

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik Biodegradable

2.1.1 Plastik

Menurut Eden dalam Davidson (1970), klasifikasi plastik berdasarkan struktur kimianya terbagi atas dua macam yaitu linier dan jaringan tiga dimensi. Bila monomer membentuk rantai polimer yang lurus (linier) maka akan terbentuk plastik thermoplastik yang mempunyai sifat meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan sifatnya dapat balik (*reversible*) kepada sifatnya yakni kembali mengeras bila didinginkan. Bila monomer berbentuk tiga dimensi akibat polimerisasi berantai, akan terbentuk plastik thermosetting dengan sifat tidak dapat mengikuti perubahan suhu. Bila sekali pengerasan telah terjadi, maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali.

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 semisintetik, 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 (Azizah, 2009).

Plastik adalah senyawa polimer dengan struktur kaku yang terbentuk dari polimerisasi monomer hidrokarbon yang membentuk rantai panjang. Plastik mempunyai titik didih dan titik leleh yang beragam, hal ini berdasarkan pada monomer pembentukannya. Monomer yang sering digunakan dalam pembuatan plastik adalah propena (C_3H_6), etena (C_2H_4), vinil khlorida (CH_2), nylon, karbonat (CO_3), dan styrene (C_8H_8). 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 (Azizah, 2009). Plastik merupakan bahan kemasan utama saat ini. Salah satu jenis plastik adalah *Polytehylene* (PE).

Polietilen dapat dibagi menurut massa jenisnya menjadi dua jenis, yaitu: *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE). LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/mL, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115°C. Sedangkan HDPE bermassa jenis lebih besar yaitu 0,95-0,97 g/mL, dan berbentuk kristalin (kristalinitasnya 90%) serta memiliki titik leleh di atas 127°C (beberapa macam sekitar 135°C) (Billmeyer,1971). Secara kimia, LDPE mirip dengan HDPE. Tetapi secara fisik LDPE lebih fleksibel dan kerapatannya lebih kecil dibandingkan HDPE. Perkembangan selanjutnya, telah diproduksi LDPE yang memiliki bentuk linier dan dinamakan *Low Linear Density Polyethylene* (LLDPE). Kebanyakan LDPE dipakai sebagai pelapis komersial, plastik, lapisan pelindung sabun, dan beberapa botol yang fleksibel. Kelebihan LDPE sebagai material pembungkus adalah harganya yang murah, proses pembuatan yang mudah, sifatnya yang fleksibel, dan mudah didaur ulang. Selain itu, LDPE mempunyai daya proteksi yang baik terhadap uap air, namun kurang baik terhadap gas lainnya seperti oksigen. LDPE juga memiliki ketahanan kimia yang sangat tinggi, namun melarut dalam benzena dan *tetrachlorocarbon* (CCl₄) (Billmeyer, 1971).

Keunggulan lain jenis plastik berkerangka dasar polietilen dibandingkan dengan jenis plastik lainnya ialah jenis plastik ini mempunyai nilai konstanta dielektrik yang kecil, sehingga sifat kelistrikannya lebih baik (Billmeyer,1971). Sifat tersebut semakin baik dengan tingginya jumlah hidrogen atau klorida dan fluorida yang terikat pada tulang punggung Polietilen. LDPE diklasifikasikan sebagai materi semi permeabel karena permeabilitasnya terhadap bahan kimia yang volatil. LDPE diproduksi dari gas etilen pada tekanan dan suhu tinggi dalam reaktor yang berisi pelarut hidrokarbon dan katalis logam yaitu *Ziegler Catalysts*. Polimer yang dihasilkan berupa bubur yang kemudian difiltrasi dari pelarutnya.

LDPE disintesis secara komersial pada tahun 1940. Sintesis tersebut menghasilkan LDPE dengan rantai bercabang. Hasil ini dibuktikan dengan spektroskopi IR. Percabangan LDPE dapat mengandung 50 cabang pendek dan paling sedikit 1 cabang panjang setiap basisnya. Percabangan yang terbentuk

menghasilkan bentuk ikatan silang (Billmeyer,1971). Dalam mengolah limbah plastik menjadi BBM tidak diperlukan perlakuan pre-sortir dan tidak pula diperlukan kondisi yang harus bersih dari kotoran seperti: pasir, abu, kaca, logam, tekstil, air, minyak bekas dll. Setiap satuan berat plastik, dapat menghasilkan kurang lebih 70% minyak dan 16% gas.

Selain memiliki berbagai kelebihan tersebut plastik juga mempunyai kelemahan diantaranya adalah bahan baku utama pembuat plastik yang berasal dari minyak bumi yang apa bila sering digunakan akan menyebabkan semakin menipisnya minyak bumi dan tidak dapat diperbaharui. Selain itu, plastik tidak dapat dihancurkan dengan cepat dan alami oleh mikroba penghancur di dalam tanah. Hal ini mengakibatkan terjadinya penumpukan limbah dan menjadi penyebab pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup (Cereda, 2007)

Kelemahan plastik lain yang berbahaya bagi kesehatan manusia adalah migrasi residu monomer vinil klorida sebagai unit penyusun polivinilklorida (PVC) yang bersifat karsinogenik (Siswono, 2008).

