

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Polimer**

Polimer adalah suatu molekul raksasa (*makromolekul*) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia disebut polimer (*poly* = banyak; *mer* = bagian). Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu unit molekul yang kecil (*monomer*), saling berikatan dalam suatu rantai. Jenis-jenis monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda. Sifat-sifat polimer berbeda dari monomer-monomer yang menyusunnya.

Polimer merupakan senyawa-senyawa yang tersusun dari molekul sangat besar yang terbentuk oleh penggabungan berulang dari banyak molekul kecil. Molekul yang kecil disebut monomer, dapat terdiri dari satu jenis maupun beberapa jenis. Polimer adalah sebuah molekul panjang yang mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen yang terbentuk melalui proses polimerisasi dimana molekul monomer bereaksi bersama-sama secara kimiawi untuk membentuk suatu rantai linier atau jaringan tiga dimensi dari rantai polimer. Polimer didefinisikan sebagai makromolekul yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana yang setara dengan monomer, yaitu bahan pembuat polimer.

#### **2.1.1 Penggolongan Polimer**

Penggolongan polimer berdasarkan asalnya, yaitu yang berasal dari alam (polimer alam) dan di polimer yang sengaja dibuat oleh manusia (polimer sintetis)

##### **2.1.1.1 Polimer Alam**

Polimer alam telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu. Polimer alam adalah senyawa yang dihasilkan dari proses metabolisme makhluk hidup. jumlahnya yang terbatas dan sifat polimer alam yang kurang stabil, mudah menyerap air, tidak stabil karena pemanasan dan sukar dibentuk menyebabkan

penggunaannya amat terbatas. Contoh sederhana polimer alam seperti Amilum dalam beras, jagung dan kentang, pati, Selulosa dalam kayu, protein terdapat dalam daging dan karet alam diperoleh dari getah atau lateks pohon karet.

Protein, DNA, kitin pada kerangka luar serangga, wool, jaring laba-laba, sutera dan kepompong ngengat, adalah polimer-polimer yang disintesis secara alami. Serat-serat selulosa yang kuat menyebabkan batang pohon menjadi kuat dan tegar untuk tumbuh dengan tinggi seratus kaki dibentuk dari monomer-monomer glukosa, yang berupa padatan kristalin yang berasa manis. Polimer alam dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

**Tabel 1**  
**Contoh dari jenis-jenis polimer alam**

Polimer	Monomer	Polimerisasi	Contoh
Pati/amilum	Glukosa	Kondensasi	Biji-bijian, akar umbi
Selulosa	Glukosa	Kondensasi	Sayur, Kayu, Kapas
Protein	Asam amino	Kondensasi	Susu, daging, telur, wol, sutera
Asam nukleat	Nukleotida	Kondensasi	Molekul DNA dan RNA (sel)
Karet alam	Isoprena	Adisi	Getah pohon karet

Sumber: Anggunchemistry.blogspot.com, 2011

### 2.1.1.2 Polimer Sintetis

Polimer buatan dapat berupa polimer regenerasi dan polimer sintetis. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintetis yang dibuat dari kayu (selulosa). Polimer sintetis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik atau polimer yang dibuat dari bahan baku kimia disebut polimer sintetis seperti polyetena, polipropilena, poly vinyl chlorida (PVC), dan nylon. Kebanyakan polimer ini sebagai plastik yang digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk rumah tangga, industri, atau mainan anak-anak.

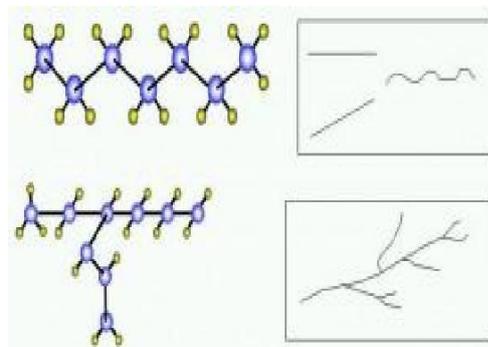
Polimer sintetis yang pertama kali yang dikenal adalah *bakelit* yaitu hasil kondensasi fenol dengan formaldehida, yang ditemukan oleh kimiawan kelahiran Belgia Leo Baekeland pada tahun 1907. Bakelit merupakan salah satu jenis dari produk-produk konsumsi yang dipakai secara luas. Beberapa contoh polimer yang dibuat oleh pabrik adalah nylon dan poliester, kantong plastik dan botol,

pita karet, dan masih banyak produk lain yang ada pada kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan sifatnya terhadap panas, polimer dapat dibedakan atas polimer termoplastik (tidak tahan panas, seperti plastik) dan polimer termoseting (tahan panas, seperti melamin). Klasifikasi polimer ini dibedakan menjadi dua, yaitu polimer termoplastik dan polimer termoseting.

#### a. Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. Bentuk struktur termoplastik dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut :



Sumber: *Anggunchemistry.blogspot.com, 2014*

**Gambar 1. Bentuk struktur bercabang termoplastik**

Polimer termoplastik memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut.

- a. Berat molekul kecil
- b. Tidak tahan terhadap panas.
- c. Jika dipanaskan akan melunak.

- d. Jika didinginkan akan mengeras.
- e. Mudah untuk diregangkan.
- f. Fleksibel.
- g. Titik leleh rendah.
- h. Dapat dibentuk ulang (daur ulang).
- i. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai.
- j. Memiliki struktur molekul linear/bercabang.

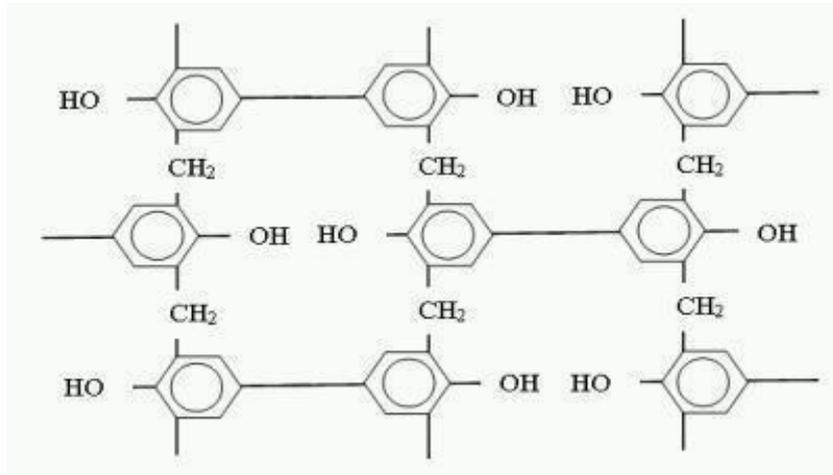
Contoh plastik termoplastik sebagai berikut.

