

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang telah dilakukan (Abdullah dkk, 2014) tentang karakteristik *polyvinyl alcohol* (PVA) *nanofiber* dengan penambahan lidah buaya (*aloe vera*) sebagai sistem penghantar obat yang di fabrikasi menggunakan metode *electrospinning*. Dari penelitian yang dilakukan, sebanyak 3 ml larutan PVA 10% ( $V/W$ ) yang ditambahkan aloe vera 5% ( $w/w$ ) disiapkan pada tabung semprot (syringe pump). Proses *electrospinning* dilakukan dengan parameter tegangan 15 kV dan jarak *spinneret* terhadap kolektor 8 cm. Struktur morfologi *nanofiber* diamati menggunakan *field emission scanning electron microscope* (FESEM) zeiss menunjukkan hasil fiber yang homogen, sedangkan diameter fiber diukur menggunakan *software ImageJ* menunjukkan bahwa diameter fiber menurun dari 168 nm (PVA) menjadi 123 nm (PVA-Aloe vera). Selain itu, dari hasil pengujian *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) membuktikan bahwa tidak ditemukannya kelompok fungsi baru sehingga pencampuran kedua larutan tersebut dianggap kompatibel.

Uslu dkk (2010) membahas tentang pembuatan membrane *nanofiber* untuk diaplikasikan sebagai pembalut luka menggunakan campuran PVA,PVP,PEG dan HPMC dengan penambahan *Aloe vera* ekstrak. Metode preparasi sampel larutan dengan melarutkan 10 gr PVA kedalam 90 gr aquades menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam pada suhu  $80^{\circ} \pm 2^{\circ}C$ , kemudian didinginkan hingga mencapai suhu kamar. Pembuatan larutan A dibuat dengan mencampur 100 gr PVA, 10 gr PVP (10 wt %) dan 2 gr HPMC selama 2 jam pada suhu  $60^{\circ}$ . Penambahan 1, 2, dan 3 gr *Aloe vera* (2 wt %) ke larutan A disiapkan sebagai larutan B, C, dan D. Proses *electrospinning* dilakukan dengan parameter tegangan 20 kV, jarak *spinneret* terhadap kolektor 8 cm dan laju aliran 0,5 ml/jam. Pengujian *differential scanning calorimetry* (*Tremogram* DSC) mengungkapkan bahwa penambahan *aloe vera* dapat mempengaruhi struktur kristal dan efisiensi *cross-link* polimer hibrida serta terjadinya pembentukan struktur amorf dengan

suhu leleh ( $T_m$ )  $219^{\circ}\text{C}$  pada penambahan konsentrasi *Aloe vera* 3%. Dari hasil pengamatan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) menunjukkan penambahan konsentrasi *aloe vera* menyebabkan pembentukan fiber yang halus tanpa *beads*. Pada penambahan 1 gr *aloe vera* dihasilkan struktur fiber sedikit mengalami distorsi dari struktur linear. Pada penambahan 2-3 gr *aloe vera* dihasilkan struktur fiber sepenuhnya terdistorsi menjadi struktur melengkung dan serat-serat saling bercampur. Hasil pengukuran diameter menggunakan *software ImageJ* menunjukkan diameter fiber lebih kecil 200 nm pada penambahan *aloe vera* 3%, sehingga menjanjikan untuk dapat diaplikasikan sebagai pembalut luka.

Sosiati dkk (2018) membahas tentang pengaruh konsentrasi *aloe vera* terhadap morfologi dan sifat tarik membran *nanofiber aloe vera*-PVA yang difabrikasi dengan metode *electrospinning*. Dari penelitian yang dilakukan, larutan PVA dibuat dengan melarutkan 10 gr PVA kedalam 100 ml aquades menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam, kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruangan. Pembuatan larutan *aloe vera*-PVA sebagai larutan *electrospinning* dibuat dengan penambahan konsentrasi *Aloe vera* 0, 2, 4 dan 6 %. Membran *nanofiber* dari laruta *aloe vera*-PVA dibuat dengan teknik *electrospinning* menggunakan parameter tegangan 10 kV, jarak *spinneret* terhadap kolektor 16,5 cm, laju aliran 0,025 ml/min dan diameter *spinneret* 0,6 mm. Hasil penelitian membuktikan bahwa penambahan konsentrasi *Aloe vera* dapat menyebabkan perubahan morfologi *nanofiber* dan sifat tarik membran *nanofiber*. Penambahan konsentrasi *aloe vera* 4% menghasilkan diameter yang lebih kecil 337 nm dengan kuat tarik 6,38 MPa, sedangkan diameter tertinggi 810 nm dengan kuat tarik 2,22 MPa terdapat pada penambahan konsentrasi *aloe vera* 6 %.