2.1.2 Plastik Biodegradable

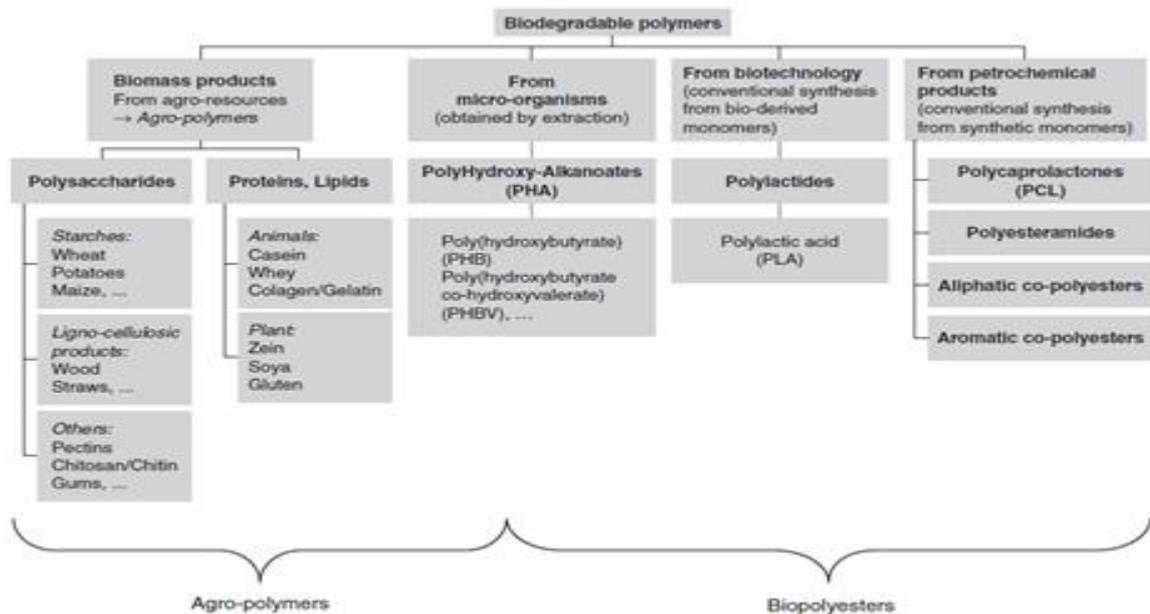
Biodegradable dapat diartikan dari tiga kata yaitu *bio* yang berarti makhluk hidup, *degra* yang berarti terurai dan *able* berarti dapat. Jadi, film plastik *biodegradable* adalah film plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme. Film plastik ini, biasanya digunakan untuk pengemasan. Kelebihan film plastik antara lain tidak mudah ditembus uap air sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengemas (Mahalik, 2009).

Bioplastik atau yang sering disebut plastik biodegradable, merupakan salah satu jenis plastik yang hampir keseluruhannya terbuat dari bahan yang dapat diperbarui, seperti pati, minyak nabati, dan mikrobiota. Ketersediaan bahan dasarnya di alam sangat melimpah dengan keragaman struktur tidak beracun. Bahan yang dapat diperbarui ini memiliki biodegradabilitas yang tinggi sehingga sangat berpotensi untuk dijadikan bahan pembuat bioplastik (Stevens, 2002).

Permintaan bioplastik yang meningkat menyebabkan bioplastik berkembang cepat dalam produk termoplastik global, baik yang bersifat biodegradable atau non-biodegradable. Permintaan bioplastik global diperkirakan akan mencapai lebih dari satu milyar pon pada 2012. Saat ini, segmen bioplastik biodegradable adalah segmen terbesar dari kategori bioplastik, tetapi diperkirakan akan digeser oleh kelompok produk bioplastik non-biodegradable, yang paling tidak 100% berasal dari biomassa. Penggunaan utama bioplastik ditujukan untuk kemasan, pelayanan makanan sekali pakai, dan serat aplikasi (Phil dan Stephen, 2008).

2.1.3 Penggolongan Plastik Biodegradable

Menurut Averous (2008), plastik biodegradable dikelompokkan menjadi dua kelompok dan empat keluarga yang berbeda. Kelompok utama ialah *agropolymer* yang terdiri dari polisakarida, protein dan lain sebagainya; dan yang kedua ialah biopoliester (*biodegradable polyesters*) seperti poli asam laktat (PLA), polyhydroxyalkanoate (PHA), aromatik dan alifatik kopoliester. Biopolimer yang tergolong agro polimer adalah produk – produk biomassa yang diperoleh dari bahan – bahan pertanian seperti polisakarida, protein dan lemak. Biopoliester dibagi lagi berdasarkan sumbernya. Kelompok *polyhydroxy-alkanoate* (PHA) disapatkan dari aktivitas mikroorganisme yang didapatkan dengan cara ekstraksi. Contoh PHA diantaranya *Poly(hydroxybutyrate)* (PHB) dan *Poly(hydroxybutyrate co-hydroxyvalerate)* (PHB). Kelompok lain adalah biopoliester yang diperoleh dari aplikasi bioteknologi, yaitu dengan sintesis secara konvensional monomer-monomer yang diperoleh secara biologi yang disebut kelompok polilaktida. Contoh polilaktida ialah poli asam laktat. Kelompok terakhir diperoleh dari produk-produk petrokimia yang disintesis secara konvensional dari monomer – monomer sintesis. Kelompok ini terdiri dari *polycaprolactones* (PCL), *polyestermides*, *aliphatic co-polyester* dan *aromatic co-polyester*.



Sumber : Averous, 2008

Gambar 1 Klasifikasi Plastik Biodegradable

Plastik *biodegradable* dapat dihasilkan melalui beberapa cara, salah satunya adalah biosintesis menggunakan bahan berpati atau berselulosa. Cara pembuatan *biodegradable plastic* yang berbasis pati antara lain:

1. Mencampur pati dengan plastik konvensional (PE atau PP) dalam jumlah kecil (10- 20%)
2. Mencampur pati dengan turunan hasil samping minyak bumi, seperti PCL, dalam komposisi yang sama (50%)
3. Menggunakan proses ekstruksi untuk mencampur pati dengan bahan-bahan seperti protein kedelai, gliserol, alginat, lignin, dan sebagainya sebagai bahan *plasticizer* (Flieger *et al.*, 2003).

2.1.4 Standar untuk Plastik Biodegradable

Pengujian sifat *biodegradable* bahan plastik dapat dilakukan menggunakan enzim, mikroorganisme dan uji penguburan. Metode uji standar dan protokol diperlakukan untuk menetapkan dan mengkuantifikasi degradabilitas dan biodegradasi polimer, dan konfirmasi dengan alam dari *breakdown* produk.