1. Polietilena (PE) = Botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.
2. Polivinilklorida (PVC) = pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan dan botol detergen.
3. Polipropena (PP) = karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil, dan permadani.
4. Polistirena = Insulator, sol sepatu, penggaris, gantungan baju.

#### b. Polimer Termoseting

Polimer termoseting adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh. Sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Bila polimer ini rusak/pecah, maka tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi. Polimer termoseting memiliki ikatan – ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer ini, maka semakin kaku dan mudah patah. Bila polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, maka akan menyebabkan rusak atau lepasnya ikatan silang antar rantai polimer.

Bentuk struktur ikatan silang dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut:



Sumber: *Anggunchemistry.blogspot.com, 2014*

**Gambar 2. Bentuk struktur ikatan silang polimer termoseting**

Sifat polimer termoseting sebagai berikut.

- Keras dan kaku (tidak fleksibel)
- Jika dipanaskan akan mengeras.
- Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang).
- Tidak dapat larut dalam pelarut apapun.
- Jika dipanaskan akan meleleh.
- Tahan terhadap asam basa.
- Mempunyai ikatan silang antarrantai molekul.

Dari klasifikasi polimer yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat dilihat beberapa perbedaan dari polimer termoplastik dan polimer termoseting pada tabel 2 sebagai berikut:

**Tabel 2**  
**Perbedaan Polimer Termoplastik dan Termoseting**

Polimer Termoplas	Polimer Termoset
Mudah diregangkan	Keras dan Rigid
Fleksibel	Tidak Fleksibel
Tidak leleh rendah	Tidak meleleh jika dipanaskan
Dapat dibentuk ulang	Tidak dapat dibentuk ulang

Sumber: *Anggunchemistry.blogspot.com, 2014*

## 2.2 Plastik

Plastik adalah polimer rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau *monomer*. Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, *chlorine* atau belerang di tulang belakang. Tulang-belakang adalah bagian dari rantai di jalur utama yang menghubungkan unit monomer menjadi kesatuan. Untuk mengeset properti plastik grup molekuler berlainan bergantung dari tulang-belakang (biasanya digantung sebagai bagian dari monomer sebelum menyambungkan monomer bersama untuk membentuk rantai polimer).

Plastik merupakan material yang baru secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 150 juta ton/tahun pada tahun 1990-an dan 220 juta ton/tahun pada tahun 2005. Saat ini penggunaan material plastik di negara-negara Eropa Barat mencapai 60 kg/orang/tahun, di Amerika Serikat mencapai 80 kg/orang/tahun, sementara di India hanya 2 kg/orang/tahun.

Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami (seperti: permen karet) sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia (seperti: karet alami) dan akhirnya ke molekul buatan-manusia (seperti: *epoxy*, *polyvinylchloride*, *polyethylene*).

Sifat-sifat plastik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini :

**Tabel 3**  
**Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI 7818**

No.	Karakteristik	Nilai
1.	Kuat tarik (MPa)	24,7-302
2.	Persen elongasi (%)	21-220
3.	Hidrofobisitas (%)	99

Sumber: Darni dan Herti (2010)

### 2.2.1 Jenis plastik

Plastik dibagi menjadi dua klasifikasi utama berdasarkan pertimbangan-pertimbangan ekonomis dan kegunaannya: plastik komoditi dan plastik teknik. Plastik- plastik komoditi dicirikan oleh volumenya yang tinggi dan harga yang murah. Plastik ini bisa diperbandingkan dengan baja dan aluminium dalam industri logam. Mereka sering dipakai dalam bentuk barang yang bersifat pakai-buang (*disposable*) seperti lapisan pengemas, namun ditemukan juga pemakaiannya dalam barang-barang yang tahan lama. Plastik teknik lebih mahal harganya dan volumenya lebih rendah, tetapi memiliki sifat mekanik yang unggul dan daya tahan yang lebih baik. Mereka bersaing dengan logam, keramik dan gelas dalam berbagai aplikasi.

Plastik komoditi pada prinsipnya terdiri dari empat jenis polimer utama: polietilena, polipropilena, polivinil klorida dan polistirena. Polietilena dibagi menjadi produk massa jenis rendah ( $<0,94 \text{ g/cm}^3$ ) dan produk masa jenis tinggi ( $>0,94 \text{ g/cm}^3$ ). Polietilena massa jenis tinggi secara essensial merupakan polimer linier dan polietilena massa jenis rendah bercabang). Plastik-plastik komoditi mewakili sekitar 90% dari seluruh produksi termoplastik, dan sisanya terbagi diantara kopolimer stirena-butadiena, kopolimer akrilonitril-butadiena-stirena (ABS), poliamida dan polyester. Plastik-plastik teknik yang utama diperlihatkan pada tabel plastik-plastik teknik yang utama, secara alfabetis bersama-sama dengan bab-bab yang membahasnya. Konsumsi plastik teknik dunia hingga akhir 80-an mencapai kira-kira  $1,5 \times 10^9 \text{ kg/tahun}$ , diantaranya poliamida, polikarbonat, asetal, poli (fenilena oksida), dan polyester mewakili 99% dari pemasaran. Yang tidak diperlihatkan adalah bahan-bahan berkualitas teknik dari kopolimer akrilonitril-butadiena-stirena, berbagai polimer terflourinasi, dan sejumlah kopolimer dan paduan polimer yang meningkat jumlahnya.

Hampir semua plastik yang telah disebutkan sejauh ini merupakan termoplastik. Tabel plastik-plastik termoset utama memperlihatkan plastik-plastik termoset yang penting dengan urutan menurunnya konsumsi. Diantara plastik-plastik ini, hanya beberapa fenol-formaldehida dan urea-formaldehida dan

polyester-poliester tak jenuh menduduki sekitar 90% dari seluruh produksi.

Perbandingan produksi antar termoplastik dengan *thermoset* kira-kira 6:1. Tipe-tipe plastik komoditi, plastik teknik, dan plastik *thermoset* disajikan pada tabel 4,5 dan 6 sebagai berikut :

**Tabel 4**  
**Plastik-plastik komoditi**

Tipe	Singkatan	Kegunaan Utama
Polietilena massa jenis rendah	LDPE	Lapisan pengemas, isolasi kawat dan kabel, barang mainan, botol fleksibel, perabotan, bahan pelapis.
Polietilena massa jenis tinggi	HDPE	Botol, Drum, Pipa, Saluran, lembaran, film, isolasi kawat dan kabel.
Polipropilena	PP	Bagian-bagian mobil perkakas, tali, anyaman, karpet, film.
Polivinil klorida	PVC	Bahan bangunan, pipa tegar, bahan untuk lantai, isolasi kawat dan kabel, film dan lembaran
Polistirena	PS	Bahan pengemas (busa dan film), isolasi busa, perkakas, perabotan rumah, barang mainan.