Apriyanto (2018) membahas tentang pengaruh konsentrasi larutan *spinning* terhadap morfologi dan sifat tarik membran *naofiber aloe vera* alami-PVA. Dalam penelitiannya, preparasi larutan *aloe vera* alami dibuat dengan menghaluskan gel menggunakan blender kemudian disaring menggunakan kertas saring. Preparasi larutan PVA dibuat dengan melarutkan 10 gr PVA kedalam 100 ml aquades menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Larutan

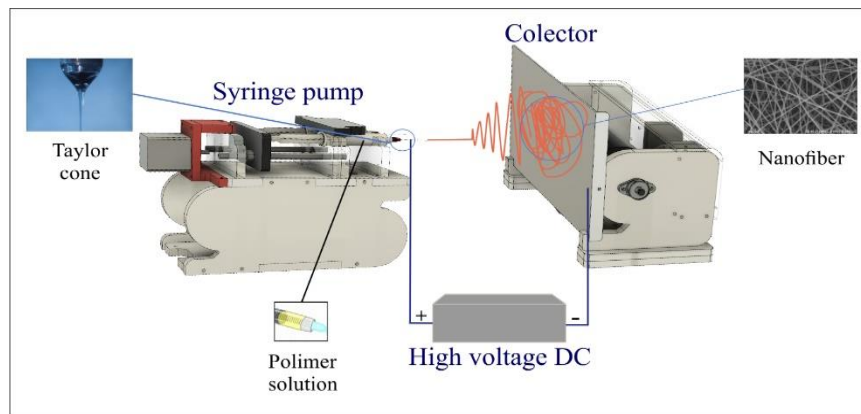
spinning *aloe vera* alami-PVA kemudian disiapkan dengan penambahan konsentrasi *aloe vera alami* 0, 10, dan 30% (wt%). Proses *electrospinning* dilakukan menggunakan parameter tegangan 15 kV, jarak *spinneret* terhadap kolektor 16 cm dan diameter *spinneret* 0,7 mm. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa penambahan konsentrasi *aloe vera* alami dapat mempengaruhi morfologi *nanofiber* dan sifat tarik membran *nanofiber*. Hasil analisis sifat fisis dan mekanis menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi *aloe vera* alami 30% hanya mampu menghasilkan nilai kuat tarik 3,58 MPa dengan ukuran diameter fiber 223 nm.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 *Electrospinning*

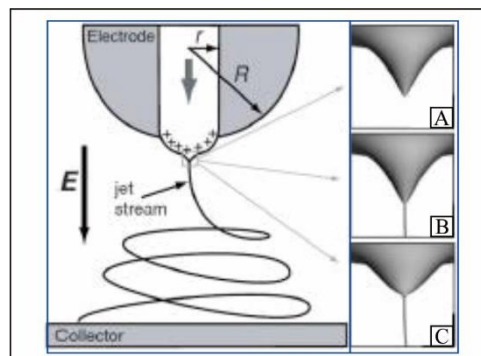
*Electrospinning* adalah salah satu metode pembuatan *nanofiber* yang efisien dengan cara memanfaatkan pengaruh medan listrik dalam menghasilkan pancaran jet larutan bermuatan listrik (Gambar 2.1). *Electrospinning* merupakan metode yang menjanjikan untuk aplikasi rekayasa jaringan dan paling banyak dipelajari karena peralatannya relatif mudah, sederhana dan efektif dalam pembuatan *nanofiber* (Vasita dkk, 2006) dan (Muhaimin dkk, 2014). Komponen utama penunjang sistim kerja *electrospinning* meliputi sumber tegangan tinggi (*high voltage DC*), tempat penampungan larutan (*syringe pump*), dan tempat penampungan *nanofiber* (*plate collector*).

Pada prinsipnya sistim kerja *electrospinning* memanfaatkan gaya elektostatik yang muncul akibat dari tegangan listrik tinggi antara *spinneret* dengan kolektor. Larutan polimer dimasukkan kedalam pompa *syringe* yang diberi tegangan listrik tinggi akan keluar membentuk tetesan larutan pada ujung *spinneret*. Tetesan larutan yang telah terinduksi muatan listrik dibawah pengaruh medan listrik akan bergerak kearah elektroda dengan muatan berlawanan disertai proses penguapan larutan sehingga terjadinya pembentukan *nanofiber* pada plat kolektor (Subbiah dkk, 2004).



