pengobatan di beberapa kebudayaan selama ribuan tahun tertama pada negara Mesir, India, Meksiko, Jepang dan China. (Pankaj, Sahu, 2013). *Aloe vera* sudah digunakan sejak zaman dahulu yaitu di Mesir, Ratu Nefertiti dan Cleopatra menggunakan lidah buaya sebagai kecantikan, sedangkan Alexander Agung, dan *Christopher Columbus* menggunakannya untuk mengobati luka prajurit (Marshall, 1990; Surjushe, A., Vasani, R., & Saple, 2008). Referensi pertama tentang *Aloe vera* yang di terjemahkan dalam bahasa Inggris adalah sebuah terjemahan oleh John Goodyew pada tahun 1655 dari *Dioscorides De Materia Medic* (risalah medis). *Aloe vera* Pada awal 1800-an telah digunakan sebagai pencahar di Amerika Serikat, tetapi di pertengahan 1930 terjadi perubahan penggunaan lidah buaya digunakan untuk mengobati dermatitis kronis dan berat (Surjushe, A., Vasani, R., & Saple, 2008).

#### **2.2.5.2. Kandungan *Aloe vera***

Lidah buaya merupakan salah satu dari 10 tanaman terlaris di dunia yang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai tanaman obat dan baku industri. Lidah buaya merupakan tanaman fungsional karena semua bagian dari tanaman dapat dimanfaatkan, baik untuk perawatan tubuh maupun untuk berbagai macam penyakit. Berdasarkan beberapa hasil penelitian, diketahui bahwa lidah buaya mengandung zat-zat atau senyawa yang bermanfaat baik bagi kesehatan. Bagian utama dari lidah buaya adalah daun, eksudat ( getah yang keluar dari daun lidah buaya saat dilakukan pemotongan), dan gel. Dari ketiga bagian utama tersebut yang paling kaya akan kandungan kimianya adalah pada bagian gel lidah buaya.

Gel adalah bagian berlendir yang diperoleh dengan cara menyayat bagian dalam daun setelah eksudat dikeluarkan. Gel sangat mudah rusak karena mengandung bahan aktif dan enzim yang sangat sensitif terhadap suhu, udara dan cahaya, serta bersifat mendinginkan. Gambar 2.7 memperlihatkan gel yang ada pada pelepah lidah buaya setelah kulitnya dikupas.



**Gambar 2.7.** Gel lidah buaya

Lidah buaya mengandung berbagai macam komponen kimia yang sangat berguna bagi kesehatan. Menurut Furnawanthi, (2002), komponen yang terkandung dalam lidah buaya sebagian besar adalah air yang mencapai 99,75 %, dengan total padatan terlarut hanya 0,49 %, lemak 0,067, karbohidrat 0,043 %, protein 0,038 %, vitamin A 4,594 IU, dan vitamin C 3,476 mg. Berdasarkan hasil penelitian Suriati, (2000), komposisi dan sifat gel lidah buaya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2.** Komposisi lidah buaya (Furnawanthi, 2002)

No.	Komposisi	Jumlah (%)
1.	Air	98,46
2.	Karbohidrat	1,08 %
3.	Protein	0,036 %
4.	Lemak	0,29
5.	Abu	0,21
6.	Ph	4,8
7.	Total Asam	0,33 ml/100 g
8.	Kekentalan	275 cp
9.	Warna (absorbansi pada $\lambda = 320$ nm)	0,174

Mineral yang terkandung di dalam lidah buaya dan fungsinya dapat dilihat pada Tabel 2.3 di bawah ini.

**Tabel 2.3.** Kandungan mineral lidah buaya (Morsy, 1991)

No.	Jenis mineral	Fungsi
1.	Potasium	Membantu metabolisme karbohidrat dan protein
2.	Kalsium (Ca)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mengaktifkan enzim yang esensial dalam metabolisme lemak dan karbohidrat</li><li>• Mengaktifkan enzim pankreatik lipase dan enzim asam</li><li>• Menghambat iritasi sel</li><li>• Menghambat pembentukan asetokolin dalam otak</li></ul>
3.	Sulfur ( S )	<ul style="list-style-type: none"><li>• Berperan dalam metabolisme protein</li></ul>
4.	Besi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Berperan dalam pembentukan haemoglobin dalam darah</li></ul>
5.	Magnesium (Mg)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mengaktifkan enzim yang berperan dalam metabolisme karbohidrat.</li></ul>
6.	Sodium ( Na )	<ul style="list-style-type: none"><li>• Berperan penting dalam absorpsi karbohidrat</li><li>• Memacu proses maturasi sel darah merah</li></ul>
7.	Kuprum ( Cu )	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mengaktifkan enzim amylase</li></ul>