Sumber: Kimia Polimer, 2001

**Tabel 5**  
**Plastik-plastik teknik yang utama**

Tipe	Singkatan
Asetal <sup>a</sup>	POM
Poliamida <sup>b</sup>	-
Poli(amidaimida)	PAI
Poliarilat	-
Polikarbonat	PC
Poliester <sup>c</sup>	-
Polietereterketon	PEEK
Polieterimida	PEI
Poliimida	PI
Poli(fenilena oksida)	PPo
Poli(fenilena Sulfida)	PPS
Polisulfon <sup>d</sup>	-

Sumber: Kimia Polimer, 2001

**Tabel 6**  
**Plastik-palstik thermoset yang utama**

Tipe	Singkatan	Kegunaan Khaas
Fenol-formaldehida	PF	Alat listrik dan elektronik, bagian mobil, perekat <i>plywood</i> , <i>Utensil handle</i>
Urea-formaldehida	UF	Sama seperti polimer PF, juga bahan pelapis
Poliester tak jenuh	-	Konstruksi, bagian-bagian mobil, lambung kapal, asesoris kapal, saluran anti korosi, pipa, tanki dan lain-lain, peralatan bisnis
Epoksi	-	Bahan pelapis protektif , perekat, aplikasi-aplikasi listrik dan elektronik, bahan lantai industri, bahan pengaspal jalan raya, bahan panduan (komposit)
Melamin-formaldehida	MF	Sama seperti polimer UF, bingkai dekoratif, tutup meja, perkakas makan

Sumber: Kimia Polimer, 2001

Plastik juga dapat digolongkan berdasarkan:

A. Sifat fisiknya

- a) Termoplastik. Merupakan jenis plastik yang bisa didaur-ulang/dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Contoh: polietilen (PE), polistiren (PS), ABS, polikarbonat (PC)
- b) Termoset. Merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya. Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida

B. Kinerja dan penggunaanya

- a) Plastik komoditas
  1. sifat mekanik tidak terlalu bagus
  2. tidak tahan panas
  3. Contohnya: PE, PS, ABS, PMMA, SAN
  4. Aplikasi: barang-barang elektronik, pembungkus makanan, botol minuman

- b) Plastik teknik
  1. Tahan panas, temperatur operasi di atas 100 °C
  2. Sifat mekanik bagus
  3. Contohnya: PA, POM, PC, PBT
  4. Aplikasi: komponen otomotif dan elektronik
- c) Plastik teknik khusus
  1. Temperatur operasi di atas 150 °C
  2. Sifat mekanik sangat bagus (kekuatan tarik di atas 500 Kg/cm<sup>2</sup>)
  3. Contohnya: PSF, PES, PAI, PAR
  4. Aplikasi: komponen pesawat
- C. Berdasarkan jumlah rantai karbonnya
  - a) C<sub>1</sub> - C<sub>4</sub> Gas (LPG, LNG)
  - b) C<sub>5</sub> - C<sub>11</sub> Cair (bensin)
  - c) C<sub>9</sub> – C<sub>16</sub> Cairan dengan viskositas rendah
  - d) C<sub>16</sub> - C<sub>25</sub> Cairan dengan viskositas tinggi (oli, gemuk)
  - e) C<sub>25</sub> - C<sub>30</sub> Padat (parafin, lilin)
  - f) C<sub>1000</sub> - C<sub>3000</sub> Plastik (polistiren, polietilen, dll)
- D. Berdasarkan sumbernya
  - a) Polimer alami : kayu, kulit binatang, kapas, karet alam, rambut
  - b) Polimer sintetis:
    1. Tidak terdapat secara alami: nylon, poliester, polipropilen, polistiren
    2. Terdapat di alam tetapi dibuat oleh proses buatan: karet sintetis 45T
    3. Polimer alami yang dimodifikasi: seluloid, *cellophane* (bahan dasarnya dari selulosa tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat-sifat kimia dan fisika asalnya)

### 2.3 Plastik *Biodegradable*

*Biodegradable* berasal dari kata bio dan degradable. *Bio* berarti hidup, sedangkan *degradable* berarti dapat diuraikan. Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang digunakan layaknya seperti plastik sintetik, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Plastik *biodegradable* adalah bahan yang mampu mengalami dekomposisi menjadi karbondioksida, metana, senyawa organik atau biomassa yang mekanismenya didominasi oleh aksi enzimatik dari mikroorganisme yang bisa diukur dengan pengujian standar, dalam waktu spesifik, mencerminkan kondisi penggunaan yang tersedia (Anggarini Fetty, 2013).

Plastik berbahan dasar tepung pati (amilum) dan polisakarida telah diproduksi oleh beberapa perusahaan dunia. Plastik *starch-based* ini seringkali bersifat menyerap air sehingga semakin mudah di degradasi. Beberapa plastik terdiri atas tepung pati saja, ada juga yang memadukan tepung pati dengan komponen *biodegradable* lain. Plastik ini dibentuk dari bahan-bahan alam yang dapat diperbaharui daripada dibuat dari bahan bakar fosil yang sulit diperbaharui.

Degradasi (*degradation*) merupakan proses satu arah (*irreversible*) yang mengarah pada perubahan signifikan dari suatu struktur material, dengan cara kehilangan komponen, misalnya berat molekul atau berat struktur disertai dengan pemecahan (*fragmentation*). Degradasi disebabkan oleh kondisi lingkungan dan terjadi dalam satu tahap atau lebih, sedangkan plastik *biodegradable* menunjukkan keadaan plastik yang terdegradasi sebagai hasil dari aktivitas alam yang melibatkan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan alga. Plastik *biodegradable* dapat terdegradasi oleh lingkungan tertentu misalnya tanah, kompos, atau lingkungan perairan.

Plastik *biodegradable* berbahan dasar pati dapat didegradasi oleh bakteri *pseudomonas* dan *bacillus sp* memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya. Senyawa-senyawa hasil degradasi plastik *biodegradable* selain menghasilkan senyawa organik dan aldehid sehingga plastik ini aman bagi lingkungan. Sebagai perbandingan, plastik sintetik membutuhkan waktu sekitar 100 tahun agar dapat terdekomposisi 10 hingga 20 kali lebih cepat. Hasil degradasi

plastik ini dapat digunakan sebagai makanan ternak atau sebagai pupuk kompos.

Ungkapan plastik *biodegradable* merujuk pada serangan mikroorganisme pada material berbasis polimer yang tidak larut dalam air, yaitu plastik. Oleh karena kurang larut dalam air dan ukuran molekul polimer, yaitu mikroorganisme tidak mampu berpindah dalam material polimer secara langsung kedalam sel sebagai tempat sebagian besar proses biokimia.