Standar telah dibangun atau dibawah pembangunan oleh badan Standar Nasional Amerika (ASTM); Eropa (CEN); Jerman (DIN); Jepang (JIS) dan Organisasi Standar Internasional (ISO) untuk mengevaluasi dan mengkuantifikasi *biodegradable* dibawah kondisi lingkungan/pembuangan yang berbeda seperti pengomposan, tanah, laut, Instalasi Pengolahan Air Limbah, dan *anaerobic digester*. Tidak ada perbedaan yang besar diantaranya. Standar ISO akan membawa semua standar tersebut dan menyediakan standar yang diterima secara global (Narayan, 1999).

American Society for Testing and Materials (ASTM) mengeluarkan “Standar Spesifikasi untuk Plastik Dapat Dikompos” D6400-99. Standar ini menetapkan kriteria (spesifikasi) untuk plastik dan produk yang dibuat dari plastik untuk diberi label dapat dikompos. Standar tersebut menetapkan apakah plastik dan produk yang terbuat dari plastik dapat dikompos, termasuk biodegradasi pada tingkat yang sebanding dengan bahan yang diketahui dapat dikompos. (Narayan, 1999) Lembaga standarisasi internasional (ISO) telah mengeluarkan metode standar pengujian sifat biodegradabilitas bahan plastik sebagai berikut:

a. ISO 14851

Penentuan biodegradabilitas aerobik final dari bahan plastik dalam media cair – Metode pengukuran kebutuhan oksigen dalam respirometer tertutup;

b. ISO 14852

Penentuan biodegradabilitas aerobik final dari bahan plastik dalam media cair – Metode analisa karbondioksida yang dihasilkan;

c. ISO 14855

Penentuan biodegradabilitas aerobik final dan disintegrasi dari bahan plastik dalam kondisi komposting terkendali – Metode analisa karbondioksida yang dihasilkan.

2.2 Tanaman Umbi Keladi

Keladi berasal dari daerah sekitar India dan Indonesia, yang kemudian menyebar hingga ke China, Jepang, dan beberapa pulau di Samudra Pasifik. Pertumbuhan paling baik dari tanaman ini dapat dicapai dengan menanamnya di daerah yang memiliki ketinggian 0 m hingga 2740 m di atas permukaan laut, suhu antara 21 – 27°C, dan curah hujan sebesar 1750 mm per tahun. Bagian yang dapat dipanen dari tumbuhan keladi adalah umbinya, dengan umur panen berkisar antara 6 -18 bulan dan ditandai dengan daun yang tampak mulai menguning atau mengering (Sutrisno, 2014).



Sumber: Sutrisno, 2014

(a)

(b)

(c)

Gambar 2 (a) umbi keladi yang baru dipanen, (b) umbi keladi yang sudah dibuang bagian daunnya, (c) umbi keladi yang sudah dikupas kulitnya

Keladi umumnya tumbuh subur di daerah negara-negara tropis. Bahan pangan ini memiliki kontribusi dalam menjaga ketahanan pangan di dalam negeri dan juga berpotensi sebagai baraneksport yang dapat menghasilkan keuntungan. Pemasarannya selain dapat dilakukan dalam bentuk segar, juga dapat dilakukan dalam bentuk umbi beku ataupun umbi kaleng yang memenuhi syarat ukuran tertentu (Sutrisno, 2014).

Keladi merupakan tanaman sekulen yaitu tanaman yang umbinya banyak mengandung air. Umbi tersebut terdiri dari umbi primer dan umbi sekunder. Kedua umbi tersebut berada di bawah permukaan tanah. Hal yang membedakannya adalah umbi primer merupakan umbi induk yang memiliki bentuk silinder dengan panjang 30 cm dan diameter 15 cm, sedangkan umbi sekunder merupakan umbi yang tumbuh di sekeliling umbi primer dengan ukuran

yang lebih kecil. Umbi sekunder ini digunakan oleh keladi untuk melakukan perkembangbiakannya secara vegetatif (Sutrisno, 2014).

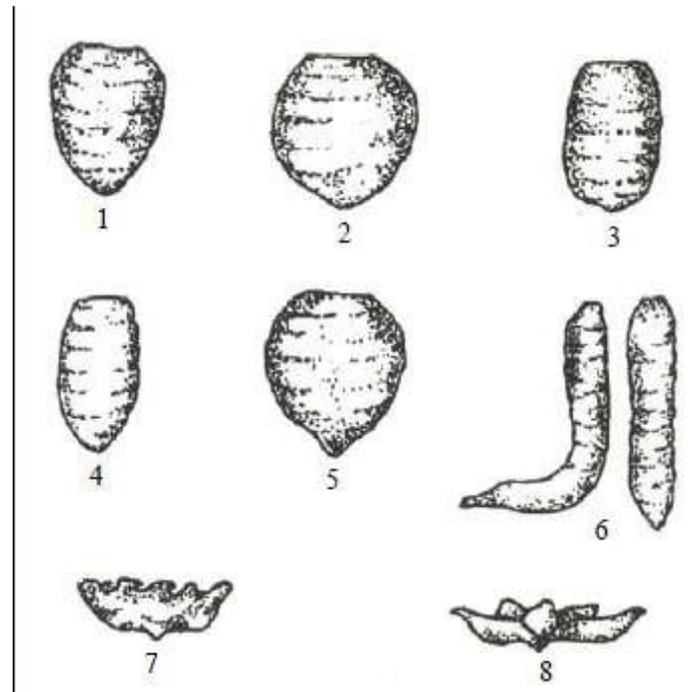
2.2.1 Klasifikasi Umbi Keladi

Umbi keladi (*Colocasia esculenta*) merupakan tanaman pangan yang termasuk jenis herba menahun. Keladi memiliki berbagai nama umum di seluruh dunia, yaitu *Taro*, *Old cocoyam*, *Abalong*, *Taioba*, *Arvi*, *Keladi*, *Satoimo*, *Tayoba*, dan *Yu-tao*. Tanaman ini diklasifikasikan sebagai tumbuhan berbiji (*Spermatophyta*) dengan biji tertutup (*Angiospermae*) dan berkeping satu (*Monocotyledonae*) (Diah, 2014).