Menurut penelitian yang dilakukan Furnawanthi, (2002), zat-zat yang terkandung di dalam gel lidah buaya dapat dilihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4.** Zat-zat dalam gel lidah buaya (Furnawanthi, 2002)

No.	Komponen Kimia	Kegunaan
1.	Lignin	- Mempunyai kemampuan penyerapan yang tinggi ke dalam kulit sehingga memudahkan peresapan gel ke kulit untuk menjaga kelembaban. - Membawa kandungan bermanfaat ke dalam kulit
2.	Saponin	- Mempunyai kemampuan membersihkan dan bersifat antiseptik - Bahan pencuci yang sangat baik
3.	Antrakuinon : Aloin, barbaloin, iso-barbaloin anthranol, aloe emodin, anthracene, aloetic acid, ester asam sinamat, asam krisophanat, eteral oil, resistanol	- Bahan laksatif - Penghilang rasa sakit, mengurangi racun - Senyawa anti bakteri - Mempunyai kandungan antibiotik
4.	Vitamin B1, B2, niacinamida, B6, cholin, asam folat	- Bahan penting untuk menjalankan fungsi tubuh secara normal dan sehat
5.	Mono dan polisakarida seperti selulosa, glukosa, mannose, aldopentosa dan rhamnosa	- Memenuhi kebutuhan metabolisme tubuh. - Berfungsi untuk memproduksi mucopolisakarida
6.	Mineral : Ca, P, Fe, Mg, Mn, K, Na, Cu	- Memberi ketahanan terhadap penyakit, menjaga kesehatan, dan memberikan vitalitas. - Berinteraksi dengan vitamin untuk mendukung fungsi-fungsi tubuh.
7.	Enzim oksidase, amylase, katalase, lipase, dan protease	- Mengatur proses –proses kimia di dalam tubuh. - Menyembuhkan luka di dalam dan luar
8.	Asam amino : Asam aspartat, asam glutamat, alanin, isoleusin, fenilalanin, Threonin, Prolin, Valin, Leusin, Histidin, Serin, Glisin, Methionin, Lysin, Arginin, Tyrosin, Tryptophan	- Bahan untuk pertumbuhan dan perbaikan - Untuk sintesa bahan lain - Sumber energi
9.	Gibberelin	- Mencegah radang, penyembuhan luka
10.	Lectin (protein)	- Mencegah radang (anti inflamasi)
11.	Asam salisilat	- Menghasilkan efek analgesik



Enzim protease bekerjasama dengan glukomannan mampu memecah dinding sel bakteri yang menyerang luka. Enzim bradykinase (suatu inhibitor protease) dapat memecah bradykinin, senyawa penyebab rasa nyeri yang terbentuk luka, sehingga rasa nyeri tersebut dapat hilang. Bradykinin adalah suatu hormon yang menghambat pembengkakan jaringan. Sementara itu, asam krisofan mendorong penyembuhan kulit yang mengalami kerusakan, Karena itu pula getah lidah buaya bersifat antiseptik sekaligus meredakan sakit.

Adanya kalsium dalam lidah buaya dapat membantu pembentukan dan regenerasi tulang. Kalium dan Natrium berfungsi dalam regulasi dan metabolisme tubuh dan penting dalam pengaturan impuls syaraf. Lidah buaya tidak hanya memberikan dukungan hebat pada sistem kekebalan tubuh, tetapi juga mampu menghancurkan intravaskuler bakteri yang disebabkan oleh kandungan polisakarida yang unik. Secara alami, sistem pelengkap tubuh memiliki kekebalan tubuh terhadap bakteri yang melibatkan rangkaian protein yang perlu diaktifkan untuk menyerang bakteri. Polisakarida dalam lidah buaya memacu protein untuk masuk ke dalam membran bakteri, melubangi, dan merusak cairan pelindungnya yang menyebabkan matinya bakteri.