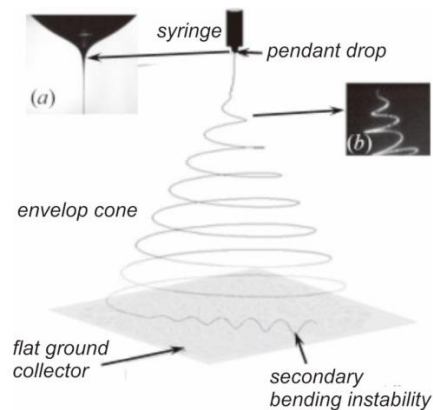
**Gambar 2.1** Skema alat *electrospinning*

Secara umum pembentukan *nanofiber* yang dikenal dengan sebutan *jet molding* terjadi menjadi beberapa tahap (Deniz, 2011). Tahap pertama merupakan tahap inisiasi dimana pada tahap ini pertama kali terbentuknya tetesan larutan yang keluar melewati ujung *spinneret* yang diikuti dengan gejala terbentuknya *taylor cone* hingga terpancarnya larutan ke kolektor (Gambar 2.2).



**Gambar 2.2** Skema gejala terbentuknya *taylor cone*, (A) Pembentukan *taylor cone* pada medan listrik, (B) Taylor cone melepaskan jet polimer, (C) Adanya tegangan permukaan yang menyebabkan bentuk kerucut menjadi rileks (Deniz, 2011).

Tahap kedua merupakan tahap penipisan (*thinning*) diameter fiber dimana pada tahap ini, aliran jet bergerak pada lintasan yang lurus kemudian terjadinya gerakan *bending* dan *looping* disertai proses penguapan polimer, semakin jauh jarak antar *spinneret* terhadap kolektor maka polimer yang tertarik ke arah kolektor akibat pengaruh medan listrik akan mengalami pengecilan diameter fiber (Muhaimin dkk, 2014). Proses penipisan fiber dapat dilihat pada (Gambar 2.3).



**Gambar 2.3** Skema terjadinya proses *thinning* (a) *taylor cone*, (b) *bending instability* (Deniz, 2011).

Tahap ketiga merupakan tahap akhir yaitu penguapan larutan, dimana pada tahap ini akan mempengaruhi diameter fiber yang di hasilkan. Rute jet yang dikendalikan oleh medan listrik dan ketidakstabilan lentur terjadi karena gaya yang ada dijet. Jet yang tertekuk memanjang melalui kolektor akan menjadi lebih panjang dan lebih tipis seiring dengan penguapan larutan. Masing-masing polimer memiliki tingkatan waktu penguapan yang berbeda. Proses penguapan dapat sempurna tergantung dari jarak antar ujung *spinneret* terhadap kolektor, suatu polimer yang membutuhkan waktu proses penguapan yang lama maka jarak antar ujung *spinneret* terhadap kolektor diperpanjang (Deniz, 2011).

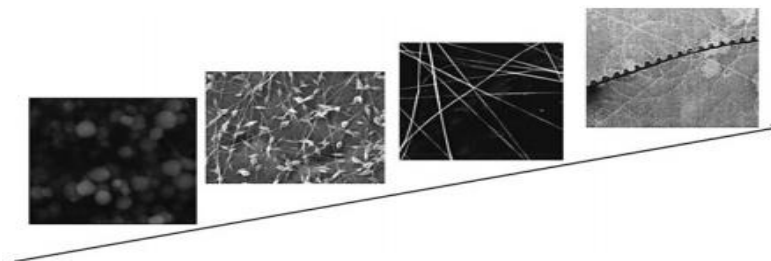
### 2.2.2 Parameter Proses *Electrospinning*

Parameter kerja yang digunakan dalam proses *electrospinning* sangat mempengaruhi hasil dari pembuatan membran *nanofiber* karena parameter tersebut sangat menentukan keseragaman, sifat, diameter dan morfologi *nanofiber*. Parameter proses *electrospinning* dibagi menjadi 3 bagian, yaitu: karakteristik larutan (meliputi viskositas, konsentrasi, tegangan permukaan, berat molekul dan konstanta dielektrik larutan), faktor lingkungan (meliputi suhu dan kelembaban udara), variabel kontrol (meliputi tegangan, jarak antara ujung *spinneret* terhadap kolektor, diameter *spinneret* dan laju alir).