Taksonomi tumbuhan keladi secara lengkap adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledonae
Ordo	: Arales
Famili	: Araceae
Genus	: Colocasia
Species	: <i>Colocasia esculenta</i>

Umbi keladi memiliki berbagai macam bentuk yang sangat tergantung dengan lingkungan tempat tumbuhnya serta varietasnya. Minantiyorini dan Hanarida (2012) melakukan klasifikasi terhadap plasma nutfah berbagai jenis talas hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.2 yang menunjukkan berbagai macam bentuk dari umbi keladi, mulai dari yang kerucut (1), membulat (2), silindris (3), elips (4), halter (5), memanjang (6), datar dan bermuka banyak (7), dan tandan (8). Umumnya keladi yang tersebar di Indonesia memiliki bentuk kerucut, silindri, atau elips, dengan sebagian kecil daerah memproduksi talas dengan bentuk umbi membulat, halter, memanjang, dan tandan. Untuk bentuk umbi datar dan bermuka banyak, hingga kini belum ada ditemui di Indonesia.



Sumber: Elvira, 2012

Gambar 3 Klasifikasi berbagai bentuk umbi keladi

Sebagian besar umbi keladi memiliki kulit tipis dengan permukaan kulit yang berserabut. Bentuk umbi keladi sangat beragam. Bentuk umbi akan mempengaruhi kemudahan dalam pengemasan/pengepakan umbi untuk kepentingan transportasi, maupun kemudahan dalam proses pengolahannya. Sebagai contoh, keladi dengan bentuk yang tidak berlekuk lebih mudah dikupas dan menghasilkan jumlah rendemen hasil kupasan yang lebih tinggi dibandingkan umbi talas yang bentuknya tidak beraturan (Elvira, 2012)

Umbi keladi dapat dijumpai dengan ukuran berat yang bervariasi mulai dari 95 gram sampai dengan 932 gram, dengan berat rata-rata sekitar 446 gram. Berat umbi biasanya semakin besar jika ukuran umbi semakin besar. Ukuran bobot menjadi penting diperhatikan jika umbi akan diolah menjadi tepung karena akan mempengaruhi jumlah rendemen yang diperoleh (Elvira, 2012).

2.2.2 Kandungan Umbi Keladi

Umbi keladi segar mengandung 63 – 85% air dengan 13 – 29% karbohidrat. Pati merupakan komponen karbohidrat utama di dalam umbi keladi. Selain itu, umbi keladi juga mengandung protein, sedikit lemak dan kaya kalsium, fosfor, besi, vitamin C, tiamin, riboflavin dan niasin.

Tabel 1 Komposisi kimia Umbi Keladi segar

Komponen	Komposisi
Kadar air	63 – 85 %
Karbohidrat (sebagian besar dalam bentuk pati)	13 – 29 %
Protein	1,4 – 3,0 %
Lemak	0,16 – 0,36 %
Serat kasar	0,60 – 1,18 %
Abu	0,60 – 1,30 %
Vitamin C	7 – 9 mg/100 g
Tiamin	0,18 mg/100 g
Riboflavin	0,04 mg/100 g
Niasin	0,9 mg/100 g

Sumber : Elvira, 2012

Jika dihitung dari total padatannya, kadar protein umbi keladi sekitar 7%. Jumlah ini lebih tinggi dibandingkan dengan kadar protein (dihitung dari total padatan) umbi dari ubi kayu, ubi jalar maupun uwi. Protein lebih terkonsentrasi pada daging umbi dibagian luar daripada dibagian tengah. Karena itu, proses pengupasan harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak banyak protein yang terbuang (Elvira, 2012)

Dengan kadar air yang tinggi, maka seperti bahan pangan segar lainnya, umbi keladi segar mudah rusak selama penyimpanan. Untuk mempermudah penggunaan dan memperpanjang umur simpannya, umbi keladi diolah menjadi tepung atau diekstrak patinya sehingga diperoleh pati keladi.

Dalam bentuk tepung, keladi memiliki komposisi nutrisi yang lebih baik dibandingkan beras. Dari Tabel 2.2 terlihat bahwa kadar air yang relatif sama, tepung keladi mengandung protein yang lebih tinggi dan dengan kadar lemak yang lebih rendah daripada beras. Kandungan serat keladi juga cukup tinggi.

Kehadiran serat ini sangat baik untuk menjaga kesehatan saluran cerna (Elvira, 2012).

Tabel 2 Perbandingan komposisi kimia umbi keladi dan beras

Komponen	Keladi	Beras
Kadar air (g/100g)	10,20	9,06
Protein (g/100g)	12,25	10,50
Lemak (g/100g)	0,50	1,01
Abu (g/100g)	4,15	0,78
Karbohidrat total (g/100g)	72,15	78,45
Pati (g/100g)	67,42	67,42
- Amilosa (g/100g)	2,25	9,32
- Amilopektin (g/100g)	65,17	58,10

Sumber : Elvira, 2012

Granula dari pati keladi berukuran kecil. Dari aspek daya cerna, pati dengan ukuran granula yang kecil lebih mudah dicerna sehingga dapat digunakan sebagai ingredien untuk makanan pengganti ASI (MP-ASI), untuk orang tua, maupun orang yang bermasalah dengan saluran cerna. Secara tradisional, masyarakat di kepulauan Pasifik dan Hawaii telah menggunakan keladi sebagai ingredien untuk makanan bayi (Elvira, 2012)

2.2.3 Asam Oksalat dalam Umbi Keladi

Keladi memiliki banyak getah (gum). Keberadaan gum ini, dan kadar amilopektinnya yang lebih tinggi dari amilosa menyebabkan rasa dan tekstur keladi menjadi lengket dan pulen (Sutrisno, 2014)

Umbi keladi seringkali menimbulkan rasa gatal, sensasi terbakar, dan iritasi pada kulit, mulut, tenggorokan, serta saluran cerna pada saat dikonsumsi. Keladi mengandung asam oksalat yang mempengaruhi penyerapan kalsium dalam saluran pencernaan, yaitu dengan pembentukan ikatan-ikatan kalsium yang tidak dapat larut air (Sutrisno, 2014).

