

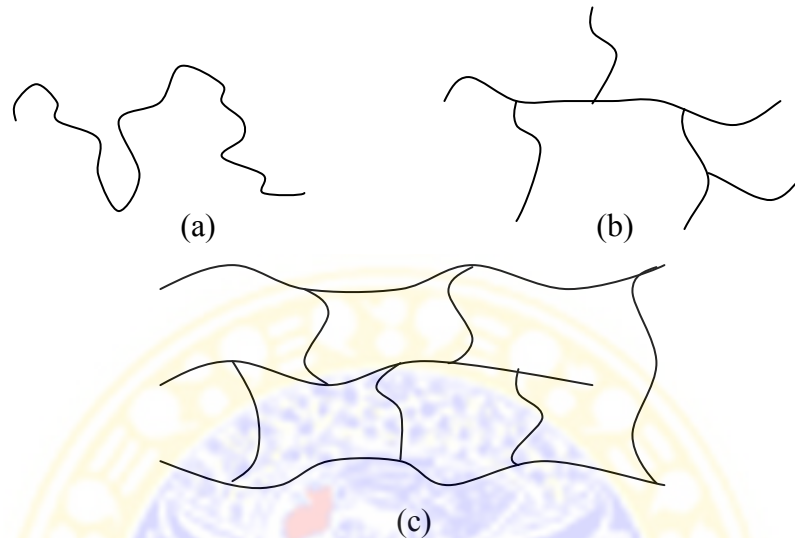
## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Polimer**

Plastik, serat, film dan sebagainya yang biasanya dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari mempunyai berat molekul diatas 10.000. Polimer adalah suatu molekul berukuran besar yang terdiri dari sejumlah unit pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana. Kesatuan-kesatuan berulang itu dinamakan monomer. Dibutuhkan ratusan, ribuan, bahkan lebih besar lagi molekul monomer untuk menjadi polimer (Cowd, 1991). Umumnya polimer dibangun oleh satuan struktur tersusun secara berulang diikat oleh gaya tarik-menarik yang disebut ikatan kovalen, Dimana ikatan setiap atom dari pasangan menyumbangkan satu elektron untuk membentuk sepasang elektron. Polimer dapat diklasifikasi berdasarkan sumber, sifat termal dan komposisinya. Menurut sumbernya, polimer dibedakan menjadi dua macam, yaitu polimer sintetik/buatan dan polimer alam. Beberapa contoh dari polimer sintetik adalah polietilen (PE), polimetilmetakrilat (PMMA), polivinil klorida (PVC), polistiren (PS), sedangkan contoh dari polimer alam adalah polisakarida, protein, pati, lignin dan selulosa. Menurut sifat termalnya, polimer dibedakan menjadi dua jenis, yaitu polimer termoplastik dan termoseting. Termoplastik mempunyai sifat melunak pada pemanasan sedangkan termoseting mempunyai sifat kaku dan tidak melunak pada pemanasan. Bila ditinjau dari komposisinya, polimer digolongkan dalam dua tipe, yaitu homopolimer dan kopolimer. Homopolimer tersusun dari satu jenis

monomer sedangkan kopolimer tersusun dari dua atau lebih monomer yang berbeda (Billmeyer, 1984).



Gambar 2.1 Bagan (a) rantai lurus melingkar secara acak,  
(b) rantai bercabang, dan  
(c) polimer jaringan

Sifat mekanik polimer bergantung pada berat molekul. Sifat mekanik polimer merupakan ukuran dari beberapa tegangan yang akan ditahan oleh suatu sampel sebelum sampel itu dirusak. Kekuatan tarik mengacu pada ketahanan polimer terhadap tarikan, kekuatan kompresif adalah kekuatan suatu sampel polimer bisa ditekan sebelum sampel tersebut dirusak. Ketahanan fleksur adalah ketahanan polimer terhadap patahan dan kekuatan impak adalah kekuatan polimer untuk menahan pukulan secara tiba-tiba.

## 2.2 Biopolimer

Biopolimer merupakan polimer yang berasal dari bahan alamiah. Selain itu, biopolimer juga dikenal sebagai polimer alami atau polimer hijau (*Green*

*Polimer*). Pati, protein, peptida, DNA dan RNA adalah contoh biopolimer. Biopolimer dapat terurai (degradasi) secara alamiah dan polimer jenis ini disebut sebagai polimer organik ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)).

Terdapat tiga kelompok biopolimer yaitu polimer campuran, polimer mikrobiologi dan polimer pertanian. Polimer campuran berasal dari campuran biopolimer dengan polimer sintetik. Polimer mikrobiologi dibuat dengan bantuan mikroba. Polimer pertanian diproduksi seluruhnya dari bahan pertanian sehingga dapat dimakan dan mudah rusak secara alamiah (Pudjiastuti dan supeni, 2005).

