

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 kecil (monomer) saling berikatan dalam suatu rantai. Jenis-jenis monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda. Polimer berdasarkan asalnya dapat dibedakan menjadi 2 yaitu berasal dari alam (polimer alam) dan polimer yang sengaja dibuat oleh manusia (polimer sintesis).

2.1.1 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 karena pemanasan, mudah menyerap air, dan sukar dibentuk menyebabkan penggunaannya sangat terbatas. Contoh sederhana polimer alam seperti amilum dalam beras, jagung dan kentang; pati, selulosa dalam kayu, protein terdapat dalam daging serta 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. Jenis-jenis polimer alam dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Contoh 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

2.1.2 Polimer Sintetis

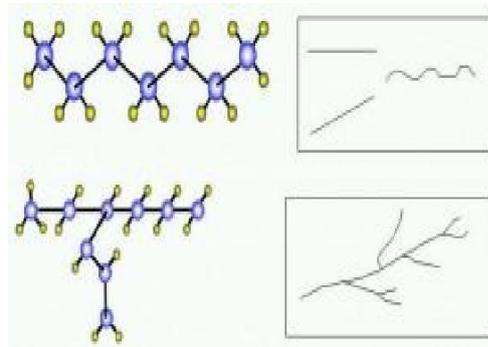
Polimer buatan dapat berupa polimer regenerasi dan polimer sintetis. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintetis yang dibuat dari kayu (selulosa). Polimer sintetis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik atau polimer 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.



Sumber: *Anggunchemistry.blogspot.com, 2014*

Gambar 1. Bentuk struktur bercabang termoplastik

Polimer termoplastik memiliki sifat – sifat khusus.

- 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.

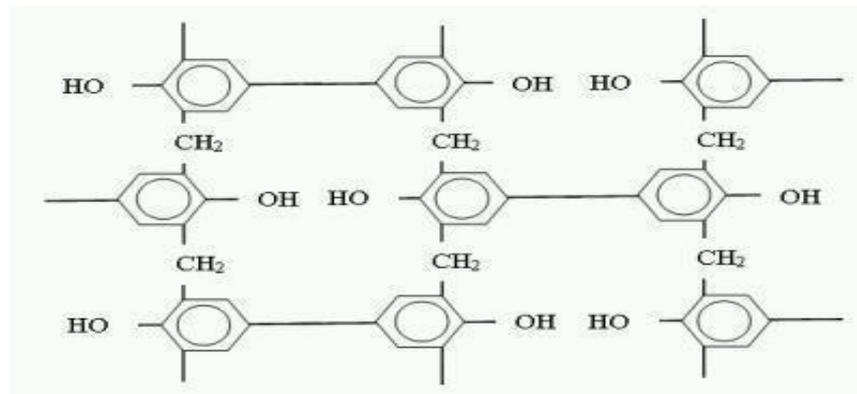
1. Polietilena (PE) = Botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.
2. Polivinilklorida (PVC) = pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan 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.



Sumber: *Anggunchemistry.blogspot.com, 2014*

Gambar 2. Bentuk struktur ikatan silang polimer termoseting

Sifat polimer termoseting yaitu :

- 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 antar rantai molekul.

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

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 dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik, namun ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik.

Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau ekonomi (Wikipedia, 2009; Azizah, 2009). Plastik merupakan material yang 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 220 juta ton/tahun pada tahun 2005 (Wikipedia, 2009).

Kemasan plastik memiliki beberapa keunggulan yaitu sifatnya kuat tapi ringan, *inert*, tidak karatan dan bersifat termoplastis (*heat seal*) serta dapat diberi warna. Sifat permeabilitas plastik terhadap uap air dan udara menyebabkan plastik mampu berperan memodifikasi ruang kemas selama penyimpanan (Winarno, 1994). Kelemahan bahan ini adalah adanya zat-zat monomer dan molekul kecil lain yang terkandung dalam plastik yang dapat melakukan migrasi ke dalam bahan makanan yang dikemas.