Kalsium oksalat berbentuk kristal yang menyerupai jarum. Selain kalsium oksalat, keladi juga mengandung asam oksalat yang dapat membentuk kompleks dengan kalsium. Keberadaan asam oksalat diduga dapat mengganggu penyerapan

kalsium. Asam oksalat bersifat larut dalam air, sementara kalsium oksalat tidak larut dalam air tetapi larut dalam asam kuat. Oksalat tidak tersebar secara merata di dalam umbi keladi. Agar aman dikonsumsi, maka asam oksalat di dalam keladi harus dibuang. Proses perebusan dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah oksalat terlarut jika air rebusan dibuang, karena senyawa ini terlarut ke dalam perebusan. Selain itu, perendaman dalam air hangat, perkecambahan, dan fermentasi juga dapat dilakukan untuk menurunkan kadar oksalat terlarut (Sutrisno, 2014).

Rasa gatal pada saat mengonsumsi talas disebabkan oleh tusukan jarum-jarum kristal kalsium oksalat yang terbungkus dalam suatu kapsul transparan berisi cairan yang berada diantara sel-sel umbi tersebut. Kapsul-kapsul ini disebut rafid. Rafid-rafid ini tertancap pada dinding pemisah antara dua vakuola pada jaringan umbi dan ujung-ujungnya berada pada vakuola tersebut. Jika bagian umbi 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 (Sutrisno, 2014).

2.2.4 Pati Umbi Keladi

Tepung merupakan bentuk hasil pengolahan bahan yang dilakukan dengan memperkecil ukuran bahan menggunakan metode penggilingan. Tepung merupakan produk yang memiliki kadar air rendah sehingga daya awetnya pun tinggi. Proses penggilingan bahan disebabkan oleh bahan yang ditekan dengan gaya mekanis dari alat penggiling. Tepung mekanis pada proses penggilingan diikuti dengan peremukan bahan dan energi yang dikeluarkan sangat dipengaruhi oleh kekerasan bahan dan kecenderungan bahan untuk dihancurkan (Sutrisno, 2014).

Keladi memiliki potensi untuk dapat digunakan sebagai bahan baku tepung-tepungan karena memiliki kandungan pati yang tinggi, yaitu sekitar 70-

80%. Tepung keladi memiliki ukuran granula yang kecil, yaitu sekitar 0.5-5 mikron. Ukuran granula pati yang kecil ini ternyata dapat membantu individu yang mengalami masalah dengan pencernaannya karena kemudahan dari keladi untuk dicerna. Pemanfaatan lebih lanjut dari tepung keladi adalah dapat digunakan sebagai bahan industri makanan seperti biskuit ataupun makanan lainnya (Sutrisno, 2014).

Terdapat beberapa cara yang bisa dilakukan untuk mendapatkan tepung keladi. Proses pembuatan tepung dapat dilakukan dengan berbagai cara tergantung dari jenis umbi-umbian itu sendiri. Proses pembuatan tepung talas diawali dengan pencucian dan pengupasan umbi segar. Lalu dilakukan pengirisan yang ditujukan untuk memperbesar luas permukaan dari talas pada saat dikeringkan. Dapat juga terlebih dahulu dilakukan proses perendaman keladi di dalam asam sulfat dan perendaman di dalam air mendidih selama 4-5 menit sebelum keladi mengalami pengeringan dengan tujuan untuk mengurangi kandungan oksalat di dalamnya. Kandungan oksalat yang ada di keladi memang cukup tinggi dan bila tidak dihilangkan ataupun dikurangi, maka saat pangan olahan dari keladi dikonsumsi, orang yang mengkonsumsi akan merasa gatal gatal pada tenggorokannya (Sutrisno, 2014).

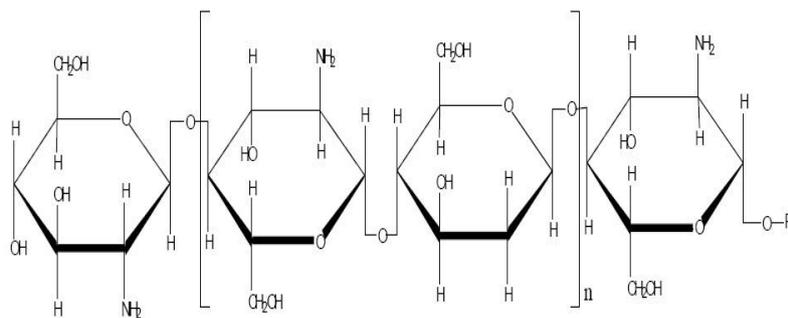
Pengeringan talas dapat dilakukan baik itu dengan menggunakan alat pengering maupun sinar matahari. Secara umum, pengeringan dengan menggunakan alat pengering lebih baik daripada menggunakan sinar matahari. Kelebihannya antara lain suhu pengeringan dan laju alir udara panas yang dapat dikontrol, kebersihan yang lebih terjaga, dan pemanasan terjadi secara merata. Akan tetapi, pengoperasian alat pengering terkadang memerlukan keahlian dari pengguna alatnya dan memakan biaya yang agak sedikit lebih mahal (Sutrisno, 2014).