### 2.2.2.1 Pengaruh Konsentrasi Larutan

Pengaruh konsentrasi larutan pada proses *electrospinning* berperan penting dalam pembuatan *nanofiber*, karena dapat berpengaruh terhadap ukuran dan morfologi *nanofiber*. Terdapat empat konsentrasi kritis dari rendah ke tinggi yang harus diperhatikan seperti pada (Gambar 2.4):

1. Partikel *polimerik* (nano) akan mengalami proses *electrospray* apabila konsentrasi larutan terlalu rendah. Hal ini dikarenakan viskositas yang rendah dan tegangan permukaan yang tinggi dari suatu larutan.
2. Apabila konsentrasi larutan sedikit lebih tinggi maka akan terbentuknya *beads* pada permukaan *nanofiber*.
3. Apabila konsentrasi larutan sesuai, proses *electrospinning* akan menghasilkan *nanofiber* yang halus .
4. Apabila konsentrasi larutan sangat tinggi dapat menyebabkan sulitnya polimer jet untuk dapat tertarik ke kolektor sehingga terbentuknya *nanofiber* yang tidak kontinu dan peningkatan diameter.



**Gambar 2.4** Evolusi *nanofiber* citra SEM dengan konsentrasi dari rendah ke tinggi (Li & Wang, 2013)

### 2.2.2.2 Pengaruh Viskositas Larutan

Viskositas merupakan ukuran kekentalan fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan di dalam fluida. Semakin besar nilai viskositas fluida maka semakin sulit suatu benda bergerak didalam fluida tersebut. Didalam larutan, viskositas dihasilkan oleh gaya kohesi antar molekul. Pada umumnya viskositas larutan yang terlalu rendah akan menghasilkan butiran manik-manik (*beads*) di permukaan *nanofiber*. Peningkatan viskositas larutan dapat menyebabkan fiber yang lebih seragam, akan tetapi viskositas yang terlalu tinggi menyebabkan

sulitnya polimer jet untuk dapat tertarik ke kolektor karena ujung *spinneret* mengalami penyumbatan akibat dari proses pengupan larutan yang terlalu cepat sehingga menghasilkan ukuran fiber yang lebih tebal (Herdiawan dkk, 2013).

### **2.2.2.3 Pengaruh Tegangan Permukaan Larutan**

Tegangan permukaan memiliki dampak menurunkan satuan luas permukaan per unit massa dari sebuah zat cair. Pemintalan pada tegangan rendah memungkinkan terbentuknya manik-manik (*beads*) saat pembuatan *nanofiber*. Oleh karena itu, Dalam proses *electrospinning* muatan listrik pada larutan harus tinggi untuk dapat melampaui tegangan permukaan dari larutan tersebut (Ramakrishna dkk, 2015).

### **2.2.2.4 Pengaruh Konduktivitas Larutan**

Sebagian besar polimer konduktif dengan beberapa pengecualian bahan dielektrik dan larutan polimer bermuatan ion sangat berpengaruh terhadap pembentukan jet. Konduktivitas larutan ditentukan oleh polimer, jenis pelarut dan kadar garam terionisasi. Konduktivitas suatu pelarut dapat ditingkatkan dengan menambahkan ion agar tegangan kritis berkurang sehingga proses *electrospinning* dapat terjadi. Peningkatan konduktivitas listrik dari larutan dapat menyebabkan penurunan diameter *nanofiber*, sebaliknya konduktivitas yang terlalu rendah menyebabkan sulitnya larutan untuk tertarik ke kolektor. Umumnya *nanofiber* dengan diameter fiber terkecil dapat diperoleh dengan konduktivitas tertinggi dan penurunan ukuran fiber disebabkan oleh peningkatan daya konduksi listrik (Bhardwaj dkk, 2010).

### **2.2.2.5 Pengaruh Tegangan Tinggi (*High Voltage*)**

Salah satu elemen Terpenting pada proses *electrospinning* adalah peneraapan tegangan tinggi (High voltage). Pada umumnya tegangan di atas 6 kV baik tegangan negatif maupun positif mampu menyebabkan polimer untuk bergerak menuju ujung *spinneret* dan membentuk *taylor cone* selama awal proses pembentukan jet. Jika tegangan yang diberikan lebih tinggi, jumlah muatan yang

lebih besar akan menyebabkan jet berelaksi lebih cepat dan lebih banyak volume larutan akan keluar dari ujung *spinneret*. Hal ini dapat menghasilkan *taylor cone* lebih kecil dan tidak stabil.