Biopolimer memiliki keuntungan antara lain aman dikonsumsi dan mudah rusak secara alamiah sehingga lebih ramah lingkungan, bersifat antioksidan, antimikroba, dapat membentuk penghalang O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, uap air dan aroma serta dapat diaplikasikan dengan cara dicelupkan, disemprotkan dan dibungkuskan. biopolimer memiliki karakteristik dan keuntungan yang berbeda-beda tergantung pada bahan bakunya (Purbaningrum, 2008).

### **2.3 Plastik Layak Santap**

Plastik layak santap merupakan biopolimer yang memiliki sifat dapat dikonsumsi oleh makhluk hidup. Plastik layak santap dibuat dari bahan alamiah seperti polisakarida, protein, poliestiren, lemak serta turunannya. Hal ini menyebabkan plastik layak santap cepat terdegradasi secara alami dan sangat efektif untuk menggantikan plastik konvensional dalam masa pakai yang pendek (Cowd, 1991).

Plastik layak santap telah lama digunakan untuk menjaga makanan serta dapat juga digunakan untuk menjaga penampilan. Beberapa contoh antara lain:

gula dan coklat digunakan sebagai pelapis permen, lapisan lemak untuk buah-buahan. Lemak dan minyak biasa digunakan untuk melindungi makanan. Lembaran plastik layak santap digunakan untuk mengontrol kualitas dan stabilitas dari makanan.

Plastik layak santap dapat dibuat dengan menggunakan bahan baku tapioka yang telah dimodifikasi. Modifikasi dilakukan dengan proses hidrolisis terhadap tapioka sebelum diproses menjadi plastik. Proses hidrolisis dilakukan dengan pemanasan pada suhu 40 °C menggunakan pelarut asetat atau amonia dengan perbandingan 50 gram pati tapioka dan 50 ml pelarut. Sedangkan komposisi plastik layak santap yang dibuat adalah 7,5 gram hasil pemanasan, 100 ml aquades, 45 ml etanol 96 % dan 1,2 ml gliserol. Secara umum plastik layak santap yang dihasilkan cukup stabil dengan ketebalan minimal 41,72  $\mu\text{m}$ , nilai kuat tarik antara 27,01 – 217,7  $\text{kgf/cm}^2$ , dan kemuluran antara 2,55 – 62,89 % (Pudjiastuti dan Supeni, 2005).

Plastik layak santap memiliki sifat khusus yang dibutuhkan sebagai bahan pengemas. Plastik harus tahan air agar dapat melindungi dan menutupi seluruh bagian produk serta tidak mengurangi kandungan oksigen atau menumpuk karbon dioksida. Dibutuhkan 1 – 3 % oksigen di sekitar produk. Selain itu plastik juga harus dapat mengurangi permeabilitas uap air, memperbaiki penampilan, mempertahankan kesatuan struktur, memperbaiki *mechanical handling properties*, mengandung anti oksidan (*active agent*), dan mempertahankan rasa produk.

Selain memiliki keuntungan, plastik layak santap juga memiliki beberapa kerugian sebagai bahan pengemas. Plastik layak santap tidak dapat digunakan

pada seluruh produk karena tidak cocok dengan jenis dan ketebalan plastik. Produk tidak dapat disimpan dalam suhu tinggi jika dikemas dengan plastik layak santap. Jika lembaran plastik terlalu tebal maka dapat menghalangi pertukaran gas sehingga menyebabkan menumpuknya etanol yang dapat merusak rasa produk. Sifat penghalang uap air harus sesuai agar tidak terjadi penyusutan dan menurunnya kadar air dari produk serta terbentuknya kondensasi uap air yang dapat menjadi media yang baik untuk pertumbuhan mikroba sedangkan sifat penghalang gas yang terlalu baik dapat menyebabkan terjadinya oksidasi anaerob (Purbaningrum, 2008).

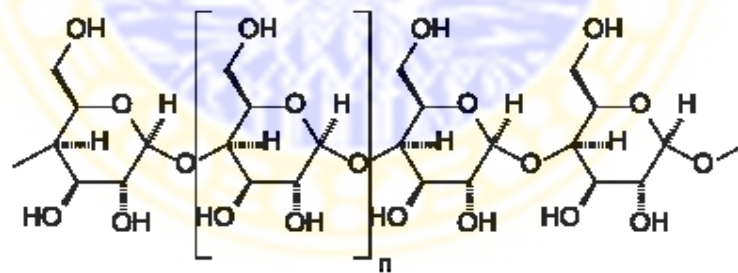
Pada umumnya plastik daur ulang mengalami penurunan sifat fisik dan mekanik sebagai akibat proses pelelehan pada waktu pengolahan menjadi barang jadi. Sifat mekanik dari plastik dapat diperbaiki dengan cara menambah zat adiktif yang berupa serat untuk meningkatkan kualitas (Wisojodharmo, 2005).

