

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Harsojo dkk (2013) telah melakukan penelitian mengenai pembuatan polivinil alkohol (PVA) menjadi serat nanofiber menggunakan metode electrospinning. Pembuatan dilakukan dengan mencampurkan PVA yang dilarutkan kedalam aquades dengan kadar 10 % wt. Proses pengadukan dilakukan pada suhu 50°C selama 5 jam untuk mendapatkan larutan PVA yang homogen. Larutan kemudian diumpukan kedalam electrospinning dengan variasi tegangan 5, 10 dan 20 kV serta jaraknya yang dapat divariasi. Hasilnya menunjukkan tegangan yang lebih besar dan juga jarak yang lebih jauh menghasilkan serat nanofiber tanpa butir *beads*.

Penelitian Widodo (2017) melakukan penggabungan PVA dengan *Aloe Vera* powder yang juga menggunakan metode elektrospinning. Variasi konsentrasi aloe vera yang digunakan yaitu 0, 2, 4, dan 6% w/w serta kondisi optimasi *electrospinning* larutan polimer pada tegangan 10 kV, jarak TCD 16,5 cm. Adapun hasil yang didapatkan dari penelitian ini pada variasi konsentrasi *aloe vera* 4% yang paling optimal serta memenuhi standar material medis sehingga dapat untuk digunakan dalam aplikasi pembuatan pembalut luka (*wound dressing*).

Abdullah dkk (2014) juga melakukan penelitian tentang penggabungan PVA dengan lidah buaya (*Aloe Vera*) yang akan diaplikasikan sebagai pembawa obat polimer menggunakan metode elektrospinning. Parameter yang digunakan yaitu tegangan 15 kV dan jarak TCD 8 cm. Adapun hasil yang didapatkan dari penambahan 5% (w/w) *aloe vera* pada PVA 10% (v/w) mampu menurunkan diameter serat nano menjadi 123 nm serta menghasilkan serat yang homogen.

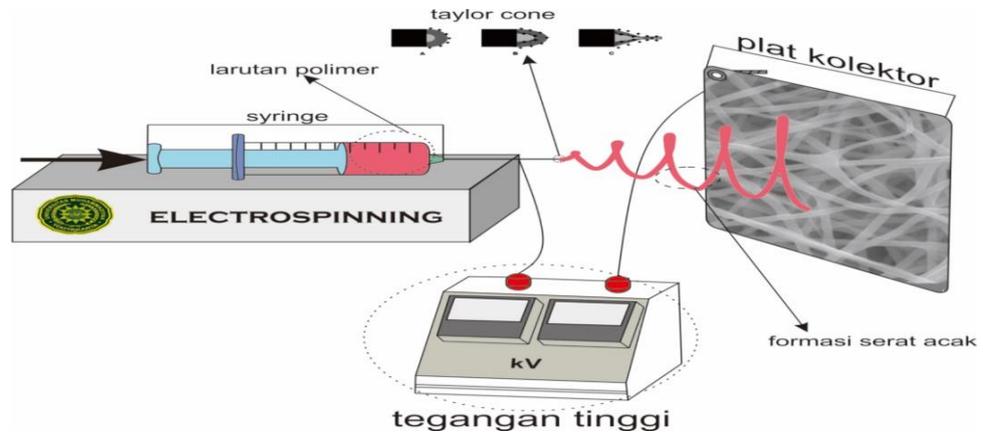
Uslu dkk. (2010) melakukan penelitian pembuatan membran hibrid nanofiber menggunakan penggabungan PVA, PEG, PVP, HPMC, dengan penambahan *Aloe Vera* (AV). Membrane hibrid tersebut nantinya akan

diaplikasikan sebagai pembalut luka (*wound dressing*). Dalam proses pembuatannya menggunakan beberapa larutan. Larutan A dibuat dengan menggabungkan 100 gram PVA, 10 gram PVP (10 wt%), dan 2 gram HPMC menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam pada suhu 60°C. Kemudian pembuatan larutan B, C, dan D dengan penambahan 1 gram, 2 gram, dan 3 gram AV (2 wt%) kedalam larutan A. Adapun parameter yang digunakan dengan tegangan 20 kV dan jarak TCD 8 cm. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini bahwa pada konsentrasi AV 3% menunjukkan larutan polimer yang paling homogen serta mempunyai diameter serat paling kecil 200 nm dan bebas dari *beads*. Hal ini menunjukkan bahwa menjanjikan apabila diaplikasikan untuk pembuatan pembalut luka (*wound dressing*).