Tegangan tinggi yang diberikan dan medan listrik yang dihasilkan berdampak pada peregangan dan percepatan jet, keduanya memiliki pengaruh terhadap morfologi fiber yang diperoleh. Kebanyakan kasus, tegangan masukan yang lebih tinggi dapat menyebabkan peningkatan regangan dari larutan akibat dari gaya *coulomb* yang lebih besar dan medan listrik yang lebih kuat pada jet *electrospinning*. Kasus ini dapat memiliki efek penurunan diameter fiber dan juga menghasilkan serat yang lebih kering dikarenakan penguapan pelarut lebih cepat (Ramakrishna dkk, 2015).

#### **2.2.2.6 Pengumpul Fiber (Kolektor)**

Selama proses *electrospinning*, kolektor biasanya bertindak sebagai substrat konduktif untuk tempat pengumpulan fiber. Secara umum aluminium foil sering digunakan sebagai kolektor karena murah, sedehana dan dapat mempermudah pelepasan *nanofiber* yang telah terbentuk (Li & Wang, 2013).

#### **2.2.2.7 Pengaruh Jarak *Spinneret* Terhadap kolektor**

Dalam beberapa kasus, waktu tempuh dan kuat medan listrik dapat berpengaruh terhadap proses *electrospinning* dan fiber yang dihasilkan. Dengan memvariasikan jarak *spinneret* terhadap kolektor dapat berdampak pada waktu yang dibutuhkan suatu polimer untuk menguap. Ketika jarak *spinneret* terhadap kolektor terlalu dekat maka dapat terjadinya proses penguapan yang tidak sempurna sehingga menghasilkan diameter fiber yang lebih besar, sebaliknya jika jarak yang diberikan semakin jauh maka diameter fiber yang dihasilkan akan lebih kecil karena proses penguapan yang berlangsung sempurna (Riegel dkk, 2015).



### 2.2.2.8 Pengaruh Diameter *Spinneret*

Diameter internal *spinneret* berpengaruh terhadap proses pembentukan nanofiber pada proses *electrospinning*. Diameter internal yang lebih kecil dapat mengurangi penyumbatan dan jumlah *beads* pada fiber *electrospun* serta mampu menurunkan diameter fiber. Pengurangan penyumbatan bisa disebabkan oleh kurangnya penguapan larutan ke atmosfer selama proses *electrospinning*. Dalam kasus ukuran diameter internal *spinneret* yang lebih kecil, ukuran tetesan diujung *spinneret* menurun disertai tegangan permukaan tetesan meningkat. Namun jika ukuran diameter terlalu kecil dapat menyebabkan sulitnya polimer untuk tertarik ke kolektor (Ramakrishna dkk, 2015).

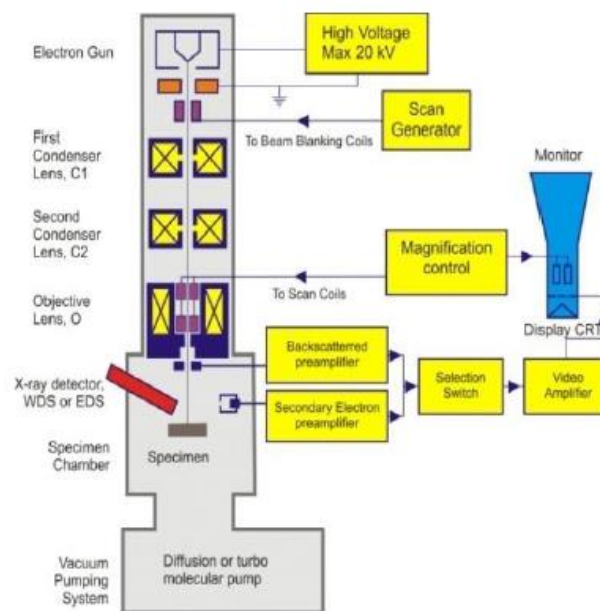
## 2.3 Scanning Electron Microscope (SEM)

*Scanning electron microscope* (SEM) merupakan mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan dari 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. SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri karena kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik serta kemampuan untuk mengetahui komposisi dan kristalografi. Adapun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi mengenai:

1. Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan tekstur seperti kekerasan, sifat memantulkan cahaya dan sebagainya.
2. Informasi Kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir didapati seperti konduktivitas dan sifat elektrik.
3. Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung dalam objek seperti titik lebur dan kereaktifan.
4. Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek yang diamati.