#### **2.4 Pati Tapioka**

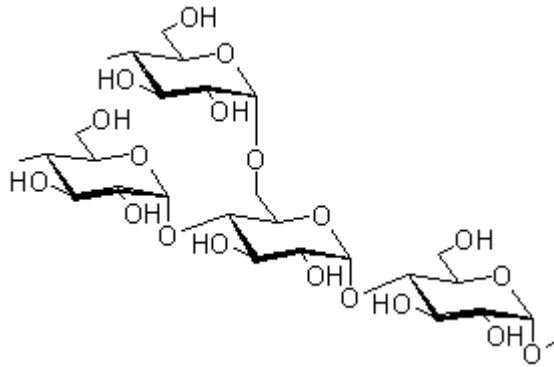
Pati adalah polimer alam yang berasal dari senyawa kompleks atau polisakarida  $(C_6H_{10}O_5)_x$ . Polisakarida merupakan bentuk simpanan utama dari karbohidrat pada tanaman. Senyawa ini sangat banyak ditemukan di alam terutama dalam biji-bijian, buah-buahan, umbi batang, akar dan ranting. Dalam ekstraksi bahan tumbuhan dihancurkan bersama-sama air dan bubur yang dihasilkan disaring untuk memisahkan jaringan kasarnya sehingga sisanya berupa suspensi tepung pati. Tepung pati kemudian dikumpulkan dengan jalan memusing filtrat tersebut (Iswarasari, 2006).

Pati merupakan simpanan energi tanaman terbesar dalam bentuk glukosa. Pati memiliki dua polimer utama dengan struktur dan massa relatif yang berbeda yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa yang menyusun pati dari 10 – 20 % bagian yang dapat larut dalam air panas, sedangkan amilopektin sekitar 80 – 90 % yang tidak dapat larut dalam air panas (gambar 2.2).

Amilosa dibentuk dari kesatuan glukosa yang bergantung melalui ikatan  $\alpha$ -D glukosa. Pada amilosa terdapat 250 satuan glukosa atau lebih per molekul amilosa rantai panjangnya dapat dikacaukan oleh amilosa alamiah terdegradasi menjadi rantai yang lebih kecil selama pemisahan. Adapun amilopektin mengandung 1000 satuan glukosa atau lebih per molekul amilopektin, rantai untuk amilopektin 1,4  $\alpha$ -D glukosa. Amilopektin bercabang sehingga terdapat satu glukosa ujung sekitar 25 satuan glukosa (gambar 2.3).



Gambar 2.2. Struktur Amilosa



Gambar 2.3. Struktur Amilopektin

Pati berupa serbuk halus yang tidak beraturan, yang terdiri dari butiran poligon, bulat, atau steroid dengan diameter tiga sampai limabelas mikron. Butiran pati ini umumnya memiliki belahan pusat yang melingkar ke berbagai arah, tidak berbau dengan rasa yang tidak khas.

## 2.5 Nanas

Nanas merupakan tanaman buah berupa semak yang memiliki nama ilmiah *Ananas comosus*. Memiliki nama daerah das (Sunda) dan neneh (Sumatera). Dalam bahasa Inggris disebut *pineapple* dan orang-orang Spanyol menyebutnya Pina. Nanas berasal dari Brasilia (Amerika Selatan) yang telah di domestikasi disana sebelum masa Colombus. Pada abad ke-16 orang Spanyol membawa nanas ke Filipina dan Semenanjung Malaysia, masuk ke Indonesia pada abad ke-15. Nanas di Indonesia pada mulanya hanya sebagai tanaman pekarangan, dan meluas dikebunkan di lahan kering (tegalan) di seluruh wilayah nusantara. Tanaman nanas dapat dipelihara di daerah tropik dan subtropik (Nur hidayat, 2008). Nanas dapat hidup dengan kawasan curah hujan antara 300mm – 500 mm pertahun sehingga dapat bertahan walaupun pada musim kemarau. Tanah yang sesuai untuk pertumbuhan nanas adalah yang mempunyai pH 4,5 –

6,5. Suhu yang sesuai untuk pertumbuhan optimum tumbuhan nanas adalah 30<sup>0</sup>C (<http://www.uga.edu>).