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Elektrospinning

Elektrospinning merupakan metode yang digunakan untuk memproduksi serat nano (nanofiber) dengan memanfaatkan arus listrik bertegangan tinggi. Serat nano polimer terbentuk karena pada proses tersebut terjadi penguapan pelarut secara simultan. *Electrospinning* dipilih karena metodenya yang sederhana, namun mampu memfabrikasi nanofiber dengan rentang ukuran sampai submikron. Pada mekanisme pembuatan serat menggunakan *electrospinning* adalah dengan cara mendorong larutan polimer yang diberi tegangan listrik tinggi menggunakan pompa syringe hingga membentuk butir/tetes larutan pada ujung kapiler spinnerete (Wahyudi dan Sugiayana, 2011).



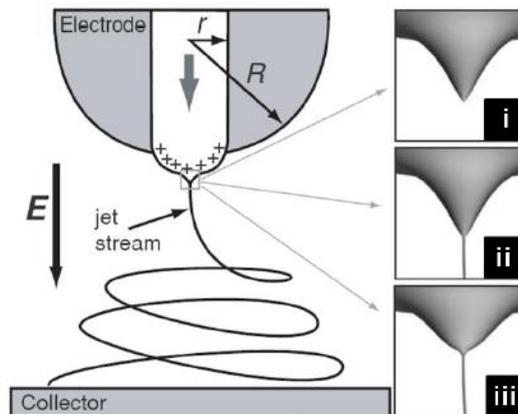
Gambar 2.1. Skema alat elektrospinning (Widodo, 2017)

Pada gambar 2.1 menunjukkan bahwa terdapat 3 komponen utama penyusun *electrospinning* yang terdiri dari pengumpan (*syringe*) yang terdapat larutan polimer didalamnya dengan jarum (*spinneret*) berdiameter kecil, sumber tegangan tinggi (*high voltage source*), dan kolektor (*collector screen*). Pada prinsipnya elektroda positif dihubungkan dengan ujung jarum berdiameter kecil sehingga larutan menjadi bermuatan positif dan kemudian elektroda negative dihubungkan dengan plat kolektor sebagai tempat terkumpulnya membrane nanofiber (Judawisastra, 2012).

Pada umumnya proses dalam elektrospinning terbagi menjadi 3 tahap yang dipernalkan sebagai *jet modeling* (Deniz, 2011), tahapannya adalah sebagai berikut :

a. Tahap Inisiasi

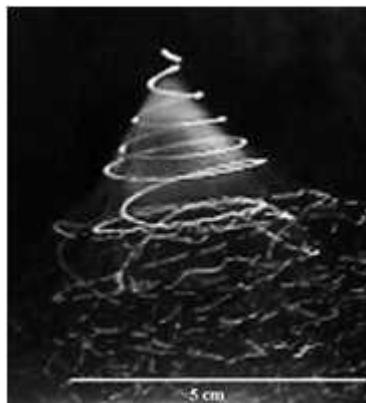
Tahap inisiasi merupakan tahapan pertama yaitu dengan terbentuknya tetesan larutan pada ujung jarum, yang diikuti terbentuknya *taylor cone* hingga larutan mulai tertarik menuju kolektor. Skema tahap inisiasi disajikan pada gambar 2.2 dibawah ini :



Gambar 2.2. Skema tahap inisiasi; (a) proses pembentukan *taylor cone*, (b) tahapan pelepasan larutan, dan (c) tahapan relaksasi pada larutan (Deniz, 2011).

b. Tahap Penipisan Serat (*Thinning Fiber*)

Tahap penipisan serat adalah proses dari penipisan diameter serat, dimana semakin jauh jarak ujung jarum dengan plat kolektor dapat mengakibatkan semakin menurunnya ukuran diameter fiber (Muhaimin dkk, 2014). Skema terjadinya penipisan serat disajikan pada gambar 2.3 dibawah ini :



Gambar 2.3. Skema terjadinya penipisan serat.

c. Tahap Penguapan larutan

Tahapan ini merupakan tahapan akhir proses elektrospinning, dimana pelarut mengalami penguapan. Setiap pelarut membutuhkan waktu dalam penguapan yang berbeda-beda. Lamanya waktu penguapan ditentukan

dengan jarak ujung jarum dengan plat kolektor. Jika pendek jarak ujung jarum dengan plat kolektor maka waktu penguapan juga akan singkat, begitu juga sebaliknya. Lama waktu penguapan pelarut akan mempengaruhi ukuran diameter serat nano (Deniz, 2011).