#### **2.2.6. Sifat Tarik**

Sifat tarik berhubungan dengan sifat elastis, plastis, kekuatan dan kekakuan suatu material terhadap pembebanan yang diberika. Dimana elastisitas adalah kemampuan suatu material untuk berdeformasi tanpa terjadinya perubahan (deformasi) yang permanen setelah tegangan dilepaskan. Energi yang diserap material dalam daerah elastis disebut dengan *resilience*. Sedangkan plastisitas adalah kemampuan material untuk berdeformasi permanen tanpa terjadinya perpatahan. Ukuran plastisitas biasanya ditunjukkan dengan besarnya keuletan (*ductility*). Energi yang dibutuhkan untuk mematahkan material disebut juga dengan ketangguhan (*taughness*). Kekuatan adalah kemampuan dari struktur atau material untuk tahan terhadap pembebanan tanpa kerusakan (*failure*) yang disebabkan oleh tegangan atau deformasi berlebihan yang diukur melalui tegangan yang terjadi pada material dalam kondisi tertentu. Kekakuan adalah

besarnya deformasi elastis yang terjadi dibawah pembebanan dan diukur melalui modulus elastisitas.

### 2.2.6.1. Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

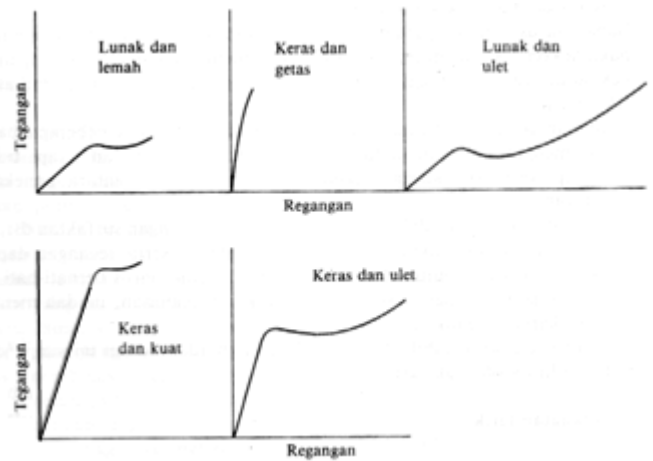
Kekuatan tarik adalah kemampuan bahan untuk menerima beban tanpa terjadi kerusakan. Kekuatan tarik suatu bahan ditetapkan dengan membagi gaya maksimum dengan luas penampang mula-mula sebelum terdeformasi.

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

Keterangan :

- $\sigma$  = Kekuatan tarik bahan (MPa)
- $F_{maks}$  = Tegangan maksimum (N)
- $A_o$  = Luas penampang mula-mula (mm<sup>2</sup>)

Melalui pengujian kekuatan tarik diperoleh kurva tegangan (*stress*) terhadap (*strain*). Gambar 2.8 menunjukkan kelakuan tarikan dari bahan polimer dalam bentuk kurva tegangan regangan menurut karakteristiknya lunak atau keras, lemah atau kuat, dan getas atau liat.



**Gambar 2.8.** Kurva tegangan-regangan bahan polimer pada pengujian tarik (Steven, 2001)

Dari pengujian kekuatan tarik maka didapatkan modulus elastisitas. Modulus elastisitas adalah ukuran suatu bahan yang diartikan ketahanan material

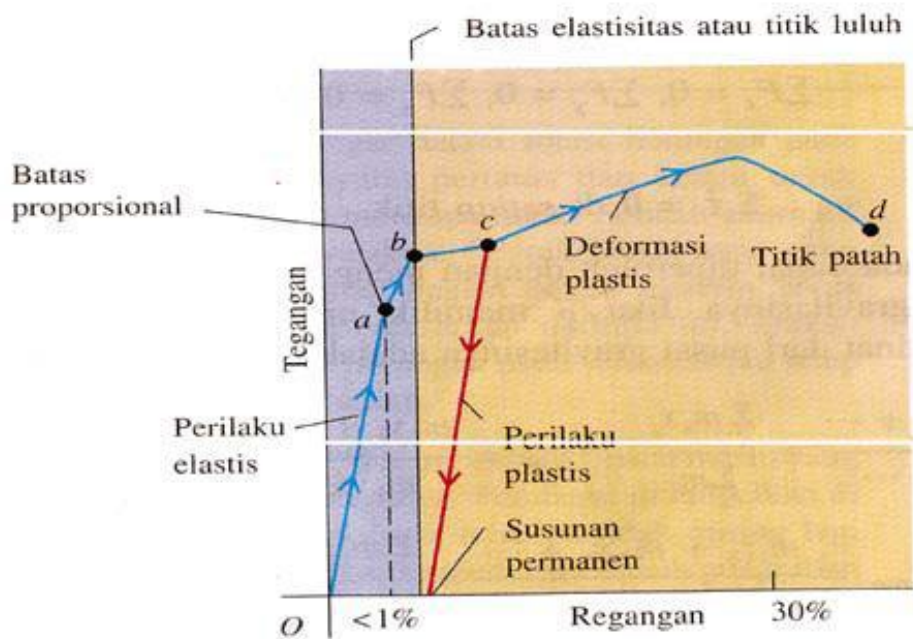
tersebut terhadap deformasi elastis. Semakin besar modulusnya, maka semakin kecil regangan elastis yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Sifat mekanis bahan juga diamati dari sifat kemulurannya atau regangan yang didefinisikan sebagai pertambahan panjang yang dihasilkan oleh panjang spesimen akibat gaya yang diberikan.