Berikut ini Klasifikasi nanas (*Ananas comosus*) adalah :

- Kingdom : *Plantae* (tumbuh-tumbuhan)
- Divisi : *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji)
- Kelas : *Angiospermae* (berbiji tertutup)
- Ordo : *Farinosae* (Bromeliales)
- Famili : *Bromiliaceae*
- Genus : *Ananas*
- Species : *Ananas comosus* (L) Merr

Bagian utama yang paling bernilai ekonomi dari tanaman nanas adalah buahnya. Buah nanas dapat diolah menjadi berbagai macam makanan dan minuman, serta bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Selain itu, tanaman ini juga mempunyai kandungan selulosa cukup tinggi terutama pada bagian daunnya sekitar 81% (<http://www.tifac.org>). Berdasarkan bentuk daun dan buah dikenal 4 jenis golongan nanas, yaitu : *cayene* (daun halus, tidak berduri, buah besar), *Queen* (daun pendek, berduri tajam, buah lonjong mirip kerucut), *spanyol/spanish* (daun panjang kecil, berduri halus sampai kasar, buah bulat dengan mata datar) dan *abacaxi* (daun panjang berduri kasar, buah silindris atau seperti piramida). Varietas nanas yang sering ditanam di Indonesia adalah golongan *cayene* dan *Queen* dan yang dikategorikan unggul adalah nanas Bogor, Subang dan Palembang (<http://www.rusnasbuah.or.id>). Tumbuhan nanas memiliki kandungan serat yang tinggi pada bagian daun.



Kandungan serat dan sifat mekanik daun nanas dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kandungan serat dan sifat mekanik daun nanas (*Ananas comosus*)

Kandungan serat dan sifat fisik	Jumlah
1) Berat jenis	1.44
2) Selulosa (%)	81
3) Lignin (%)	12
4) <i>Elastic Modulus</i> (GN/m <sup>2</sup> )	34 – 82
5) Pemanjangan (%)	0.8 – 1.6

Sumber : <http://www.tifac.org.in/news/jute.htm>

## 2.6 Pulp

Secara umum pulp dikenal sebagai bubur selulosa. Tujuan utama pembuatan pulp adalah melepaskan serat-serat atau isolasi selulosa. Pulp dapat diproduksi dari serat kayu maupun tumbuhan berserat lain (sjostrom, E., 1995).

Setelah terbentuk pulp selanjutnya dilakukan pemutihan pulp. Proses pemutihan pulp bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa lignin yang masih terdapat pada pulp, metode yang digunakan antara lain metode konvensional menggunakan zat kimia, *biobleaching* dan *organosolvent*. Metode konvensional merupakan proses pemutihan pulp menggunakan zat kimia seperti gas klorin, kalsium hipoklorit, natrium hidroksida, klorin dioksida, hidrogen peroksida dan natrium peroksida. Bahan kimia pemutih seperti hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dan natrium peroksida (Na<sub>2</sub>O) atau campuran keduanya banyak digunakan dengan media alkali pada pH 10-11. Pemutihan pulp menggunakan hidrogen peroksida

merupakan bahan oksidatif paling baik dan banyak digunakan di industri. Keuntungan menggunakan peroksida adalah menghasilkan tingkat putih yang tinggi, biaya produksi hemat, mengantisipasi penurunan rendemen, warna pulp lebih stabil karena serat dapat mempertahankan sekitar 1/10 bagian peroksida yang terpakai (Stuart, 1996).

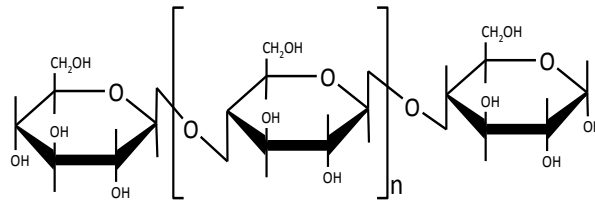
Metode *biobleaching* adalah metode pemutihan pulp tanpa menggunakan bahan kimia. Metode pemutihan ini menggunakan enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Metode ini diterapkan untuk mengurangi kebutuhan energi dan untuk meningkatkan kekuatan dari kertas yang dihasilkan. Keunggulan metode ini adalah dapat mengurangi penggunaan bahan kimia yang dapat menyebabkan polusi bagi lingkungan, meningkatkan jumlah produksi (Takur, 2006).

*Organosolvent pulping* adalah metode pemutihan pulp menggunakan pelarut organik berair seperti etanol dan metanol untuk menghilangkan lignin. Keunggulannya dibandingkan metode *bleaching* konvensional membutuhkan zat kimia yang relatif rendah, membutuhkan energi yang relatif rendah dan sedikit dampaknya bagi lingkungan (Takur, 2006).

## 2.7 Selulosa

Selulosa merupakan salah satu dari komponen utama dinding sel yang penting untuk kekuatan struktur tanaman (Sjostrom, E., 1995). Selulosa mempunyai rumus kimia  $(C_6H_{10}O_5)_n$  dengan n derajat polimerisasi antara 500 – 10000. Polimer selulosa berbentuk linier dengan berat molekul bervariasi antara 50.000 sampai 2,5 juta. Selulosa merupakan homopolisakarida yang tersusun atas unit-unit  $\beta$  – d –glukopiranosida yang terikat satu sama lain dengan ikatan-ikatan

glikosida 1,4 seperti ditunjukkan oleh (Gambar 2.4), (sjostrom, E., 1995 dan Fessenden, 1992).