2.2.2. Keunggulan Serat Nanofiber sebagai Pembalut Luka (*Wound Dressing*)

Menurut Zahedi dkk (2010), beberapa keunggulan serat nanofiber sesuai dengan sifat pembalut luka antara lain :

1. *Hemostatis*

Serat dalam skala nano memberikan penutup dengan sela yang sangat kecil sehingga, dapat menghentikan pendarahan dengan baik.

2. Penyerapan (*Absroptibility*)

Serat nano memiliki luas permukaan yang sangat besar dibanding dengan rasio volume. Maka dari itu, dapat meningkatkan efisiensi penyerapan dari pada pembalut luka biasa.

3. Permeabilitas (*Permeability*)

Struktur dari *nanofiber* memiliki pori-pori sehingga, baik untuk respirasi sel terhadap luka yang masih basah. Pori-pori *nanofiber* yang berukuran sangat kecil dapat menjadi penghalang bakteri yang akan menyebabkan infeksi pada luka.

4. Penyesuaian (*Comformability*)

nanofiber mempunyai sifat sangat fleksibel, sehingga dapat menyesuaikan kontur dari luka yang akan menciptakan rasa nyaman terhadap tubuh.

5. Kegunaan (*Functionability*)

Dengan bahan polimer *nanofiber* yang bersifat bioaktif dapat meningkatkan penyembuhan luka menjadi lebih cepat karena berfungsi juga sebagai obat.

6. *Bebas bekas luka (Scar-free)*

Nanofiber dengan bahan material *biodegradable* dan *biocompatible* menjanjikan penyembuhan tanpa meninggalkan bekas luka.

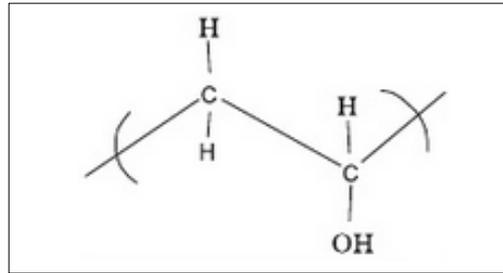
2.2.3. **Persyaratan Polimer sebagai Aplikasi Pembuatan *Wound Dressing***

Adapun persyaratan polimer sebagai aplikasi pembuatan wound dressing yang baik (Ratnawati dkk, 2013) yaitu :

1. Polimer harus bersifat tidak beracun (*nontoxic*).
2. Tidak menyebabkan alergi.
3. Mudah disterilkan.
4. Mempunyai sifat mekanik yang baik seperti kuat, elastis dan awet.
5. Mempunyai kesesuaian alami (*biocompatibility*).

2.2.4. **Polivinil Alkohol (PVA)**

Polivinil alkohol merupakan polimer sintetik serta padatan termoplastik yang larut didalam air akan tetapi tidak dapat terlarut pada sebagian besar pelarut organik maupun minyak (Harper dan Petrie, 2003). PVA memiliki struktur kimia yang sederhana dengan gugus hidroksil yang tidak beraturan. PVA dihasilkan dari polimerisasi vinil asetat menjadi asetat (PVAc), kemudian diikuti dengan hidrolisis PVAc menjadi PVA. Kualitas PVA ditentukan dengan derajat hidrolisis yang tinggi, yaitu lebih dari 98,5%. Derajat hidrolisis akan berpengaruh terhadap kelarutan PVA didalam air, jika semakin tinggi derajat hidrolisisnya maka kelarutan akan semakin rendah (Hassan dan Peppas, 2000). PVA memiliki sifat yang lentur dan juga mudah diuraikan secara alami (*biodegradable*) pada kondisi yang sesuai dengan titik leleh berkisar 180 - 190°C dan berat molekul berkisar 26.300 - 30.000 (Saxena dkk, 2010). Struktur kimia dari polivinil alkohol disajikan pada Gambar 2.4. dibawah ini