Plastik berisi beberapa aditif yang diperlukan untuk memperbaiki sifat-sifat fisik kimia plastik itu sendiri. Bahan aditif yang sengaja ditambahkan itu disebut komponen non plastik, diantaranya berfungsi sebagai pewarna,

antioksidan, penyerap cahaya ultraviolet, penstabil panas, penurun viskositas, penyerap asam, pengurai peroksida, pelumas, peliat, dan lain-lain (Winarno, 1994).

Plastik memiliki kelebihan yaitu plastik dapat dibentuk menjadi berbagai macam bentuk, ringan dan relatif murah, dapat diproduksi dalam berbagai warna, panas dan listrik tidak dapat merambat melalui plastik dengan mudah, karena plastik isolator yang baik. Tetapi plastik memiliki kekurangan yaitu plastik dibuat dari bahan-bahan yang sulit di daur ulang, karena tidak dapat membusuk secara alami (biodegradasi), plastik dapat merusak lingkungan dan plastik dapat bersifat asap beracun karena leleh pada suhu tinggi (Whyman, 2006).

Penggunaan plastik yang berlebihan dan dengan intensitas yang tinggi berpengaruh terhadap persediaan minyak bumi, diperkirakan minyak bumi akan habis dalam kurun waktu 100 tahun. Selain itu penggunaan plastik yang berasal dari minyak bumi, gas alam dan batu bara akan meningkatkan pencemaran lingkungan seperti pencemaran tanah. Untuk mengatasi masalah lingkungan ini, salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu mengembangkan bahan *biodegradable*.

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. Plastik tersebut 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 $1,5 \times 10^9$ 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.

Plastik dapat digolongkan berdasarkan:

A. Sifat fisika

- 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 penggunaan

- 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 Kgf/cm²)
3. Contohnya: PSF, PES, PAI, PAR
4. Aplikasi: komponen pesawat

C. Berdasarkan jumlah rantai karbon

- a) C₁ - C₄ Gas (LPG, LNG)
- b) C₅ - C₁₁ Cair (bensin)
- c) C₉ – C₁₆ Cairan dengan viskositas rendah
- d) C₁₆ - C₂₅ Cairan dengan viskositas tinggi (oli, lemak)
- e) C₂₅ - C₃₀ Padat (parafin, lilin)
- f) C₁₀₀₀ - C₃₀₀₀ Plastik (polistiren, polietilen, dll)

D. Berdasarkan sumber

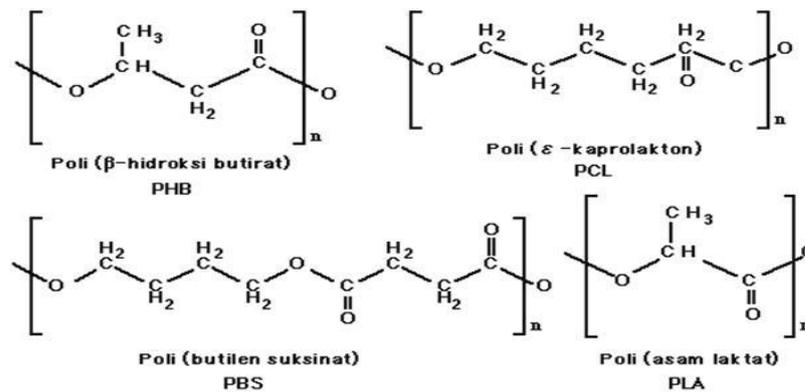
- a) Polimer alami : kayu, kulit binatang, kapas, karet alam, rambut
- b) Polimer sintetis:
 1. Tidak terdapat secara alami: nylon, poliester, polipropilen, polistiren
 2. Terdapat di alam tetapi dibuat oleh proses buatan: karet sintetis 45T
 3. Polimer alami yang dimodifikasi: seluloid, *cellophane* (bahan dasarnya dari selulosa tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat-sifat kimia dan fisika asalnya)

2.3 Plastik *Biodegradable*

Biodegradable adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir berupa air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan tanpa meninggalkan sisa yang beracun. Karena sifatnya yang dapat kembali ke alam, plastik *biodegradable* merupakan bahan plastik yang ramah terhadap lingkungan (Worldcentric, 2009; Pranamuda H, 2009).