### **2.3.1 Faktor- faktor yang mempengaruhi Biodegradabilitas Plastik**

Biodegradabilitas plastik polimer terbuat dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui sangat rendah, sehingga perlu dibuat suatu plastik yang memiliki biodegradabilitas yang tinggi setelah dipakai dan dibuang ke lingkungan. Biodegradabilitas plastik, misalnya PHA (polihidroksilalkanoat) ditentukan oleh banyak faktor diantaranya faktor lingkungan, meliputi cuaca iklim, dan kelembaban udara. Faktor lainnya adalah temperatur, cahaya, pH, kandungan oksigen, kandungan air dan keberadaan organisme pengurai. Komposisi plastik berhubungan dengan sifat biodegradabilitasnya. Kondisi permukaan (luas permukaan, hidrofil), titik leleh, elastisitas, dan kristalinitas mempunyai peranan penting dalam proses biodegradasi (Tokiwa, dkk., 2009). Tanah yang mengandung bakteri dan fungi penghasil enzim depolimerisasi plastik *biodegradable* mampu mendegradasi plastik tersebut dengan cara memutuskan rantai polimernya.

ASTM (*American Society for Testing of Material*) dan ISO (*International Standards Organization*) mendefinisikan plastik *biodegradable* sebagai plastik yang bisa mengalami perubahan signifikan dalam struktur kimia pada kondisi lingkungan yang spesifik. Plastik *biodegradable* mengalami degradasi melalui aksi natural dari jamur (fungi), bakteri, dan alga. Plastik dapat dibuat sebagai plastik *photodegradable*, *oxidative degradable*, *hydrolytically degradable*, atau dapat dikomposkan (Kumar, dkk., 2011).

### **2.3.2 Karakterisasi Plastik *Biodegradable***

#### **2.3.2.1 Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*)**

Dalam istilah umum, *strength* atau kekuatan dapat didefinisikan sebagai kemampuan suatu struktur untuk menahan beban tanpa mengalami kerusakan. Kerusakan dapat terjadi oleh deformasi struktur. *Tensile* termasuk juga ketahanan material terhadap kuat tekan atau tegangan. Jumlah kekuatan yang dibutuhkan untuk memecahkan material dan perkiraan jumlah sebelum pecah adalah hal penting untuk kebanyakan material dan perkiraan jumlah sebelum pecah adalah hal penting untuk kebanyakan material, ketahanan awal dari tekanan, atau modulus, dan titik defomasi tetap, berasal dari kurva tekanan (*force*) versus perpanjangan (*elongation*). Analisis kurva *force-elongation* atau tekanan-regangan (*stress-strain*) dapat memberitahu banyak hal tentang material yang diuji, dan hal ini sangat membantu dalam memperkiraan sifat material tersebut. Hasil pengukuran ini berhubungan erat dengan jumlah *plasticizer* yang di tambahkan pada proses pembuatan plastik.

#### **2.3.2.2 Uji Ketahanan Air**

Uji ketahanan air dari plastik berbahan propilen (PP) adalah sebesar 0,01 atau sebesar 1% sehingga plastik tersebut efektif digunakan sebagai wadah makanan yang banyak mengandung air. Uji ketahanan air ini diperlukan untuk mengetahui sifat bioplastik yang dibuat sudah mendekati sifat plastik sintetis atau belum, karena konsumen plastik memilih plastik dengan sifat yang sesuai keinginan, salah satunya adalah tahan terhadap air (Darni, dkk., 2009).

Penelitian yang dilakukan oleh Sarka, dkk (2011) dengan membandingkan antara pati asli dengan pati terasetilasi dalam hal sifat ketahanan airnya, maka pati terasetilasi mampu meningkatkan ketahanan air plastik daripada pati asli.

#### **2.3.2.3 Uji Biodegradasi**

Uji biodegradasi atau kemampuan biodegradasi plastik dilakukan untuk mengetahui pengaruh alam terhadap plastik dalam jangka waktu tertentu, sehingga akan diperoleh persentase kerusakan. Selanjutnya dapat diperkirakan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh plastik untuk teurai di alam secara

sempurna.

Pimpan, dkk (2001) melakukan penelitian tentang pembuatan plastik *biodegradable* dari pati singkong termodifikasi. Salah satu uji yang dilakukan untuk mengetahui sifat plastik yang dihasilkan adalah uji biodegradasi dengan metode soil burial test. Uji ini menunjukkan bahwa plastik tersebut terdegradasi secara sempurna dalam jangka waktu sebulan, ditinjau dari persen hilangnya berat plastik (*% weight loss*) yang tercapai 100%.

Biodegradasi tidak sepenuhnya berarti bahwa material *biodegradable* akan selalu terdegradasi. Berdasarkan standar *European Union* tentang biodegradasi plastik, plastik *biodegradable* harus terdekomposisi menjadi karbondioksida, air, dan substansi humus dalam waktu maksimal 6 sampai 9 bulan (Sarka, dkk, 2011). Percobaan yang dilakukan Sarka, dkk (2011) dengan menggunakan pati dari gandum, menunjukkan bahwa semakin banyak bagian patinya, maka semakin mudah pati terasetilasi, menunjukkan bahwa pati asli lebih mudah terdegradasi dari pati terasetilasi.

#### 2.4. Talas (*Colocasia Esculenta*)



Gambar 3. Umbi Talas

##### 2.4.1 Anatomi talas

Anatomi tanaman talas meliputi taksonomi, sifat fisik dan kandungan kimia talas, yaitu :

1. Taksonomi Tumbuhan (Anonim, 2010), adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Class : Monocotyledoneae

Ordo : Arecales

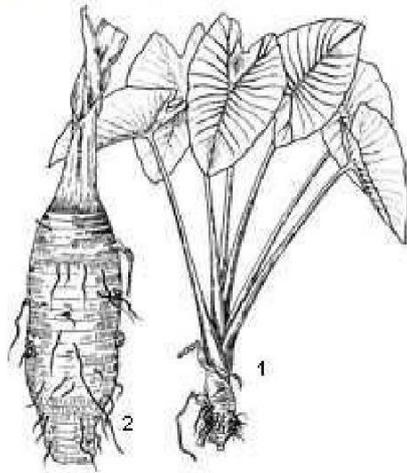
Famili : Araceae

Genus : Colocasia

Spesies : *Colocasia esculenta* Scho



P. Verheij-Hayes



**Gambar 4. Tanaman dan umbi talas**

Tanaman talas tumbuh ideal di daerah yang bersuhu 21-27<sup>0</sup>C , kelembaban udara 50-90%. Pada kondisi optimal hasil produksinya dapat mencapai 10 ton per hektare.