Gambar 2.4 Selulosa

Pada rantai selulosa gugus hidroksi (-OH) dapat membentuk suatu ikatan hidrogen intramolekuler maupun intermolekuler yaitu ikatan yang berbentuk antrara satu atom dengan dua atom yang lebih elektronegatif. Ikatan hidrogen intramolekuler hidrogen terjadi antara gugus -OH dari unit-unit glukosa dalam satu rangkai selulosa yang menyebabkan kekuatan pada selulosa. Ikatan hidrogen intermolekuler terjadi antara gugus-gugus -OH dari molekul selulosa yang berdampingan yang menyebabkan pembentukan supramolekul (Fengel, D., 1995).

Morfologi selulosa mempunyai pengaruh yang besar terhadap reaktifitasnya. Gugus hidroksi yang terdapat dalam daerah amorf sangat mudah bereaksi karena strukturnya acak sehingga mudah bereaksi dan dicapai oleh pelarut. Gugus hidroksi yang terdapat pada daerah kristalin memiliki berkas rapat dan ikatan antar rantai yang kuat, sehingga sangat kecil untuk bereaksi dan dicapai oleh pelarut. Daerah kristalin adalah daerah yang terbentuk dengan susunan rantai yang sangat teratur. Sedangkan daerah yang kurang teratur disebut daerah amorf (sjostrom, E., 1995).

Selulosa mempunyai sifat fisik yang kuat dengan struktur kristal yang stabil

Dan titik leleh yang tinggi. Adanya sifat tersebut menyebabkan selulosa tidak mudah dilelehkan dan tidak larut dalam air. Selulosa hanya dapat larut dengan pelarut yang mampu membentuk ikatan hidrogen dengan selulosa. Adanya ikatan hidrogen dengan pelarut tersebut menyebabkan molekul selulosa mengalami pengembangan. Kemampuan mengembang akan semakin meningkat jika ikatan hidrogen yang terbentuk antara selulosa dengan pelarut semakin kuat (sjostrom, E., 1995).

## **2.8 Selulosa Asetat**

Selulosa asetat adalah salah satu selulosa asetat hasil proses asetilasi, proses asetilasi merupakan proses penambahan gugus asetil pada suatu senyawa melalui tahapan-tahapan reaksi tertentu (Mulder, M, 1996), kualitas bahan dasar selulosa sangat penting untuk proses asetilasi selulosa menjadi selulosa asetat. (sjostrom, E., 1995).

Selulosa asetat dapat digolongkan menjadi tiga yaitu selulosa monoasetat, selulosa diasetat dan selulosa triasetat. Selulosa triasetat adalah selulosa asetat dengan tiga gugus asetil tersubstitusi pada struktur selulosa. Sedangkan selulosa diasetat adalah selulosa asetat dengan dua gugus asetil tersubstitusi pada struktur selulosa. Selulosa monoasetat adalah selulosa asetat dengan satu gugus asetil tersubstitusi pada struktur selulosa (sjostrom, E., 1995).

Tabel 2.2 Penggolongan selulosa asetat

Selulosa	Kadar asetil %	Derajat subtitusi	Pelarut	penggunaan
Monoasetat	13,0-18,6	0,6-0,9	Air	-
	22,2-32,2	1,2-1,8	2-metoksiatonal	Plastik, cat, laker
Diasetat	36,5-42,2	2,2-2,7	Aseton	Benang, film
Triasetat	43,6-44,8	2,8-3,0	kloroform	Kain, pembungkus

Sumber : Frengel, D., 1995.

Pembuatan selulosa asetat standar digunakan bahan dasar kapas, kapas merupakan bahan dasar yang memenuhi persyaratan kualitas yang tinggi karena memiliki kandungan selulosa yang hampir murni. Pada proses asetilasi selulosa di reaksikan dengan asam asetat glasial sebagai pelarut, asetat anhibrida berlebih dan asam sulfat sebagai katalisator. Reaksi diakhiri saat selulosa asetat yang terbentuk terlarut sempurna. Selulosa asetat yang larut sempurna pada proses asetilasi disebut selulosa triasetat. Selulosa diasetat maupun selulosa monoasetat dapat diperoleh dari hasil hidrolisis selulosa triasetat dengan menaikkan suhu dan pengaturan asam asetat encer. (Frengel, D., 1995)