Prinsip kerja SEM bermula dari elektron yang dihasilkan oleh sebuah flamen pada *electron gun*. Pada umumnya *electron gun* yang digunakan adalah *tungsten hairpin gun* dengan *flamen* berupa lilitan *tungsten* yang berfungsi sebagai katoda.

Tegangan diberikan kepada lilitan yang menyebabkan penasan, sehingga anoda akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju anoda. Kemudian *electron beam* difokuskan ke suatu titik pada permukaan sampel dengan menggunakan dua buah *condenser lens*. *Condenser lens* kedua atau biasa disebut dengan lensa objektif akan memfokuskan *beam* dengan diameter yang sangat kecil yaitu berkisar 10-20 nm. Selanjutnya hamburan elektron baik *secondary electron* (SE) maupun *Back Scattered electron* (BSE) dari permukaan sampel akan dideteksi oleh detektor dan ditampilkan berupa bentuk gambar pada layar komputer. Skema diagram SEM dapat ditunjukkan pada (Gambar 2.5).



**Gambar 2.5** Skema diagram *scanning electron microscope* (SEM) (Sujatno dkk, 2015)

SEM mempunyai beberapa detektor yang berfungsi untuk menangkap hamburan elektron dan memberikan informasi yang berbeda-beda. Berikut merupakan detektor-detektor yang dimiliki SEM:

1. Detektor EXD yang berfungsi untuk mengetahui komposisi sampel pada skala mikro.
2. *Backscatter detector* yang berfungsi untuk mengetahui nomor atom dan topografi.
3. *Secondary detector* yang berfungsi untuk mengetahui topografi sampel.

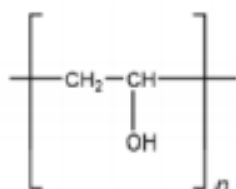
Terdapat sistem vakum pada *electron-optical column* dan *sample chamber* bertujuan untuk menghilangkan efek pergerakan elektron yang tidak beraturan karena adanya molekul gas pada lingkungan tersebut sehingga menyebabkan penurunan intensitas dan stabilitas. Selain itu, meminimalisasi gas yang dapat bereaksi dengan sampel sehingga menyebabkan penurunan kontras pada detail gambar. Untuk menghindari gangguan dari molekul udara terhadap berkas elektron, seluruh jalur elektron pada *electron-optical column* divakum hingga  $10^{-6}$  torr. Akan tetapi, kevakuman yang terlalu tinggi dapat menyebabkan sulitnya analisis pada spesimen berbahan non-konduktif seperti keramik dan oksida. Masalah tersebut dapat diatasi dengan pengoperasian SEM menggunakan vakum rendah (*low vacuum mode*). Dengan teknik pengoperasian *low vacuum*, kita dapat menganalisis bahan yang bersifat non konduktif. Tekanan vakum pada mode ini berkisar antara 30 hingga 70 Pa (Sujatno dkk, 2015).

#### **2.4 Polyvinyl Alcohol (PVA)**

*Polyvinyl alcohol* (PVA) merupakan suatu polimer dengan rumus kimia  $(C_3H_4OH)_x$  yang memiliki karakteristik tidak berwarna, tidak berbau, tidak memiliki rasa, tidak beracun, *biogradable*, mudah larut dalam air, sedikit larut didalam etanol akan tetapi dalam pelarut organik lainnya tidak dapat larut. Karena sifatnya yang tidak beracun dan *biogradable*, sehingga *polyvinyl alcohol* banyak digunakan di bidang medis. *Polyvinyl alcohol* memiliki fleksibilitas dan kuat tarik yang tinggi, akan tetapi tingkat kelembabannya dapat mempengaruhi fleksibilitas dan kuat tariknya. Semakin tinggi kelembabannya, maka kandungan air semakin tinggi akibatnya kekuatan tarik semakin menurun dan meningkatkan elongasi pada membrane *polyvinyl alcohol* (Tang dan Alavi, 2011).

*Polyvinyl alcohol* secara fungsinya berpotensi dalam proses kultur sel pembuluh darah serta sifatnya yang kompatibel secara hayati dan sesuai untuk pengembalian sel jaringan tubuh secara alami. Penggunaan *polyvinyl alcohol* untuk bidang medis khususnya untuk pembalut luka merupakan biomaterial yang unggul karena mempunyai permeabilitas oksigen yang baik, tidak bersifat imunogenik dan sifatnya yang mudah dijadikan film serta dengan mudah dapat

dilembabkan (Gessner dan Hawley, 1981). Sifat kimia *polyvinyl alcohol* memiliki titik leleh dengan titik suhu berkisar 180 - 190°C dengan tingkat hidrolisis 86% hingga 89% dan memiliki berat molekul antara 26.300 - 30.000 (Saxena, 2004). Struktur kimia dari *polyvinyl alcohol* dapat dilihat pada (Gambar 2.6).