#### **2.4.2 Sifat Fisik Talas**

Tanaman talas banyak mengandung asam perusai (asam biru atau HCN).Sistem perakaran serabut, liar dan pendek.Umbi dapat mencapai 4 kg atau lebih, berbentuk silinder atau bulat, berukuran 30 cm x 15 cm, berwarna coklat. Daunnya berbentuk perisai atau hati, lembaran daunnya 20-50 cm panjangnya, dengan tangkai mencapai 1 meter panjangnya, warna pelepah bermacam-macam. Perbungaannya terdiri atas tongkol, seludang dan tangkai (Anonim a, 2010).

### 2.4.3 Kandungan Kimia Talas

Talas mengandung banyak senyawa kimia yang dihasilkan dari metabolisme sekunder seperti alkaloid, glikosida, saponin, minyak esensial, resin, gula dan asam-asam organik. Umbi talas mengandung pati yang mudah dicerna kira-kira sebanyak 18,2 %, sukrosa serta gula reduksinya 1,42 % dan karbohidrat sebesar 23,7 %. Sebelum mengolah talas menjadi beragam kudapan (olahan lain) dan jika salah mengolah talas bukan makanan yang dihasilkan bertambah enak tapi penderitaan yang bisa dipetik. Yang pertama diperhatikan mengurangi kadar kalsium oksalat pada talas. Kalium oksalat dari persenyawaan garam antara ion kalsium dan ion oksalat. Ion ini sangat bermanfaat untuk proses metabolisme dan untuk pertahanan internal bagian talas. Namun untuk manusia senyawa ion bisa menimbulkan gatal-gatal dan iritasi pada kulit.

Untuk memperoleh kadar kalsium oksalat yang rendah pada talas dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Talas dicuci sampai bersih selama 5 menit menggunakan perbandingan talas dan air 1 : 4
2. Talas direndam selama 20 menit menggunakan NaCl berkadar 1%
3. Talas dicuci kembali seperti point 1

Tanaman talas merupakan tanaman penghasil karbohidrat yang memiliki peranan cukup strategis tidak hanya sebagai sumber bahan pangan, dan bahan baku industri tetapi juga untuk pakan ternak. Tanaman talas memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena hampir sebagian besar bagian tanaman dapat dimanfaatkan untuk dikonsumsi manusia. Tanaman talas yang merupakan penghasil karbohidrat berpotensi sebagai substitusi beras.

Talas mempunyai peluang yang besar untuk dikembangkan karena berbagai manfaat dan dapat dibudidayakan dengan mudah sehingga potensi talas ini cukup besar (Anonim a, 2010). Talas banyak dimanfaatkan sebagai tanaman sayuran dan sumber karbohidrat (pangan). Menurut Syarief dan Irawati (1988), kemampuan bagian umbi talas dalam hal penyediaan zat gizi bagi tubuh cukup tinggi. Dibandingkan dengan ubi jalar dan ubi kayu, talas mempunyai keunggulan dalam kandungan

protein, vitamin B1, unsur P dan Fe yang lebih tinggi dan kadar lemak yang rendah.

Kandungan gizi yang terdapat pada 100 gram umbi talas terdapat dalam tabel 7 sebagai berikut.

**Tabel 7**  
**Kandungan gizi talas**

Kandungan gizi	Talas mentah	Talas rebus
Energi (kal)	120	108
Protein (g)	1,5	1,4
Lemak (g)	0,3	0,4
Hidrat arang total (g)	28,2	25,0
Serat (g)	0,7	0,9
Abu (g)	0,8	0,8
Kalsium (mg)	31	47
Fosfor (mg)	67	67
Besi (mg)	0,7	0,7
Karoten total	0	0
Vitamin B1 (mg)	0,05	0,06
Vitamin C (mg)	2	4
Air (g)	69,2	72,4
Bagian yang dimakan (%)	85	100

Sumber : Slamet D.S dan Ig.Tarkotjo (1980), majalah gizi dan makanan jilid 4, hal 26, Pusat Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Depkes RI, (Anonim 1996).

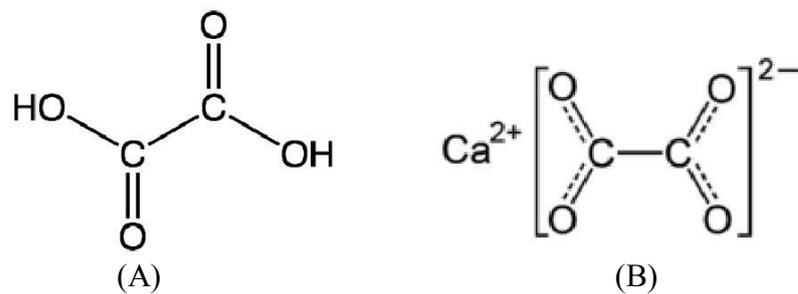
**Tabel 8.**  
**Kandungan Tepung Talas**

No	Komposisi	Kandungan (%)
1	Kadar air	15,01
2	Kadar abu	1,19
3	Kadar pati	74,34
4	Kadar protein	0,44
5	Kadar lemak	0,41
6	Kadar serat	0,23
7	Kekentalan	3,5

Sumber: Agus Triyono (2006)

### 2.4.5 Senyawa Oksalat

Senyawa oksalat terdapat di dalam cairan sel tanaman terutama sebagai asam oksalat dan garam kalsium oksalat atau kalsium oksalat. Pada awalnya kalsium oksalat berbentuk senyawa asam oksalat dan asam oksalat tersebut diperlukan dalam tanaman sebagai pengikat ion kalsium. Akibat proses pengangkutan tersebut terjadi akumulasi kalsium oksalat dalam vakuola tanaman. Asam oksalat merupakan asam organik (dikarboksilat) yang paling sederhana dengan rumus molekul  $H_2C_2O_4$ . Sedangkan rumus molekul dari kalsium oksalat adalah  $CaC_2O_4$  yang mempunyai titik leleh  $200^0C$  dan sukar larut dalam air (Franceschi dan Horner, 1980). Senyawa asam oksalat dan kalsium oksalat mempunyai rumus bangun seperti pada gambar berikut :



**Gambar 5. Asam oksalat (A) dan kalsium oksalat (B)**

Oksalat dapat ditemukan di berbagai macam sayuran dan umbi-umbian, seperti pada sayur bayam, ubi jalar, kacang, serta umbi talas. Asam oksalat terdistribusi secara luas dalam bentuk garam potasium dan kalsium yang terdapat pada daun, akar dan rhizoma dari berbagai macam tanaman.