2.3 Kitosan

Kitosan adalah turunan kitin yang pertama kali ditemukan pada tahun 1894 oleh Hoppe Seyler. Proses deasetilasi dilakukan dengan merefluks kitin

dalam kalium hidroksida (Lisbeth Tampubolon, 2008). Kitin dapat diperoleh dari limbah pengolahan hasil laut. Kandungan kitin pada limbah udang mencapai 42-57%, pada limbah kepiting mencapai 50- 60%, cumi-cumi 40% dan kerang 14-35%. Karena bahan baku udang lebih mudah diperoleh, maka sintesis kitin dan kitosan lebih banyak memanfaatkan limbah udang (Yurnaliza, 2002)

Kitosan memiliki struktur poli β -(1,4)-2-amino-2'-deoksi-D-glukosa, sedangkan kitin memiliki struktur β -(1,4)-2-asetamida-2'-deoksi-Dglukosa. Perbedaan kitin dan kitosan terletak pada perbandingan gugus amina (-NH₂) dengan gugus asetil (CH₃CO-) yang disebut derajat deasetilasi. Modifikasi kimiawi menyebabkan turunan kitin, seperti kitosan, memiliki sifat yang lebih baik. Struktur kitosan dapat dilihat pada gambar berikut :



Sumber: Hanfa Z., Quanzhou L., Dongmei Z., 2001

Gambar 4 Struktur Kitosan

Kitosan merupakan polimer kationik yang bersifat nontoksik, dapat mengalami biodegradasi dan bersifat biokompatibel. Sifat ini yang menyebabkan kitosan diaplikasikan sebagai bahan penutup luka dan material hemostatik dalam bentuk gel atau spon. Muatan positif kitosan membuatnya bersifat antibakteri. Uji aktivitas antibakteri menggunakan kitosan yang diperoleh secara enzimatik. Uji pada bakteri patogen dengan menggunakan metode difusi agar menunjukkan hasil yang positif dengan indeks penghambatan berturut-turut adalah sebagai berikut: 2,47; 3,23; 3,26; 2,23; 2,3; dan 2,07 unit per milligram kitosan per jam untuk *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, dan *Bacillus cereus* (Meidina dkk., 2004).

Penelitian tentang kitosan dikembangkan menjadi bahan aditif dalam pembuatan material selulosa. Kitosan ditambahkan untuk membuat material selulosa yang dapat digunakan sebagai pembalut luka dan bersifat antibakteri. Campuran keduanya juga diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik dan kimia dari material yang dihasilkan. Jaehwan Kim et al. (2010) melakukan penelitian tentang material selulosa dengan merendamnya dalam campuran asam asetat dengan kitosan 1%. Perubahan fisik dan kimia terlihat pada material selulosa sebelum dan sesudah perendaman.

Kitosan yaitu poly-D-glucosamine (tersusun lebih dari 1000 unit glukosamin dan asetilglukosamin) dengan berat molekul lebih dari satu juta ton, merupakan *dietary fiber* (serat yang bisa dimakan) kedua setelah selulosa. Kitosan mempunyai nama lain selain Khitin yaitu Kitosan Askorbat, N-Carboxybutyl Kitosan, unsur penting ke-6, dan sebagainya. Volume produksinya di alam bebas menempati peringkat kedua setelah serat, diperkirakan volume total makhluk laut di atas 100 juta ton per tahun. kitosan dianggap sebagai limbah karena sifatnya yang tidak larut dalam air, asam, basa maupun pelarut organik lainnya, sehingga modal untuk mengembangkannya jauh lebih mahal daripada penggunaan serat secara langsung (Meidina dkk, 2009).

Proses pembuatan kitosan, terlebih dahulu dilakukan penghilangan mineral (demineralisasi). Kulit udang ditambahkan HCl, campuran dipanaskan pada suhu 70 – 80 oC selama 4 jam sambil diaduk dengan pengaduk 50 rpm, lalu disaring. Padatan yang diperoleh dicuci dengan akuades untuk menghilangkan HCl yang masih tersisa. Filtrat terakhir yang diperoleh diuji dengan larutan perak nitrat (AgNO₃), bila sudah tidak terbentuk endapan putih maka ion Cl⁻ dalam larutan sudah tidak ada lagi. Padatan dikeringkan dalam oven pada suhu 70 oC selama 24 jam dan diperoleh serbuk kulit udang tanpa mineral. Serbuk ini kemudian didinginkan dalam desikator, untuk proses penghilangan protein dalam melakukan penghilangan protein (deproteinasi), serbuk kulit udang kering hasil proses demineralisasi ditambahkan NaOH, campuran ini dipanaskan pada suhu 65 -70 oC selama 4 jam disertai dengan pengudukan 50 rpm. Padatan yang ada

dikeringkan dan didinginkan. Padatan ini berupa kitin, kemudian dicuci dengan akuades sampai pH menjadi netral. Kitin yang sudah dicuci ditambah dengan etanol 70 % untuk melarutkan kitosan terlarut dan dilanjutkan dengan penyaringan, kemudian dicuci dengan akuades panas dan aseton untuk menghilangkan warna, dilakukan sebanyak dua kali. Padatan dikeringkan pada suhu 80 oC selama 24 jam dan selanjutnya dikeringkan dalam desikator. (Weska dan Moura, 2006). Rendemen kitin yang diperoleh sebanyak 35 % (Puspawati dan Simpen, 2010). Penditeksian kitin dilakukan dengan reaksi warna Van Wesslink, dimana kitin direaksikan dengan larutan I2-KI 1% akan memberikan warna coklat. Penambahan H2SO4 1 M memberikan warna violet (Marganov, 2003).

Deasetilasi Kitin menjadi Kitosan, yaitu kitin ditambah NaOH 60 % , campuran diaduk dan dipanaskan pada suhu 120 oC selama 4 jam. Campuran disaring melalui kertas saring *wollfram*, selanjutnya larutan dititrasi menggunakan HCl untuk mengendapkan kembali kitosan yang ada dalam larutan. Campuran yang ada endapan disentrifuge untuk memisahkan kitosan. Padatan yang diperoleh dicuci dengan akuades, padatan yang berupa bubuk kitosan berwarna putih krem dikeringkan pada 80 oC selama 24 jam sebanyak 55 % (Puspawati dan Simpen, 2010). Untuk menguji kemurniaan kandungan kitosan dalam bubuk sebanyak 1 gram dilarutkan dalam 100 mL asam asetat 2 % dengan perbandingan 1 : 100 (b/v) antara kitosan dengan pelarut. Kitosan dikatakan mempunyai kemurnian yang tinggi bila larut dalam larutan asam asetat 2% tersebut (Marganov, 2003).