Gambar 2.4. Rumus kimia dari polivinil alkohol (PVA) (Jiang dkk, 2010)

Dengan memiliki banyak sifat yang baik PVA banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang salah satunya pada pembuatan membran nanofiber. Abdullah dkk (2010) melaporkan bahwa PVA digunakan sebagai bahan yang digunakan untuk membuat *wound dressing* yang dicampurkan dengan lidah buaya (*Aloe Vera*). Bentuk dari polivinil alkohol disajikan pada gambar 2.5 dibawah ini:



Gambar 2.5. Polivinil alkohol (PVA)

2.2.5. Lidah Buaya (*Aloe Vera*)

Lidah buaya (*Aloe Vera*) merupakan tanaman yang hidup di daerah tropis, yang mengembangkan jaringan penyimpanan air di daun untuk bertahan hidup di daerah kering curah hujan rendah atau tidak menentu (Hamman dan Josias, 2008). Kandungan terbesar yang terdapat didalam *Aloe Vera* merupakan 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 dan Josias, 2008).

Aloe Vera telah digunakan ribuan tahun yang lalu sebagai bahan pengobatan tradisional. Penggunaan *Aloe Vera* di Mesir kuno pada 1500 SM dan disebutkan dalam *farmakope* yang diproduksi oleh Dioscorides pada abad pertama (Boudreau dan Beland, 2007). Dewasa ini *Aloe Vera* banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, dalam dunia farmasi sendiri *Aloe Vera* digunakan sebagai salep, kapsul atau tablet dalam proses penyembuhan (Hamman dan Josias, 2008). Gambar 2.6 merupakan gel dari lidah buaya (*Aloe Vera*).



Gambar 2.6. Gel lidah buaya (*Aloe Vera*)

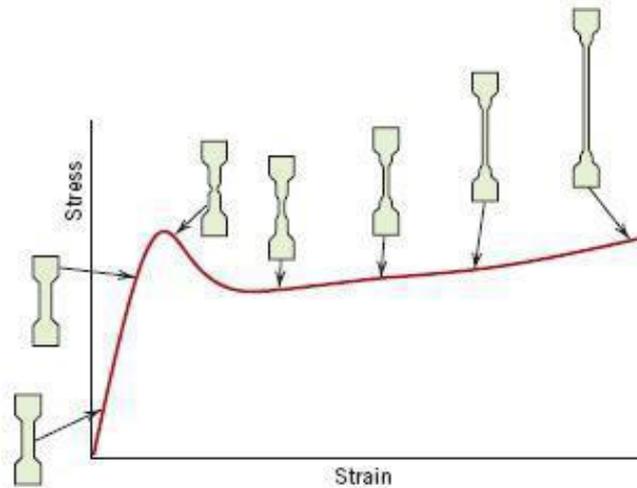
Daun lidah buaya dibagi menjadi dua bagian besar, yang terdiri dari kulit berwarna hijau merupakan kulit bagian luar dan bagian dalam (gel) yang berwarna bening. Gel dari parenkim *Aloe Vera* (*Aloe barbadensis miller*) tanaman yang telah diteliti memiliki banyak komponen aktif secara fisiologis yang mempunyai sifat efektif untuk anti inflamasi, anti oksidan, efek *modulatory* kekebalan tubuh dan memperbaiki pertumbuhan jaringan serta diferensiasi dalam kultur jaringan (Jithendra dkk, 2013). Kandungan yang terdapat pada *Aloe Vera* dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 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"> • Mengaktifkan enzim yang esensial dalam metabolisme lemak dan karbohidrat • Mengaktifkan enzim pankreatik lipase dan enzim asam • Menghambat iritasi sel • Menghambat pembentukan asetokolin dalam otak
3.	Sulfur (S)	<ul style="list-style-type: none"> • Berperan dalam metabolisme protein
4.	Besi	<ul style="list-style-type: none"> • Berperan dan pembentukan haemoglobin dalam darah
5.	Magnesium (Mg)	<ul style="list-style-type: none"> • Mengaktifkan enzim yang berperan dalam metabolisme karbohidrat.
6.	Sodium (Na)	<ul style="list-style-type: none"> • Berperan penting dalam absorpsi karbohidrat • Memacu proses maturasi sel darah merah
7.	Kuprum (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> • Mengaktifkan enzim amylase