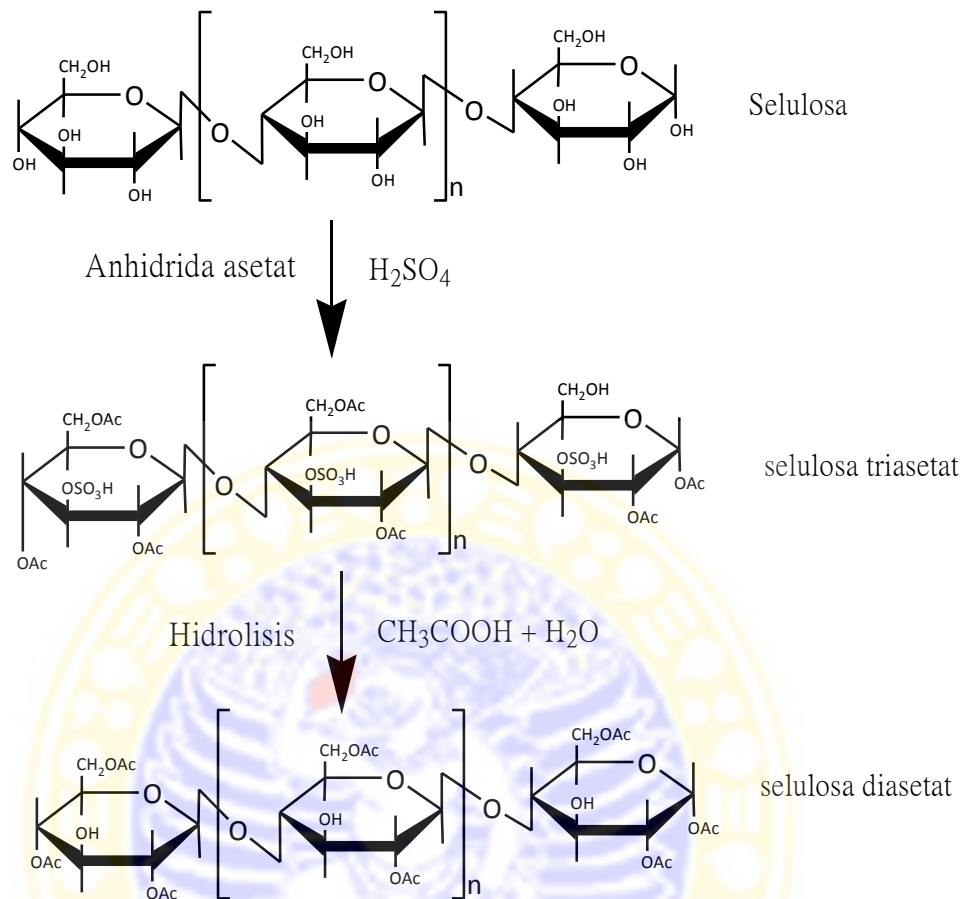
## 2.9 Selulosa Diasetat

Selulosa diasetat merupakan selulosa ester dengan dua gugus asetil tersubstitusi pada struktur selulosa melalui proses asetilasi. Selulosa diasetat dapat disintesis dari bahan dasar selulosa (Fessenden, 1992). Proses asetilasi selulosa dapat dilakukan dalam tiga tahap yaitu tahap penggembungan, tahap asetilasi dan tahap hidrolisis (sjostrom, E., 1995 dan Carl, J.M., 1997). Tahap

penggembungan yaitu pulp selulosa direaksikan dengan pelarut sebagai bahan penggembung (*swelling agent*). Prinsip penggembungan yaitu penetrasi molekul penggembung (pelarut) kedalam struktur polimer (selulosa). Tingkat penggembungan tergantung pada pelarut maupun sifat alami sampel selulosa. Pada penelitian ini digunakan asam asetat glasial sebagai bahan penggembung. Selain berfungsi menggembungkan, asam asetat glasial juga dapat menaikkan reaktivitas serat-serat maupun menurunkan derajat polimerisasi hingga ketinggian yang sesuai (Carl, J.M., 1997).

Tahap asetilasi menggunakan asetat anhidrida dan katalis asam sulfat pada media asam asetat agar terjadi reaksi asetilasi pada selulosa. Setelah asetilasi sempurna dihasilkan larutan selulosa triasetat. Selulosa triasetat ini terdeasetilasi atau terhidrolisis sebagian dalam larutan asam asetat berair untuk memperoleh selulosa diasetat dengan derajat substitusi rendah sekitar 2,2 – 2,7, kadar asetil 36,5% - 42,2% dan larutan dalam aseton (sjostrom, E., 1995 dan Fengel, D., 1995).

Asetilasi selulosa asetat yang dikatalis dengan asam berlangsung melalui mekanisme reaksi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5



Reaksi diawali dengan terjadinya protonasi asetat anhidrida oleh asam sulfat. Gugus hidroksi selulosa yang bersifat nukleofil akan menyerang asetat anhidrida sehingga terbentuk selulosa triasetat. Selulosa triasetat ini akan terhidrolisis salah satu gugus asetilnya menjadi selulosa diasetat dan asam asetat (sjostrom, E., 1995).