Asam oksalat bersifat larut dalam air, sementara kalsium oksalat tidak larut dalam air tetapi larut dalam asam kuat (Koswara, 2014). Asam oksalat bersama-sama dengan kalsium dalam tubuh manusia membentuk senyawa yang tidak larut dan tidak dapat diserap tubuh. Hal ini bukan hanya mencegah penggunaan

kalsium yang terdapat dalam produk-produk yang mengandung oksalat, tetapi menurunkan penyerapan kalsium yang diberikan oleh bahan pangan lain. Asam oksalat dan garamnya yang larut air dapat membahayakan, karena senyawa tersebut bersifat toksik. Menurut Anon (2012), pada dosis 6-8 gram/kg berat badan asam oksalat dapat menyebabkan kematian pada orang dewasa, tetapi umumnya jumlah yang menyebabkan pengaruh fatal adalah antara 15-30 gram/kg berat badan.

Asam oksalat yang disimpan di dalam vakuola diperlukan di dalam sel untuk mengikat ion kalsium. Adanya senyawa oksalat pada talas seringkali menyebabkan rasa gatal pada rongga mulut dan tenggorokan saat dikonsumsi. Rasa gatal pada saat mengonsumsi talas disebabkan oleh tusukan jarum-jarum kristal kalsium oksalat yang terbungkus dalam suatu kapsul transparan berisi cairan yang berada di antara sel-sel umbi tersebut. Kapsul-kapsul ini disebut rafid. Rafid-rafid ini tertancap pada dinding pemisah antara dua vakuola pada jaringan talas dan ujung-ujungnya berada pada vakuola tersebut. Jika bagian talas dikupas atau dipotong-potong, maka vakuola yang berisi air karena perbedaan tegangan pada kedua vakuola itu menyebabkan dinding kapsul pecah. Akibatnya kristal kalsium oksalat tersembul ke permukaan dan menusuk ke bagian kulit. Tusukan-tusukan inilah yang menyebabkan timbulnya rasa gatal pada mulut, tenggorokan, atau kulit tangan (Koswara, 2014). Kalsium oksalat tidak dapat larut dalam plasma darah dan dapat menjadi pemicu tumbuhnya batu ginjal (Holmes dan Kennedy, 2000).

Kadar oksalat dapat dikurangi dengan melakukan perlakuan pendahuluan yang benar. Menurut Saridewi (1992), menghilangkan rasa gatal asam oksalat dapat dilakukan dengan perendaman selama 16 jam dan perlakuan perebusan maupun pengukusan. Selain itu, Chotimah dan Fajarini (2013) mengatakan bahwa penurunan kalsium oksalat dapat dilakukan dengan cara perebusan menggunakan larutan NaCl 2% pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit yang mampu menurunkan kandungan kalsium oksalat sebesar 49,38% dan penggunaan larutan ini tidak mengubah rasa dari talas.

Menurut Koswara (2014), proses fermentasi juga dapat mengurangi kandungan asam oksalat yang menyebabkan rasa gatal pada talas. Hal ini disebabkan karena pengaruh penurunan pH yang menyebabkan bentuk oksalat berubah dari oksalat tidak larut dalam air menjadi oksalat larut. Menurut Simpson *et al.*, (2009), pH pada saat proses pemasakan juga akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah oksalat terlarut yang akan berikatan dengan kation mineral bebas. pH kurang dari 6 menyebabkan menurunnya ion oksalat divalent terdeprotonasi ( $C_2O_4^{2-}$ ) sehingga dapat mengurangi potensi berikatan dengan mineral kation (terutama  $Ca^{2+}$ ) untuk membentuk oksalat tidak larut. Hal ini akan menyebabkan meningkatnya oksalat terlarut dan oksalat tersebut akan digunakan oleh bakteri anaerobik sebagai sumber energi sehingga kadar oksalat akan menurun (Wadamori *et al.*, 2014).

## 2.5 Kulit Jagung (Klobot Jagung)

Kulit jagung atau klobot jagung merupakan kulit terluar yang menutupi bulir jagung. Kulit jagung ini juga merupakan lembaran modifikasi daun yang membungkus tongkol jagung. Secara morfologi, kulit atau klobot jagung ini mempunyai permukaan yang kasar dan berwarna hijau muda sampai hijau tua. Jumlah rata-rata kulit jagung dalam satu tongkol adalah 12-15 lembar. Gambar 6. menunjukkan limbah kulit jagung yang belum dimanfaatkan. Komposisi kimia dari kulit jagung yang telah dikeringkan dapat dilihat pada Tabel 10, sedangkan karakteristik dari serat kulit jagung dapat dilihat pada Tabel 11.



sumber : Nurul Hidayah, Mei 2013

**Gambar 6. Kulit Jagung**

**TABEL 10**  
**Komposisi Kimia Kulit Jagung Kering**

<i>Component</i>	%
<i>Lignin</i>	15
<i>Ash</i>	5.09
<i>Alcohol-cyclohexane solubility (1:2 v/v)</i>	4.57
<i>Cellulose</i>	44.08

Sumber: Taiwo K.F dkk, April 2014

**TABEL 11**  
**Karakteristik Serat Kulit Jagung**

<i>Fibre property</i>		<i>Dimension</i>
<i>Fibre Length (mm)</i>	L	1.71± 0.5
<i>Fibre diameter (µm)</i>	D	21.89±5.1
<i>Cell wall thickness (µm)</i>	CW	7.63± 2.3
<i>Lumen width (µm)</i>	LW	6.63±3.5

Sumber: Taiwo K.F dkk, April 2014

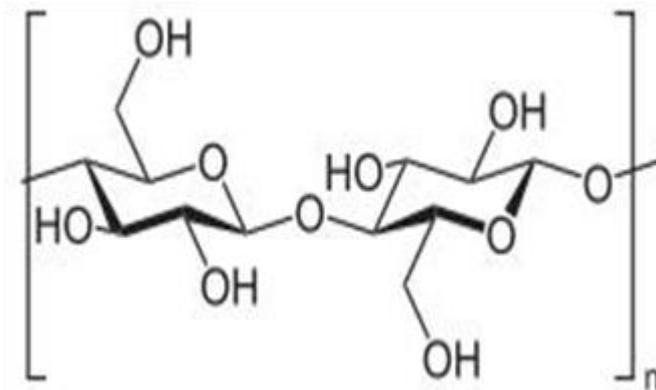
Komponen utama penyusun jaringan dinding sel tumbuh - tumbuhan pada umumnya adalah Selulosa. Selulosa adalah polimer alam berupa zat Karbohidrat (polisakarida) yang mempunyai serat dengan warna putih, tidak dapat larut dalam air dan pelarut organik. Selulosa adalah senyawa organik yang paling umum di bumi. Sekitar 33% dari semua materi tanaman adalah Selulosa (isi Selulosa dari kapas adalah 90% dan dari kayu adalah 40-50%). Selulosa tidak dapat dicerna oleh manusia, hanya dapat dicerna oleh hewan yang memiliki enzim selulase.