Tabel 3 Mutu Standar Kitosan

Sifat-sifat khitosan	Nilai-nilai yang dikehendaki
Bentuk partikel	butiran-bubuk
Kadar air (% w)	< 10
Kadar abu (% w)	> 2
Derajat deasetilasi (DD)	> 70
Viskositas (cP)	
Rendah	< 200
Sedang	200 – 799
Tinggi	800 – 2000
Paling tinggi	> 2000

Sumber: Sedjati, 2007

Kitin dan Kitosan sangat banyak diaplikasikan diberbagai bidang, diantaranya :

a. Bidang industri

Di industri kitosan digunakan sebagai koagulan polielektrolit pengolahan limbah cair, pengikat dan penyerap ion logam, mikroalga, residu pestisida, lemak, tanin, PCB (poliklorinasi bifenil), mineral dan asam organik, media kromatografi afinitas, gel dan pertukaran ion, penyalut berbagai serat alami dan sintetik, pembentuk film dan membran mudah terurai

b. Bidang pertanian dan pangan

Pada bidang ini digunakan untuk pencampur ransum pakan ternak, serat bahan pangan, penstabil, pembentuk gel, pembentuk tekstur, pengental dan pengemulsi produk olahan, pembawa zat aditif makanan, flavor, zat gizi, virusida tanaman, dan deasidifikasi buah-buahan, sayuran dan penjernih sari buah.

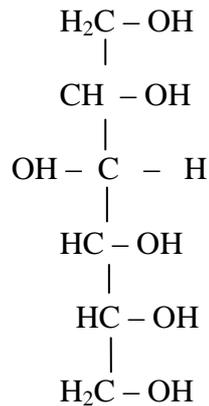
c. Bidang kedokteran

Digunakan untuk mencegah pertumbuhan *Candida albicans* dan *Staphylococcus aureus*, antimikrob dan antijamur, antikoagulan, antitumor, antivirus, pembuluh darah-kulit dan ginjal sintetik, bahan pembuat lensa kontak, aditif komestik, membran dialisis, bahan shampoo, zat hemostatik, penstabil liposom, bahan ortopedik, pembalut luka dan benang bedah yang mudah diserap, serta mempertinggi daya kekebalan, antiinfeksi (Sugita dkk, 2009).

2.4 Sorbitol

Sorbitol atau D-Sorbitol atau D-Glucitol atau D-Sorbite adalah monosakarida poliol (*1,2,3,4,5,6-Hexanehexol*) dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. Sorbitol berupa senyawa yang berbentuk granul atau kristal dan berwarna putih dengan titik leleh berkisar antara 89° sampai dengan $101^\circ C$, higroskopis dan berasa manis. Sorbitol memiliki tingkat kemanisan relatif sama dengan 0,5 sampai dengan 0,7 kali tingkat kemanisan sukrosa dengan nilai kalori sebesar 2,6 kkal/g atau setara dengan 10,87 kJ/g. Penggunaannya pada suhu tinggi tidak ikut berperan dalam reaksi pencoklatan (Safridatun, 2013).

Sorbitol ($C_6H_{14}O_6$) berasal dari golongan gula alkohol. Gula alkohol merupakan hasil reduksi dari glukosa di mana semua atom oksigen dalam molekul gula alkohol yang sederhana terdapat dalam bentuk kelompok hidroksil, Rumus kimia sorbitol dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 5 Struktur rumus sorbitol

Sifat fisika

Sifat-sifat Fisika :

- Specific gravity : 1.472 ($-5^{\circ}C$)
- Titik lebur : $93^{\circ}C$ (Metasable form)
 $97,5^{\circ}C$ (Stable form)
- Titik didih : $296^{\circ}C$
- Kelarutan dalam air : 235 gr/100 gr H_2O
- Panas Pelarutan dalam air : 20.2 KJ/mol
- Panas pembakaran : -3025.5 KJ/mol

Sifat Kimia

Sifat-sifat Kimia :

- Berbentuk kristal pada suhu kamar
- Berwarna putih tidak berbau dan berasa manis
- Larut dalam air, glycerol dan propylene glycol
- Sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat dan phenol
- Tidak larut dalam sebagian besar pelarut organik

(Perry, 1950 dalam Diah, 2014)

Sorbitol adalah senyawa monosakarida polyhidric alcohol. Nama kimia lain dari sorbitol adalah hexitol atau glusitol. Struktur molekulnya mirip dengan struktur molekul glukosa hanya yang berbeda gugus aldehid 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 tekstil dan kulit (Othmer, 1960).

Zat ini berupa bubuk kristal berwarna putih yang higroskopis, tidak berbau dan berasa manis, sorbitol larut dalam air, gliserol, propylene glycol, serta sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat, phenol dan acetamida. Namun tidak larut hampir dalam semua pelarut organik. Sorbitol termasuk dalam golongan GRAS, sehingga aman dikonsumsi manusia, tidak menyebabkan karies gigi dan sangat bermanfaat sebagai pengganti gula bagi penderita diabetes dan diet rendah kalori (Safridatun, 2013).

Sorbitol digunakan sebagai suatu humektan (pelembab) pada berbagai jenis produk sebagai pelindung melawan hilangnya kandungan moisture. Dengan sifat tekstur dan kemampuan untuk menstabilisasi kelembaban, sorbitol banyak digunakan untuk produksi permen, roti dan coklat dan produk yang dihasilkan cenderung menjadi kering atau mengeringkan. Sorbitol bersifat non-cariogenik (tidak menyebabkan kanker) dan berguna bagi orang-orang penderita diabetes. Secara kimiawi sorbitol sangat tidak reaktif dan stabil, dapat berada pada suhu tinggi dan tidak mengalami reaksi Maillard (pencokelatan). Sehingga pada produksi kue berwarna segar, tidak ada penampilan warna coklatnya. Juga berkombinasi baik dengan ramuan makanan lain seperti gula, jelly, lemak sayuran dan protein (Safridatun, 2013).