## 2.10 Sifat mekanik polimer

### 2.10.1 sifat mekanik

Kebanyakan material mengalami tegangan beserta deformasinya selama pemrosesan dan penggunaan. Uji mekanis penting dilakukan untuk mengetahui sejauh mana ketangguhan bahan material yang dibuat dapat diaplikasikan. Kuat tarik (*tensile strength*) dan kemuluran (*elongation*) merupakan parameter sifat-sifat mekanis suatu material.

Prinsip kuat tarik (*tensile strength*) adalah menghitung besarnya beban tarik maksimum per satuan luas sedangkan kemuluran (*elongation*) adalah besarnya pertambahan panjang yang diakibatkan oleh beban tarikan pada saat putus. Kekuatan tarik merupakan kekuatan tegangan maksimum bahan untuk menahan tegangan yang diberikan, yaitu :

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

$\sigma$  adalah kuat tarik (*tensile strength*), F adalah beban ( $\text{Nm}^{-2}$ ), dan A adalah luas penampang ( $\text{m}^2$ ). Kecepatan penarikan yang digunakan pada semua sampel adalah sama, sehingga tidak mempengaruhi nilai kuat tarik yang dihasilkan.

Sedangkan elongasi adalah regangan plastis linear yang menyertai perpatahan, yaitu:

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dengan  $\varepsilon$  adalah kemuluran (%),  $L_0$  adalah panjang awal (cm) dan  $L_1$  adalah panjang akhir (cm). Besarnya elongasi menentukan keelastisan atau keuletan



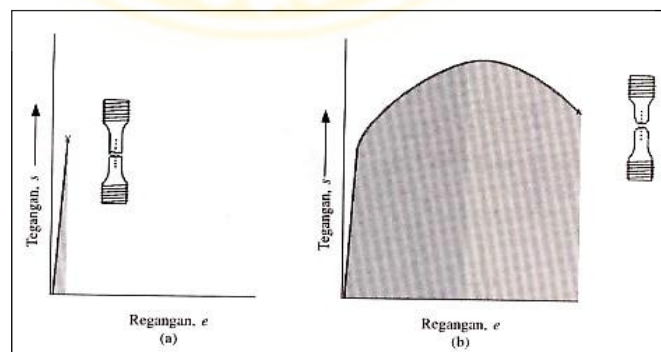
(*ductility*) suatu material. Bila nilainya mendekati nol maka material tersebut merupakan material yang rapuh (Van Vlack, 2004).

Secara fisis, kondisi eksternal yang sesungguhnya pada kemuluran (elongasi) bergantung pada perubahan suhu. Jika diketahui  $L = L_0(1 + \alpha\Delta t)$ , maka persamaan 2.2 akan menjadi:

$$\varepsilon = \alpha\Delta t$$

Dengan  $\alpha$  adalah koefisien muai panjang dan  $\Delta t$  adalah perubahan suhu. Nilai kemuluran berbanding lurus dengan koefisien muai panjang dan kenaikan suhunya.

Pengujian tarik adalah pengujian untuk menentukan sifat bahan. Pengujian tarik biasanya dilakukan pada spesimen atau batang uji standart. Bahan yang akan diuji tarik mula – mula dibuat menjadi batang uji dengan bentuk sesuai dengan standart. Pengujian tarik bersifat merusak. Hal ini terjadi karena setelah bahan dibentuk menjadi bahan uji kemudian pengujian tarik dilakukan akan menimbulkan kerusakan atau patah dalam proses. Bila batang uji telah dipilih dan disiapkan maka hasil pengujian mewakili sifat keseluruhan bahan (Tipler, 1991).



Gambar 2.6 Perpatahan (a) rapuh; (b) ulet

Secara umum perpatahan digolongkan menjadi dua macam yaitu perpatahan rapuh dan perpatahan ulet. Perpatahan rapuh melibatkan sedikit atau tanpa deformasi plastis sehingga memerlukan sedikit energi untuk mematahkan material tersebut misalnya gelas, polistirena, dan beberapa besi tuang (Van Vlack, 2004). Besarnya energi yang dibutuhkan sama dengan luasan di bawah kurva  $s - e$  (gambar 2.6). Sebaliknya, material yang tangguh seperti karet atau baja memerlukan energi yang besar dalam proses perpatahan karena membutuhkan banyak energi tambahan untuk mendeformasi material secara plastis di sekitar garis patahan.