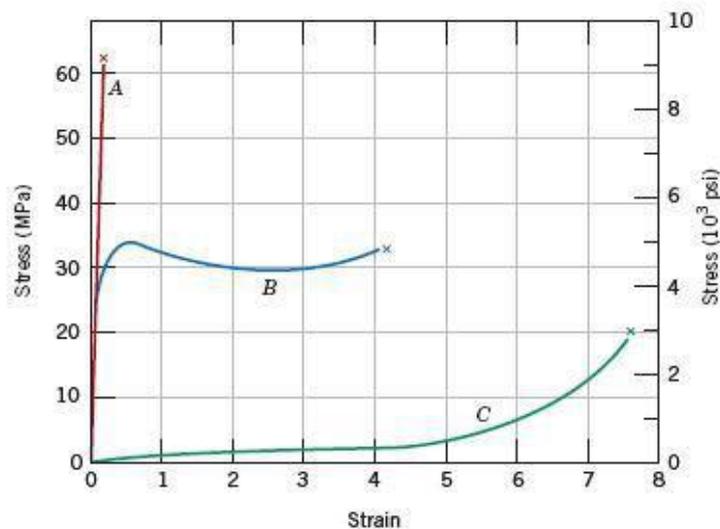
2.2.6. Deformasi

Deformasi merupakan perubahan yang bentuk atau ukuran pada suatu benda. Deformasi dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu deformasi plastis dan deformasi elastis. Deformasi plastis adalah perubahan bentuk yang tidak dapat kembali ke bentuk semula (*irreversible*), sedangkan sebaliknya deformasi elastis merupakan perubahan bentuk yang dapat kembali ke bentuk semula (*reversible*). Penjabaran dalam bentuk grafik dibawah ini pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Grafik deformasi dari tegangan-regangan (Sumaryono, 2012)

Suatu material jika dikenakan beban tarik maka akan mengakibatkannya bertambah panjang, sebaliknya apa bila material sikenakan beban tekan maka mengakibatkan material tersebut menjadi lebih pendek. Adapun yang harus dihindari dari pembuatan suatu produk yaitu terjadinya deformasi plastis dikarenakan dapat merugikan. Pada dasarnya perhitungan perencanaan yang melandaskan pada tegangan didaerah batas elastis. Penjabaran kurva tegangan-regangan terdapat pada gambar 2.8. dibawah ini:



Gambar 2.8. Kurva tegangan-regangan (polimer); (a) getas (*brittle*), (b) plastis, (c) elastomer (*highly elastic*) (Sumaryono, 2014)

Kekuatan tarik merupakan tegangan maksimum yang diterima sebuah bahan ketika ditarik hingga bahan tersebut mengalami perpatahan. Kekuatan tarik merupakan kebalikan dari kekuatan tekan. Pada umumnya kekuatan tarik dapat dicari dengan melakukan pengujian tarik dan menganalisa perubahan regangan dan tegangan. Oleh karena itu kekuatan tarik dapat di rumuskan dengan tegangan maksimum yang dibagi dengan luas area penampang awal sebelum terjadinya deformasi.

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

Dimana:

σ = Kekuatan tarik bahan (MPa)

F_{maks} = Tegangan maksimum (Newton)

A_0 = Luas penampang awal (mm²)

Pengamatan suatu material tidak hanya pada kekuatan tariknya saja tetapi juga sifat kemuluran suatu material. Berikut ini merupakan persamaan dalam mencari kemuluran suatu material:

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

Dimana:

ε = Regangan

l_0 = Panjang spesimen awal (mm)

l_f = Pnjang spesimen setelah diberi beban (mm)

Modulus elastisitas merupakan suatu nilai yang digunakan untuk mengukur ketahanan material saat mengalami deformasi elastis ketika diterapkannya gaya pada material tersebut. Modulus elastisitas suatu material merupakan kemiringan dari kurva tegangan dan regangan, berikut merupakan persamaan dari modulus elastisitas:

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

Dimana:

E = Modulus elastisitas (N/m²)

σ = Tegangan (N/m²)

ε = Regangan.