Keuntungan menambahkan selulosa adalah :

1. Jumlahnya berlimpah, dapat melimpahi, dan mudah dipanen dan dipindah-pindahkan dan akibatnya bahan ini murah harganya.
2. Zat ini umumnya berbentuk serat, dan kekuatan tariknya benar-benar tinggi.
3. Zat ini bisa menarik air, yang mempermudah persiapan mekanik dari serat-

serat atau ikatan-ikatan serat ketika campuran serat tadi dikeringkan.

4. Zat ini tidak dapat larut dalam air dan pelarut-pelarut organik.
5. Tahan terhadap sejumlah bahan kimia yang menyebabkan terisolasinya Selulosa dalam tanaman.



Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Selulosa> (9 Mei 2015)

**Gambar 7. Struktur Selulosa**

Seperti penelitian yang dilakukan oleh Iqbal Abdurrahman dan Siti Rohimah Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung yang membuat *plastic biodegradable* dari bahan dasar pati kulit jagung. Peneliti memanfaatkan kandungan selulosa yang terdapat pada kulit jagung itu sendiri mengingat masih jarang nya penelitian pembuatan *plastic biodegradable* dari bahan selulosa. Untuk memperoleh plastik yang lebih fleksibel dan elastis, maka pada selulosa ditambahkan gliserol dan gelatin. Hasil penelitian yang diperoleh berupa lembaran tipis plastik yang dapat terdegradasi sempurna didalam tanah selama enam hari.

## 2.6 Sorbitol

Sorbitol adalah senyawa monosakarida polyhidrik alkohol. Nama kimia lain dari sorbitol adalah hexitol atau glusitol dengan rumus kimia  $C_6H_{14}O_6$ . Sorbitol berbentuk Kristal pada suhu kamar, berwarna putih tidak berbau. Sorbitol larut dalam air dan gliserol. Sedikit larut dalam methanol, etanol asam asetat dan tidak larut dalam sebagian besar pelarut organik. Sorbitol dapat dibuat dari glukosa dengan proses hidrogenasi katalitik bertekanan tinggi. Sorbitol umumnya digunakan sebagai bahan baku industri barang konsumsi dan makanan seperti

pasta gigi, permen, kosmetik, farmasi, vitamin C, dan termasuk industri tekstil dan kulit (Othmer, 1960). Sorbitol memiliki titik didih 2960C, kelarutannya dalam air sebesar 235 gr/100 gr H<sub>2</sub>O. memiliki panas pembakaran -3025.5 KJ/mol (Perry, 1997).

Sorbitol pertama kali ditemukan oleh ahli kimia dari Perancis yaitu Joseph Boosingault pada tahun 1872 dari biji tanaman bunga ros. Proses hidrogenasi gula menjadi sorbitol mulai berkembang pada tahun 1930. Pada tahun 1975 produsen utama sorbitol adalah Roguette Freres dari Perancis. Secara alami sorbitol juga dapat dihasilkan dari berbagai jenis buah (Diah, 2014).

Produksi sorbitol lokal selain untuk pemasaran dalam negeri juga sebagian besar untuk diekspor. Ekspor sorbitol sejak tahun 1989 hingga tahun 1992 cenderung mengalami penurunan, hal ini diakibatkan semakin meningkatnya permintaan dalam negeri. Sorbitol atau dikenal juga hexitol dengan rumus kimia C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>. Walaupun ekspor terus ditingkatkan namun hingga saat ini Indonesia masih terus melakukan impor.

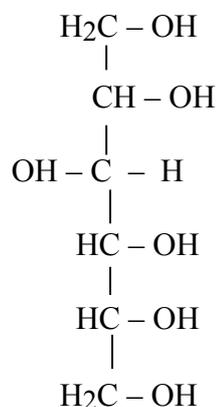
Sorbitol masuk dalam kelas senyawa yang disebut poliol. Poliol adalah alkohol yang memiliki beberapa ikatan hidroksil (-OH) dalam strukturnya. Molekul sorbitol terdiri dari enam rantai atom karbon dengan satu hidroksil melekat pada setiap atom karbon. Sorbitol itu bisa larut dalam air. Larutan sorbitol memiliki rasa manis dan tekstur mirip sirup. Tingkat rasa manis sorbitol kira-kira setengah dari manis gula tebu. Sorbitol dapat berfungsi sebagai sumber energi ketika dicerna, serta digunakan sebagai pengganti gula dalam berbagai produk makanan (Mafia, 2011).

Sorbitol adalah senyawa monosakarida polyhidric alcohol. Nama kimia lain dari sorbitol adalah hexitol atau glusitol dengan rumus kimia C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>. Struktur molekulnya mirip dengan struktur molekul glukosa hanya yang berbeda gugus aldehyd pada glukosa diganti menjadi gugus alkohol. Sorbitol pertama kali ditemukan dari juice Ash berry (*Sorbus aucuparia* L) di tahun 1872. Sorbitol umumnya digunakan sebagai bahan baku industri barang konsumsi dan makanan seperti pasta gigi, permen, kosmetik, farmasi, vitamin C, dan termasuk industri

textil dan kulit (Othmer, 1960).

### 2.6.1 Kegunaan sorbitol dalam industri

- a. Bidang makanan. Ditambahkan pada makanan sebagai pemanis dan untuk memberikan ketahanan mutu dasar yang dimiliki makanan tersebut selama dalam proses penyimpanan. Bagi penderita diabetes, sorbitol dapat dipakai sebagai bahan pemanis pengganti glukosa, fruktosa, maltosa, dan sucrosa.
- b. Bidang Farmasi. Sorbitol merupakan bahan baku vitamin C dimana dibuat dengan proses fermentasi dengan bakteri *Bacillus suboxidant*. Dalam hal lain, sorbitol dapat digunakan sebagai pengabsorpsi beberapa mineral seperti Cs, Sr, F dan vitamin B12. Pada konsentrasi tinggi sorbitol dapat sebagai stabilisator dari vitamin dan antibiotik.
- c. Penggunaan sorbitol sangat luas di bidang kosmetika, diantaranya digunakan sebagai pelembab berbentuk cream untuk mencegah penguapan air dan dapat memperlincin kulit. Untuk pasta gigi, sorbitol dapat dipergunakan sebagai penyegar atau obat pencuci mulut yang dapat mencegah kerusakan gigi.
- d. Industri Kimia Sorbitol banyak dibutuhkan sebagai bahan baku surfaktan. Pada industri *Polyurethane*, sorbitol bersama dengan senyawa *polyhidric alcohol* lain seperti *glycerol* merupakan salah satu komposisi utama *alkyl resin* dan *rigid polyurethane foams*. Pada industri tekstil, kulit, semir sepatu dan kertas, sorbitol digunakan sebagai softener dan stabilisator warna, sedangkan pada industri rokok sorbitol digunakan sebagai stabilisator kelembaban, penambah aroma dan menambah rasa sejuk.