Menurut laporan Pranamuda H (2009) dalam penelitiannya, menyatakan bahwa saat ini polimer plastik *biodegradable* yang telah diproduksi adalah kebanyakan dari polimer jenis poliester alifatik. Pada gambar 3 terdapat susunan kimia untuk Plastik *biodegradable* yang sudah diproduksi skala industri beserta penjelasannya.

- a. Poli (ϵ -kaprolakton) (PCL) : PCL adalah polimer hasil sintesa kimia menggunakan bahan baku minyak bumi. PCL mempunyai sifat biodegradabilitas yang tinggi, dapat dihidrolisa oleh enzim lipase dan esterase yang tersebar luas pada tanaman, hewan dan mikroorganisme. Namun titik lelehnya yang rendah, $T_m = 60^\circ\text{C}$, menyebabkan bidang aplikasi PCL menjadi terbatas (Awaliyyah RF, 2008; Pranamuda H, 2009).
- b. Poli (β -hidroksi butirat) (PHB) : PHB adalah poliester yang diproduksi sebagai cadangan makanan oleh mikroorganisme seperti *Alcaligenes (Ralstonia) eutrophus*, *Bacillus megaterium* dsb. PHB mempunyai titik leleh yang tinggi ($T_m = 180^\circ\text{C}$), tetapi karena kristalinitasnya yang tinggi menyebabkan sifat mekanik dari PHB kurang baik (Ping KC, 2006).
- c. Poli (butilena suksinat) (PBS): PBS mempunyai titik leleh yang setara dengan plastik konvensional polietilen, yaitu $T_m = 113^\circ\text{C}$.
- d. Poli asam laktat (PLA) : PLA merupakan poliester yang dapat diproduksi menggunakan bahan baku sumberdaya alam terbarui seperti pati dan selulosa melalui fermentasi asam laktat. PLA mempunyai titik leleh yang tinggi sekitar 175°C , dan dapat dibuat menjadi lembaran film yang transparan (Kurniawan RA, 2010; Pranamuda H, 2009).



Gambar 3. Plastik Biodegradable Skala Industri

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*, *hydrolyticall 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 dan perkiraan jumlah sebelum pecah adalah hal yang 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 oeh Sarka, dkk (2011) dengan membandingkan antara pati asli dengan pati terasetalisasi dalam hal sifat ketahanan airnya, maka pati terasetilasi mampu meningkatkan ketahanan air plastik daripada pati asli.

2.3.2.3 Uji Degradasi

Uji degradasi 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 burialtest. 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 Pati

Pati adalah cadangan makanan utama pada tanaman. Senyawa ini sebenarnya campuran dua polisakarida, yaitu amilosa yang terdiri dari 70 hingga 350 unit glukosa yang berikatan membentuk garis lurus dan amilopektin yang terdiri hingga 100.000 unit glukosa yang berikatan membentuk struktur rantai bercabang. Kira-kira 20% dari pati adalah amilosa. Pati berwarna putih, berbentuk serbuk bukan kristal (Winarno, 1991).

Pati dihasilkan dari proses fotosintesis tanaman yang dibentuk (disintesa) di dalam daun (plastid) dan amiloplas seperti umbi, akar atau biji dan merupakan

komponen terbesar pada singkong, beras, sagu, jagung, kentang, talas, dan ubi jalar. Pati merupakan senyawa polisakarida yang terdiri dari monosakarida yang berikatan melalui ikatan glikosidik. Monomer dari pati adalah glukosa yang berikatan dengan ikatan (1,4)-glikosidik, yaitu ikatan kimia yang menggabungkan 2 molekul monosakarida yang berikatan kovalen terhadap sesamanya.