a. Bidang makanan

Sorbitol umumnya ditambahkan pada makanan untuk memberikan ketahanan mutu dasar yang dimiliki makanan tersebut selama dalam proses penyimpanan. Pada perusahaan produsen permen, sorbitol diproses bersama gula agar permen

yang dihasilkan menjadi tahan lama. Biasanya banyak digunakan untuk pembuatan permen bebas gula, permen karet, dessert beku dan bakery.

b. Bidang Farmasi

Sorbitol merupakan salah satu bahan baku vitamin C. Selain itu sorbitol berfungsi sebagai pemanis, sehingga sering digunakan sebagai bahan baku dasar obat berbentuk sirup. Bagi penderita diabetes, sorbitol dapat dipakai sebagai bahan pemanis pengganti glukosa, fructose, maltose dan sukrose. Untuk produk makanan dan minuman diet, sorbitol memberikan rasa manis yang sejuk di mulut.

c. Bidang kosmetik dan Pasta gigi

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, dapat mencegah kerusakan gigi dan memperlambat terbentuknya caries gigi.

d. Industri Kimia

Sorbitol banyak dibutuhkan sebagai bahan baku surfaktan seperti polyoxyethylene Sorbitan fatty acid Esters dan Sorbitan fatty Acid Esters. 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. Aplikasi lain, sorbitol digunakan sebagai bahan baku pembuatan vitamin C. Negara-negara barat mengaplikasikan sorbitol sebagai bahan baku pembuatan vitamin C.

d. Kegunaan lainnya

Sorbitol digunakan pada industri tekstil, kulit, kertas dan semir sepatu, sorbitol digunakan sebagai bahan pelunak dan stabilisator emulsi. Sedangkan pada

industri rokok sorbitol digunakan sebagai stabilisator kelembaban, penambah aroma dan menambah rasa sejuk (Safridatun, 2013).

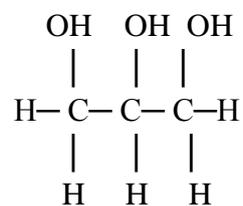
Adapun kegunaan sorbitol secara singkat dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4 Kegunaan Sorbitol

BIDANG	KEGUNAAN
Farmasi / Makanan / Minuman	<ul style="list-style-type: none"> - Produksi Ascorbit Acid (vitamin C) - Pemberi rasa manis - Stabilisator kelembaban - Pembentuk sirup dan menjaga kerusakan gigi - Dietary dan pengganti sucrose pada diabetiser - Membantu metabolisme
Pasta gigi / Kosmetik	<ul style="list-style-type: none"> - Stabilisator kelembaban - Penyegar - Non toxic - Memperlambat terbentuknya caries Gigi
Rokok / Tembakau	<ul style="list-style-type: none"> - Stabilisator kelembaban - Penambah aroma dan rasa sejuk
Kulit / kertas / cat khusus / textile / semir sepatu	<ul style="list-style-type: none"> - Stabilisator emulsi / suspensi / kelembaban - Bahan pelunak dan tahan panas - Antistatic agent (textile)

Sumber: Safridatun, 2013

2.5 Gliserol



Gambar 6 Struktur Kimia Gliserol

Gliserol merupakan 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 dengan titik lebur 20°C dan memiliki titik didih yang tinggi yaitu 290°C. Gliseol 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. Gliserol (1,2,3 propanetriol) merupakan cairan yang tidak berwarna, tidak berbau dan merupakan cairan kental yang memiliki rasa manis (Pagliano dan Rossi, 2008).

Tabel 5 Karakterisasi Gliserol

Nama IUPAC	Propan 1,2,3 triol
Nama lain	Gliserin, 1,2,3 propanetriol, 1,2,3 tritydroxypropana, glyceritol, glycy alcohol
Rumus kimia	C ₃ H ₅ (OH) ₃
Berat molekul	92,09382 g/mol
Densitas	1,261 g/ml
Viskositas	1,5 Pa.s
Titik leleh	17,8 °C (64,2°F)
Titik nyala	290 °C (554°F)
Titik lebur	18,2°C
Titik didih	290 °C

Sumber : Wales, 2010

Gliserol hadir dalam bentuk ester (gliserida) pada semua hewan, lemak dan minyak nabati. Sifatnya yang mudah menyerap air dan kandungan energi yang dimilikinya membuat gliserol banyak digunakan pada industri makanan, farmasi maupun kosmetik. Gliserol dapat diperoleh secara komersil sebagai produk sampingan ketika lemak dan minyak yang dihidrolisis untuk menghasilkan asam lemak. Gliserol juga disintesis pada skala komersil dari propylene (diperoleh dengan cracking minyak bumi), karena pasokan gliserol alam tidak memadai. Selain sintesis dengan propylene, gliserol juga dapat diperoleh selama fermentasi gula natrium bisulfit jika ditambah dengan ragi.

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 akrab dengan lingkungan karena mudah terdegradasi di alam. 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 (Yusmarlela, 2009).

Dalam pembuatan bioplastik, gliserol mempunyai peranan yang cukup penting. Gliserol merupakan salah satu agen pemplastis yang sering digunakan. Hal ini karena gliserol merupakan bahan yang murah, sumbernya mudah diperoleh, dapat diperbarui, dan juga akrab dengan lingkungan karena mudah terdegradasi oleh alam. Pati yang merupakan polimer alam yang tidak mahal dan terbarukan yang hadir dalam bentuk butiran tidak dapat diproses menjadi material termoplastik karena kuatnya ikatan hidrogen intermolekular dan intramolekular. Tetapi menjadi polimer yang biodegradable yang biasa disebut *thermoplastic starch*. Gliserol umumnya digunakan sebagai material plastisasi dalam proses pembuatan plastik yang bersifat degradable. Material plastisasi umumnya merupakan molekul kecil yang larut dalam struktur yang amorf diantara moleku-molekul polimer yang lebih besar. Material plastisasi memacu proses pencetakan, dan meningkatkan fleksibilitas produk. Diperlukan komposisi pencampuran yang sempurna untuk memperoleh distribusi homogen (Zhong Lin, 2008).