#### 2.10.2 Identifikasi Gugus

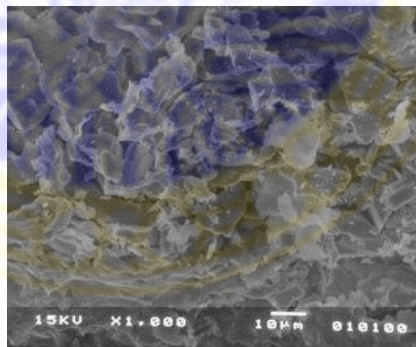
Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR) merupakan alat uji kimia-fisik untuk melakukan analisis kualitatif dan kuantitatif terhadap gugus fungsional senyawa organik ataupun anorganik berdasarkan absorpsinya terhadap sinar inframerah (Mariana, 2007). Pada FT-IR digunakan suatu Interferometer Michelson yang diletakkan di depan monokromator. Interferometer akan memberikan sinyal ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi molekul. Informasi ini oleh detektor ditransformasikan dengan bantuan komputer mejadi spektra (Juwono, 1996). FT-IR dapat digunakan untuk menganalisis hampir semua senyawa organik termasuk polimer.

Spektroskopi FT-IR merupakan salah satu teknik identifikasi penentuan struktur molekul. Secara kualitatif, spektrometer FT-IR dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang ada dalam struktur molekul yakni berupa munculnya puncak-puncak baru atau hilangnya puncak-puncak tertentu. Pada

tiap-tiap senyawa, hasil absorpsi tersebut akan menghasilkan puncak-puncak spektrum karakteristik yang digambarkan sebagai kurva transmitansi (%) vs bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ).

### 2.10.3 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

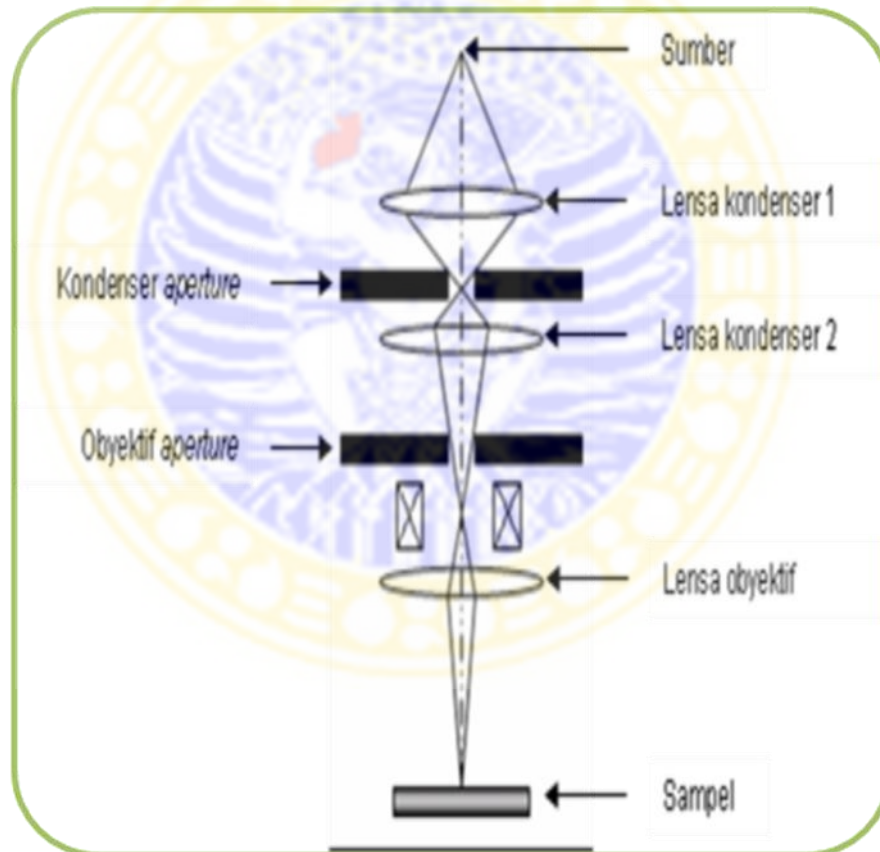
SEM merupakan metoda karakterisasi struktur pori pada membran. Selain itu, SEM juga dapat mengetahui distribusi pori, geometri pori, ukuran pori, dan porositas pada permukaan (Mulder, 1996). Prinsip SEM secara garis besar, yaitu seberkas elektron dengan energi kinetik 1-25 kv ditembakkan pada sampel. Elektron yang ditembakkan disebut sebagai elektron primer (energi tinggi), dan yang dipantulkan adalah elektron sekunder (energi rendah). Elektron sekunder tidak dipantulkan tapi disebarkan oleh atom pada permukaan dan membentuk gambaran pada layar atau mikrograf (Mulder, 1996).



Gambar 2.7 Contoh Hasil Uji SEM pada Komposit



Gambar 2.8 Alat Uji SEM



Skema prinsip kerja SEM