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

Keterangan :

- $\varepsilon$  = Kemuluran atau regangan (%)
- $l_o$  = Panjang spesimen mula-mula (mm)
- $l_f$  = Panjang spesimen setelah diberi beban (mm)

Pada pengujian tarik akan dihasilkan diagram hubungan antara tegangan dan regangan. Bentuk diagram tegangan-regangan pada tiap bahan adalah berbeda-beda, namun yang biasanya diperoleh dari pengujian tarik bahan yang ulet bisa dilihat pada Gambar 2.9 berikut.



**Gambar 2.9.** Kurva tegangan-regangan bahan ulet (Ginting, 2012)

Grafik ini menunjukkan bahwa dari bagian awal kurva tegangan-regangan mulai dari titik o sampai a merupakan daerah elastis, dimana daerah ini berlaku hukum Hooke. Titik a merupakan batas plastis yang didefenisikan sebagai

terbesar yang dapat ditahan oleh suatu bahan tanpa mengalami regangan permanen apabila beban ditiadakan. Dengan demikian, apabila beban ditiadakan di sebarang titik o dan a, kurva akan menelusuri jejaknya kembali dan bahan yang bersangkutan akan kembali ke panjang awalnya. Titik b merupakan tegangan tarik maksimum yang masih bisa ditahan oleh bahan. Titik c merupakan titik putus/patah. Penambahan beban sehingga melampaui titik a akan sangat menambah regangan sampai tercapai titik c dimana bahan menjadi putus. Pada daerah antara titik o dan a berlaku hukum Hooke dan besarnya modulus elastisitas pada daerah ini dapat ditulis dengan persamaan :

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

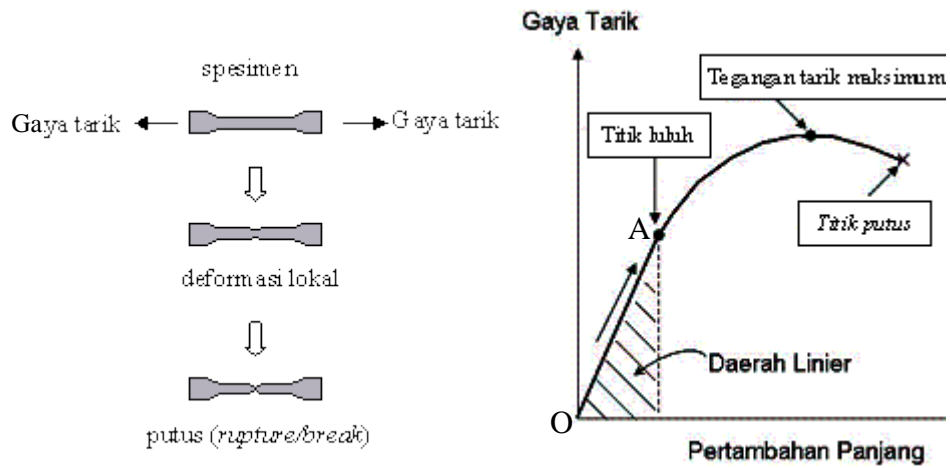
Keterangan :

- E = Modulus elastisitas (Nm<sup>-2</sup>)
- σ = Tegangan (Nm<sup>-2</sup>)
- ε = Regangan (%)

**2.2.6.2. Batas Elastisitas**

Batas elastisitas adalah batas dimana batas tegangan, bahan tidak kembali lagi ke bentuk semula setelah tegangan dihilangkan, akan tetapi benda akan mengalami deformasi tetap. Pada Gambar 2.10 dinyatakan dengan titik A titik elastis. Bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula yaitu regangan “nol” pada titik O. Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan. Terdapat konvensi batas regangan permamen (permanent strain) sehingga masih disebut perubahan elastis yaitu kurang dari 0.03%, tetapi sebagian referensi menyebutkan

0.005% . Tidak ada standarisasi yang universal mengenai nilai ini (Ginting, 2012).



**Gambar 2.10.** Hubungan Tegangan dan Regangan dari hasil uji tarik (Ginting, 2012)