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan -glikosidik. Berbagai macam pati tidak sama sifatnya, tergantung dari panjang rantai C-nya, serta apakah lurus atau bercabang rantai molekulnya. Pati terdiri dari rantai molekul-molekul glukosa yang panjang dengan 2 jenis, yaitu amilosa dari rantai molekul glukosa yang panjang dan lurus serta amilopektin yang terdiri dari rantai molekul glukosa yang lebih pendek dan bercabang.

Amilopektin mempunyai sifat koloidal sehingga jika dipanaskan, campuran air dengan pati akan menjadi kental. Komposisi amilopektin dan amilosa berbeda dalam pati berbagai bahan makanan. Amilopektin pada umumnya terdapat dalam jumlah lebih besar. Sebagian besar pati mengandung antara 15% dan 35% amilosa.

Polimer linier dari D-glukosa membentuk amilosa dengan ikatan (α)-1,4-glukosa. Sedangkan polimer amilopektin adalah terbentuk dari ikatan (α)-1,4-glukosida dan membentuk cabang pada ikatan (α)-1,6-glukosida sebanyak 4-5 dari berat total (Winarno, 1991). Terlihat pada Tabel 3 bahwa kandungan pati tidak sama di setiap tanaman, berikut ini adalah kandungan pati dari beberapa jenis tanaman:

Tabel 3. Kandungan pati beberapa jenis tanaman

Jenis Tanaman	% Pati (Basis Kering)
Beras	89
Jagung	57
Biji Sorgum	72
Kentang	75
Ubi Jalar	90
Singkong	90
Talas	68,24-72,61

Sumber: Winarno, 1991

2.5 Umbr Talas (*Colocasia Esculenta*)



Gambar 4. Umbr Talas

Talas termasuk dalam salah satu jenis umbr-umbrian seperti pada gambar 4. Talas mudah tumbuh di Indonesia. Pada tahun 2011 melalui pelaksanaan kegiatan dem area pangan alternatif, jumlah produktivitas talas dari beberapa daerah adalah 661 kuintal/hektar.

Umbr Talas memiliki keunggulan yaitu kemudahan patinya untuk dicerna. Hal ini disebabkan talas memiliki ukuran granula pati yang sangat kecil yaitu 1 - 4 μm . Ukuran granula pati yang kecil dapat bermanfaat mengatasi masalah pencernaan. Talas terdiri dari banyak jenis dan warna daging umbrnya bervariasi, yaitu putih, kuning muda, kuning atau oranye, merah, coklat, ungu, dan lainnya. Di Malang, banyak dijumpai talas dengan daging umbr berwarna kuning yang memiliki rasa enak dan tekstur yang pulen.

Talas merupakan umbr berbentuk silinder atau lonjong sampai agak bulat. Kulit talas berwarna kemerahan, bertekstur kasar dan terdapat bekas-bekas pertumbuhan akar. Sedangkan warna dagingnya putih keruh. Kandungan kimia dalam talas dipengaruhi oleh varietas, iklim, kesuburan tanah, dan umur panen. Umbr talas segar sebagian besar terdiri dari air dan karbohidrat.

2.5.1 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.

2.5.2 Kandungan Kimia Talas

Talas mengandung banyak senyawa kimia yang dihasilkan dari metabolisme sekunder seperti alkaloid, glikosida, saponin, minyak essensial, resin, gula dan asam-asam organik. Umbi talas mengandung pati yang mudah dicerna kira-kira sebanyak 18,2 %, sukrosa serta gula preduksinya 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 umbi talas dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. 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.