### **Gambar 8. Struktur rumus sorbitol**

*Sumber : (Soesilo, 2001 Mahasiswa PPDGS)*

Sorbitol, juga disebut glucitol, ialah suatu gula alkohol yang dimetabolisir oleh tubuh manusia secara lambat. Sorbitol dapat diperoleh melalui reduksi glukosa, mengubah gugus aldehida menjadi gugus hidroksil. Sorbitol terdapat dalam buah apel, pir, persik, dan prun. Sorbitol disintesis oleh sorbitol-6-fosfat dehidrogenase, dan diubah menjadi fruktosa oleh suksinat dehidrogenase. Suksinat dehidrogenase ialah suatu enzim kompleks yang turut serta dalam siklus asam sitrat (Ansari, 2014).

#### **2.6.2 Sifat-sifat Sorbitol**

##### **A. Sifat Fisika**

- a. *Specific gravity* : 1.472 (-5°C)
- b. Titik lebur : 93 °C (*Metasable form*) 97,5 °C (*Stable form*)
- c. Titik didih : 296 °C
- d. Kelarutan dalam air : 235 gr/100 gr H<sub>2</sub>O
- e. Panas Pelarutan dalam air : 20.2 KJ/mol
- f. Panas pembakaran : -3025.5 KJ/ mol

##### **B. Sifat-sifat Kimia :**

- a. Berbentuk kristal pada suhu kamar
- b. Berwarna putih tidak berbau dan berasa manis
- c. Larut dalam air, *glycerol* dan *propylene glycol*
- d. Sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat dan phenol
- e. Tidak larut dalam sebagian besar pelarut organik (Perry, 1950)

#### **2.7 Kitosan**

Kitosan pertama kali ditemukan pada tahun 1894 oleh Hoppe Seyler. Proses deasetilasi dilakukan dengan merefluks kitin dalam kalium hidroksida (Tampubolon, 2008). Kitosan adalah turunan kitin yang hanya dibedakan oleh

gugus radikal  $\text{CH}_3$ .  $\text{CO-}$  pada struktur polimernya. Kitosan merupakan senyawa kimia yang berasal dari bahan hayati kitin, suatu senyawa organik yang melimpah di alam ini setelah selulosa. Kitin ini umumnya diperoleh dari kerangka hewan invertebrata dari kelompok Arthropoda sp, Molusca sp, Coelenterata sp, Annelida sp, Nematoda sp, dan beberapa dari kelompok jamur. Selain dari kerangka hewan invertebrate, juga banyak ditemukan pada bagian insang ikan, trachea, dinding usus dan pada kulit cumi-cumi. Sebagai sumber utamanya ialah cangkang Crustaceae sp, yaitu udang, lobster, kepiting, dan hewan yang bercangkang lainnya, terutama asal laut. Sumber ini diutamakan karena bertujuan untuk memberdayakan limbah udang (Petra, 2015).

Kitosan mempunyai sifat antimikrobia melawan jamur lebih kuat dari kitin. Jika kitosan ditambahkan pada tanah, maka akan menstimulir pertumbuhan mikrobia mikrobia yang dapat mengurai jamur. Selain itu kitosan juga dapat disemprotkan langsung pada tanaman. Sifat kitin dan kitosan dapat mengikat air dan lemak. Karena sifatnya yang dapat bereaksi dengan asam-asam seperti polifenol, maka kitosan sangat cocok untuk menurunkan kadar asam pada buah-buahan, sayuran dan ekstrak kopi. Kitosan mempunyai sifat polikationik, sehinggadapat dimanfaatkan sebagai agensia penggumpal (Petra, 2015).

Kitosan bersifat polielektrolit kation yang dapat mengikat logam berat, sehingga dapat berfungsi sebagai adsorben terhadap logam berat dalam air limbah. Kitosan sebagai polimer kation yang dapat mengikat logam dimana gugus amino yang terdapat pada kitosan berikatan dengan logam dapat membentuk ikatan kovalen. Gaya yang bekerja yaitu gaya Van der Waals, gaya elektrostatik, ikatan hidrogen dan ikatan kovalen. Standarisasi penyerapan limbah logam dengan kitosan sebesar  $\geq 70\%$ . Kitosan yang tidak dapat larut dalam air akan menggumpalkan logam menjadi flok-flok yang akan bersatu dan dapat dipisahkan dari air limbah (Morganof 2003 dan Widodo 2005).

### **2.7.1 Sifat-sifat Kitosan**

Kitosan merupakan padatan *amorf* yang berwarna putih kekuningan. Kelarutan kitosan yang paling baik ialah dalam larutan asam asetat 2%. (Sugita, P.

2009). Kitosan mudah mengalami degradasi secara biologis dan tidak beracun, kationik kuat, flokulan dan koagulan yang baik, mudah membentuk membran atau film serta membentuk gel dengan anion bervalensi ganda. Kitosan tidak larut dalam air, pelarut-pelarut organik, alkali atau asam-asam mineral pada pH diatas 6,5. Kitosan larut dengan cepat dalam asam organik seperti asam formiat, asam sitrat dan asam asetat (Zakaria, 1995).

Sifat-sifat kitosan dihubungkan dengan adanya gugus amino dan hidoksil yang terikat. Adanya reaktifitas kimia yang tinggi dan menyumbangkan sifat sifat polielektrolit kation, sehingga dapat berperan sebagai amino pengganti. Perbedaan kandungan amida adalah sebagai patokan untuk menentukan apakah polimer ini dalam bentuk kitin atau kitosan. Kitosan mengandung gugus amida 60% sebaiknya lebih kecil dari 60% adalah kitin (Harahap, 1995).

### **2.7.2 Kegunaan Kitosan**

Dewasa ini aplikasi kitin dan kitosan sangat banyak dan meluas. Dibidang industri, kitin dan kitosan berperan antara lain sebagai kogulan polielektrolit pengolahan limbah cair, pengikat serta penyerap ion logam, mikroorganisme, pewarna, residu peptisida, lemak, mineral, asam organik, gel, pertukaran ion, pembentuk *film* membran yang mudah terurai, meningkatkan kualitas kertas, pulp, dan produk tekstil (Sugita, 2009).

Kitin dan kitosan dapat diterapkan di bidang industri maupun bidang kesehatan, diantaranya: Industri tekstil, bidang fotografi, bidang kedokteran atau kesehatan, industri fungisida, industri kosmetika, industri pengolahan pangan