**Gambar 2.6** Struktur kimia *polyvinyl alcohol* (Sugiyono dkk, 20)

*Polyvinyl alcohol* adalah polimer yang bergantung pada kelembaban. Sifat kelembaban *polyvinyl alcohol* yang tinggi, besar kemungkinan air yang diserap akan banyak bertindak sebagai *plasticizer* sehingga kekuatan tarik membran *polyvinyl alcohol* akan berkurang, akan tetapi elongasi dan kekuatan sobek justru akan semakin meningkat sehingga sangat cocok digunakan sebagai komposit sebagai media pembalut luka. Penelitian yang telah dilakukan (Subakti, 2015) membuktikan bahwa semakin tinggi konsentrasin *polyvinyl alcohol* maka membran yang dihasilkan akan semakin kaku dan memiliki sifat warna yang semakin pekat. Hal ini terjadi akibat *polyvinyl alcohol* yang terkandung dapat meningkatkan ikatan *hydrogel* antara *polyvinyl alcohol* dan filernya.

## 2.5 *Aloe Vera* (Lidah Buaya)

*Aloe vera* telah banyak dikenal dan digunakan selama berabad-abad oleh Yunani, Mesir, India, Meksiko, Jepang dan cina untuk tujuan pengobatan. Para ilmuan Yunani menganggap bahwa *aloe vera* digunakan sebagai universal obat mujarab. Referensi pertama tentang *aloe vera* diterjemahkan dalam bahasa Inggris oleh John Goodyew pada tahun 1655 dari *Medical treatise de material Medica* (risalah medis). Pada awal 1800-an, *aloe vera* (Gambar 2.7) digunakan sebagai pencakar di Amerika Serikat, tetapi di pertengahan tahun 1930, terjadi perubahan ketika *aloe vera* berhasil digunakan untuk mengobati radiasi kronis dan infeksi kulit parah.



**Gambar 2.7** Gel *aloe vera*

Aloe vera memiliki daun berdaging dengan tepi bergerigi, setiap daun terdiri dari tiga lapisan: 1) gel bening bagian dalam mengandung 99% air dan sisanya terdiri dari glukoma, asam amino, lipid sterol dan vitamin. 2) Lapisan tengah lateks yaitu getah kuning pahit yang mengandung antrakuinon dan glikosida. 3) lapisan tebal luar yang disut sebagai kulit terdiri dari 15-20 sel memiliki fungsi pelindung serta mensitetsis karbohidrat dan protein. Didalam kulitnya bundel pembuluh yang bertanggung jawab untuk pengangkutan zat seperti air (*xylem*) dan pati (*floem*) (Surjushe, 2008).

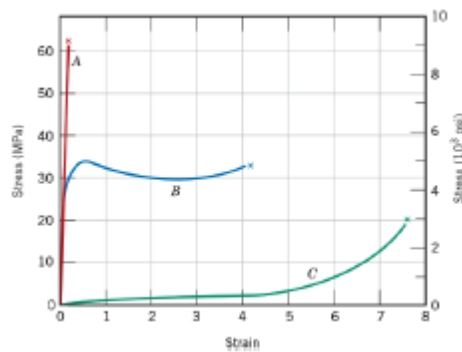
Gel *aloe vera* merupakan tanaman yang telah diteliti banyak komponen aktif secara fisiologis yang mempunyai sifat efektif untuk anti inflamasi, anti oksidan, efek *modulatory* kekebalan tubuh dan memperbaiki pertumbuhan jaringan serta diferensiasi kultur jaringan (Jithendra dkk, 2013). Aloe vera memiliki komponen aktif dan sifat-sifatnya seperti enzim, mineral, gula, lignin, saponin, asam salisilat dan asam amino. Terdapat 8 enzim yaitu: aliiase, alkaline, phosphatase, amylase, bradykinase, karboksipeptidase, katalase, selulase, lipase, dan peroksidase. Enzim brakdynase membantu mengurangi kelebihan peradangan ketika dioleskan pada kulit, sementara enzim lain membantu dalam dalam pemecahan lemak dan gula. Enzim mengandung vitamin A, C dan E yang merupakan antioksidan serta vitamin B12, asam folat dan kolin. Mineral menyediakan kalsium, kromium, tembaga, selenium, magnesium, mangan, kalium, natrium yang berperan penting sebagai system enzim di jalur metabolisme. Gula menyediakan monosakarida (glukosa dan fruktosa) serta polisakarida (glukomanan). Asam lemak menyediaka 4 steroid

nabati seperti kolesterol, campesterol, bsisosterol, dan lupeol yang semuanya memiliki anti aksi inflamasi.