Untuk memperpanjang umur simpan talas, talas dapat diolah menjadi tepung. Talas memiliki potensi untuk dapat digunakan sebagai bahan baku tepung-tepungan karena memiliki kandungan pati yang tinggi, yaitu sekitar 70-80%. Rendemen yang bisa didapatkan pun juga cukup tinggi, yaitu mencapai 28.7%. Kandungan gizi yang terdapat pada tepung talas dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. 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)

- Ciri-ciri Tanaman Talas

Talas adalah tanaman herba monokotil tahunan. Kecuali spesies *Amorphophallus*, daun yang muncul dari tunas apikal komus berupa gulungan dengan tangkai daun panjang dan tegak yang menopang lembar daun yang lebar dan besar, berbentuk tameng. Tangkai daunnya lembut panjang padat berisi, tetapi memiliki banyak rongga udara yang memungkinkan tanaman beradaptasi terhadap kondisi tergenang.

Sifat umum talasan adalah terdapatnya cairan getah menggigit yang ditemukan di seluruh jaringan. Tinggi tanaman ini antara 0,5 - 1,5 m dan memiliki daun berjumlah 2 sampai dengan 5 helai. Daun merupakan daun lengkap, yaitu memiliki helaian daun, tangkai daun dan pelepah serta termasuk daun tunggal. Tangkai daun berwarna hijau, bergaris-garis tua dengan panjang 20 - 60 cm.

Daun berbentuk perisai, berwarna hijau dan terkadang agak kekuning-kuningan. Pangkal daun berlekuk dan ujungnya meruncing. Ibu tulang daun besar dan dapat dibedakan dengan jelas dengan anak-anak tulang daun lainnya. Tepi daun rata, dengan pertulangan daun menjari dan tipe peruratan daun memata jala. Bagian bawah daun berlapis lilin, sedangkan bagian atas daun berwarna lebih cerah dari bagian bawahnya dan memiliki tekstur yang kasap.

Batang sangat pendek, biasanya terbungkus oleh pelepah daun dan berbentuk umbi (bongkol) yang seringkali kita konsumsi. Batang berada di dalam tanah, berwarna coklat agak kehitaman dan terkadang diseliputi oleh bulu-bulu yang halus. Batang berbentuk bulat dan jarak antar ruas batang sangat sempit atau pendek. Arah tumbuh batang tegak, sehingga berdasarkan arah tumbuhnya cabang maka talas memiliki model arsitektur Chamberlain. Akar tanaman ini termasuk sistem perakaran serabut, dimana akar berasal atau tersusun atas sekelompok akar adventif yang terletak pada batang yang sangat pendek dan berbentuk filiformis.

Tanaman talas banyak dibudidayakan di daerah bogor, jenis talas yang dibudidayakan diantaranya talas sutera, talas ketan, dan talas bentul. Selain itu, di Bogor ada pula talas yang dikenal sebagai talas mentega (talas gambir), dan ada pula jenis talas yang tidak dapat dikonsumsi karena menimbulkan rasa gatal yaitu talas sente. Tanaman talas terdiri dari berbagai jenis, morfologi tanaman talas juga beraneka ragam, tergantung dari jenis talas tersebut.

Tanaman talas diklasifikasikan sebagai berikut :

- Kingdom : Plantae (Tumbuhan)
- Fillum / Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan yang memiliki bunga)
- Kelas: Liliopsida (tumbuhan dengan biji berkeping satu /monokotil)
- Ordo : Arales
- Famili/Suku : Araceae (suku talas-talasan)
- Genus : Xanthosoma
- Jenis / Spesies : Xanthosoma sagittifolium L.

2.6 Kitosan

Kitosan merupakan senyawa polimer dari 2-amino-2-dioksi- β -D-Glukosa yang dapat dihasilkan dari kitin yang dihilangkan gugus asetilnya dengan menggunakan asam pekat. Kitosan merupakan senyawa yang tidak beracun serta mudah terbiodegradasi. Kitosan mempunyai potensi untuk dimanfaatkan pada berbagai jenis industri maupun aplikasi pada bidang kesehatan. Salah satu contoh

aplikasi kitosan yaitu sebagai pengikat bahan-bahan untuk pembentukan alat-alat gelas, plastik, karet, dan selulosa yang sering disebut dengan formulasi adesif khusus.

Pemanfaatan kitosan sebagai bahan tambahan pada pembuatan film plastik berfungsi untuk memperbaiki transparansi film plastik yang dihasilkan dan meningkatkan sifat mekanik dari film (Joseph *et al.*, 2009). Kitosan mempunyai sifat yang baik untuk dibentuk menjadi plastik dan mempunyai sifat antimikrobakterial. Kitosan mudah digabungkan dengan material lainnya (Dutta *et al.*, 2009).

Kitosan tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut asam organik di bawah pH 6 antara lain asam formiat, asam asetat, dan asam laktat. Kelarutan kitosan dalam pelarut asam anorganik sangat terbatas, antara lain sedikit larut dalam larutan HCl 1% tetapi tidak larut dalam asam sulfat dan asam phosphate (Nadarajah, 2005). Berikut ini kualitas standar kitosan, disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kualitas standar kitosan

Sifat-Sifat Kitosan	Nilai yang dikehendaki
Kadar air % (W/W)	<10
Kadar Abu % (W/W)	>2
Derajat Deasetilasi % (W/W)	> 70
Warna	Putih kekuningan

Sumber: Protan Laboratories Inc, 2004 dalam Fachry dan Sartika, 2012

2.7 *Plasticizer*

Plasticizer merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam suatu bahan pembentuk film untuk meningkatkan fleksibilitasnya, karena dapat menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimernya, sehingga film akan lentur ketika dibengkokkan (Yulianti dan Ginting, 2012). Karakteristik fisik *edible film* dipengaruhi oleh jenis bahan serta jenis dan konsentrasi *plasticizer*. *Plasticizer* dari golongan polihidrik alkohol atau poliol diantaranya adalah gliserol dan sorbitol.

Sifat fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan *edible film* antara lain ketebalan, pemanjangan, dan kekuatan peregangan. Ketebalan menentukan ketahanan film terhadap laju perpindahan uap air, gas dan senyawa volatil lainnya.

Pemanjangan menunjukkan kemampuan rentang *edible film* yang dihasilkan. Penambahan sorbitol dapat meningkatkan nilai pemanjangan sehingga kerapuhan *edible film* menurun dan permeabilitasnya meningkat. Kekuatan peregangan merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film tetap bertahan sebelum putus/sobek, yang menggambarkan kekuatan film (Devino, 2014).

2.8 Gliserol

Gliserol merupakan salah satu *plasticizer*. Gliserol adalah senyawa yang banyak ditemukan pada lemak hewani maupun lemak nabati sebagai ester gliseril pada asam palmitat dan oleat. Gliserol adalah senyawa yang netral, dengan rasa manis tidak berwarna, cairan kental. Gliserol dapat larut sempurna dalam air dan alkohol, tetapi tidak dalam minyak. Sebaliknya, banyak zat dapat lebih mudah larut dalam gliserol dibanding dalam air maupun alkohol, oleh karena itu gliserol merupakan jenis pelarut yang baik (Yusmarlela, 2009).

Gliserol (1,2,3 propanetriol) atau disebut juga gliserin merupakan senyawa alkohol trihidrat dengan rumus bangun $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$ merupakan cairan yang tidak berwarna, tidak berbau dan merupakan cairan kental yang memiliki rasa manis (Pagliaro dan Rossi., 2008). Secara umum, senyawa poliol (polihidroksi termasuk gliserol) dari berbagai sumber, banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan industri.