## 2.6 Sifat Mekanik

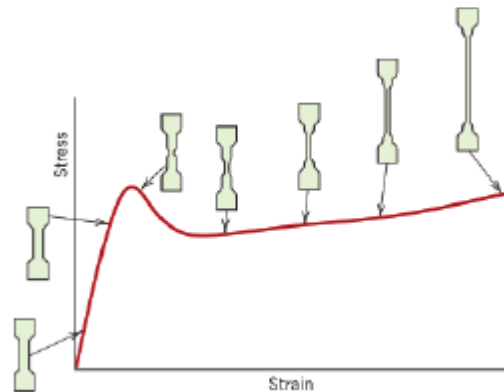
Polimer memiliki struktur berbeda sehingga perilaku mekanisnya tidak selalu sama dengan perilaku keramik nonsilikat atau logam. (Gambar 2.8) menunjukkan pola perilaku dari uji tarik dengan bahan polimer yang memiliki karakter dan sifat berbeda. Pada semua padatan, tegangan akan menimbulkan regangan elastis (deformasi elastis). Ketika ada tegangan, reganga elastis akan timbul, tetap konstan apabila teganganya juga konstan dan hilang jika tegangan juga hilang.

Deformasi elastis merupakan regangan yang dapat balik (*reversibel*) seperti pada (Gambar 2.9) Jika tegangan diberikan dalam bentuk tarik, material akan bertambah panjang, bila beban dihilangkan material tersebut akan kembali ke dimensi semula. Sebaliknya, jika material menerima penekanan, material akan menjadi lebih pendek.



**Gambar 2.8** Kurva tegangan-regangan polimer (a) getas (*brittle*), (b) plastis, (c) elastomer (*highly elastic*) (Sumaryono, 2012).

Untuk tegangan yang lebih tinggi terjadi pergeseran tetap dari atom-atom dalam suatu bahan selain regangan elastis. Regangan ini tidak mampu kembali saat beban atau tegangan dihilangkan, regangan ini disebut dengan regangan plastis. Pada pemakaian produk, deformasi plastis selalu dihindari sehingga desain dilandaskan pada tegangan-tegangan di daerah elastis (proporsional) (Sumaryono, 2012).



**Gambar 2.9** Grafik ilustrasi deformasi tegangan-regangan (Sumaryono, 2012).

Dalam pengujian tarik, ketika spesimen diberi beban, maka spesimen akan mengalami perpanjangan, sampai kemudian mengalami deformasi dan putus. Jika  $L_1$  adalah panjang awal atau mula-mula spesimen dan  $L_2$  merupakan panjang akhir spesimen setelah pembebanan, maka perpanjangan per satuan panjang ( $\epsilon$ ) adalah:

$$\epsilon = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \dots\dots\dots(2.1)$$

Perpanjangan per satuan panjang ini juga disebut regangan (*strain*). Dari *strain* bisa diketahui sifat mampu bentuk dari spesimen. Semakin besar regangan berarti kemampuan mampu bentuk dari spesimen semakin baik. Disamping itu spesimen juga menerima pembebanan ( $F$ ) per satuan luas ( $A$ ) atau yang disebut sebagai kuat tarik (tegangan) yang besarnya adalah:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Modulus elastisitas merupakan nilai dalam mengukur ketahanan material saat mengalami deformasi elastis ketika diberikan pembebanan pada spesimen. Modulus elastisitas dapat dicapai ketika nilai dari regangan ( $\epsilon$ ) dan kuat tarik bahan ( $\sigma$ ) telah didapat, berikut merupakan persamaan dari modulus elastisitas:

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

Pada pengujian tarik akan didapat diagram hubungan antara tegangan dan regangan. Dimana bentuk diagram yang didapat akan berbeda untuk setiap material. Kekuatan tarik ditunjukkan dengan nilai tegangan maksimum ( $S_{max}$ ).