Salah satu contoh pemanfaatan gliserol dalam industri polimer yakni sebagai pemlastik maupun pemantap. Senyawa poliol dapat diperoleh dari hasil industri petrokimia, maupun langsung dari transformasi minyak nabati dan olahan industri oleokimia. Senyawa poliol khususnya gliserol yang terbuat dari minyak nabati dan industri oleokimia bersifat dapat diperbaharui, sumber mudah diperoleh, dan juga ramah dengan lingkungan karena mudah terdegradasi di alam (Yusmarlela, 2009).

Gliserol juga larut sempurna dalam alkohol, dapat terlarut dalam pelarut tertentu misalnya eter dan etil asetat, namun bersifat tidak larut dalam hidrokarbon. Gliserol memiliki banyak kegunaan, hal ini ditunjukkan dengan adanya keragaman jenis produk berbahan baku gliserol yang saat ini beredar

secara luas di pasaran seperti dalam pembuatan pernis, tinta, permen dan lain sebagainya (Wardani, 2007). Gliserol memiliki kegunaan diantaranya dalam bidang kosmetik digunakan sebagai *body agent, emollient, humectants, lubricant, solven*.

Biasanya dipakai untuk *skin cream and lotion, shampoo and hair conditioners*, sabun dan *detergen*, Pada industri makanan dan minuman digunakan sebagai solven, emulsifier, *conditioner, freeze, preventer and coating* serta dalam industri minuman anggur, Pada Industri Logam digunakan untuk *pickling, quenching, stripping, electroplating, galvanizing* dan *solfering*, pada industri kertas dan plastic digunakan sebagai *humectant, plasticizer, dan softening agent*, pada industri farmasi digunakan untuk antibiotik dan kapsul, pada bidang fotografi digunakan sebagai *plasticizing*, dan pada industri tekstil digunakan untuk *lubricating, antishrink, waterproofing* dan *flameproofing* (Ismawati, 2013).

Sifat-sifat fisika gliserol dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Sifat Fisika Gliserol

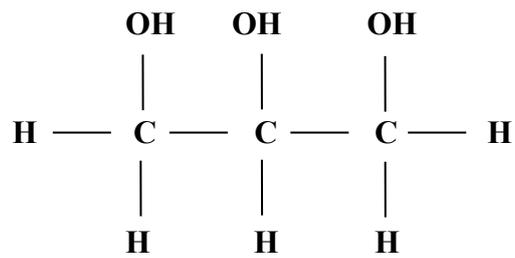
Karakteristik	Nilai
Berat Molekul	92,09 kg/kmol
Titik Beku	17,9°C
Titik Didih	204 °C
Spesifik Gravity	1,260
Densitas	0,847g/cm ³ 70 °C
Vikositas	34cP

Sumber: Winarno, 1991

Adapun sifat kimia gliserol yaitu sebagai berikut : larut dalam air, merupakan senyawa hidroskopis, tidak stabil pada suhu kamar, dan rumus kimia gliserol yaitu C₃H₈O₃. Gliserol merupakan salah satu *plasticizer* yang banyak digunakan karena cukup efektif mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekuler. Gliserol merupakan *plastizicer* yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentuk plastik yang bersifat hidrofilik seperti pati. Ia dapat meningkatkan sorpsi molekul polar seperti air.

Peran gliserol sebagai *plasticizer* dan konsentrasinya meningkatkan fleksibilitas plastik. Molekul *plastizicer* akan mengganggu kekompakan pati, menurunkan interaksi intermolekuler dan meningkatkan mobilitas polimer.

Selanjutnya mengakibatkan peningkatan *elongation* dan penurunan *tensile strength* seiring dengan peningkatan konsentrasi gliserol. Penurunan interaksi intermolekuler dan peningkatan mobilitas molekul akan memfasilitasi migrasi molekul uap air (Gontard *et al.*, 1993). Berikut ini gambar struktur kimia gliserol, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur Kimia Gliserol
(Sumber : Bunyamin, 2011)