

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik *Biodegradable*

2.1.1 Pengertian Plastik

Sejak ditemukan oleh Baekeland pada tahun 1909, plastik yang awalnya hanya digunakan untuk kepentingan Perang Dunia Pertama, mulai diproduksi secara massal. Jenis-jenis plastik pun bertambah, awalnya hanya bakelit (dinamai sesuai penemunya) yang berkarakteristik keras dan stabil, menjadi beragam seperti polistirena yang berbentuk gabus, PVC yang digunakan untuk peralatan rumah tangga dan nilon yang digunakan untuk bahan pakaian. Produksinya juga berkembang secara luar biasa, 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 60kg/orang/tahun, di Amerika Serikat mencapai 80kg/orang/tahun, sementara di India hanya 2kg/orang/tahun (Monruw, 2010).

Salah satu bentuk plastik yang sering kita gunakan adalah kantong plastik. Kantong plastik merupakan hasil penemuan Sten Gustaf Thulin, seorang ilmuwan Swedia. Dia mengembangkan ide untuk membuat kantong yang simpel, ringan, kuat, dan praktis yang terbuat dari plastik. Penemuannya kemudian dipatenkan oleh perusahaan Celloplast pada tahun 1965. Tahun 1980-an, dua supermarket terbesar di Amerika, Saveway dan Kroger mulai mengganti penggunaan kantong kertas dengan kantong plastik. Sejak saat itu kantong plastik menjadi alat pembawa yang umum digunakan di seluruh dunia. Sekarang, setiap tahun sekitar 500 miliar sampai 1 triliun kantong plastik dipakai di seluruh dunia. Karena hanya digunakan untuk sekali pakai dan sifatnya yang tidak dapat terdegradasi, maka kantong ini kebanyakan menjadi limbah dan kemudian menimbulkan masalah bagi lingkungan (Monruw, 2010).

Plastik merupakan bahan yang sangat sulit terurai oleh lingkungan. Plastik dapat pecah dan lapuk karena sinar ultraviolet dan proses-proses fisik yang terjadi di alam, tapi bukan berarti plastik benar-benar hancur. Plastik tersebut hanya

menjadi plastik yang lebih kecil dan semakin kecil dan akhirnya dapat menyusup ke rantai makanan. Proses pelapukan plastik pun melepaskan berbagai bahan berbahaya seperti PCB dan dioksin. Plastik yang mengalir bersama limbah lainnya ke laut, terapung-apung dan sering disalahpahami oleh hewan sebagai plankton atau ubur-ubur. Banyak hewan pemangsa memakan plastik dan mengalami keracunan. Plastik juga tidak dapat dicerna dan menyangkut di saluran pencernaan, sehingga setelah membunuh seekor hewan, plastik tersebut tidak rusak dan dapat membunuh hewan lain lagi dan lagi (Monruw, 2010).

Sejak munculnya kesadaran akan pencemaran lingkungan, bermunculan berbagai solusi, misalnya 3R (reduce, reuse dan recyle). Sayangnya daur ulang plastik tidak mencapai 30% dari total plastik yang diproduksi. Hal ini berarti kita terus menerus melepaskan limbah yang berbahaya, konsisten dan tidak dapat terurai ke lingkungan. Plastik harus berhenti diproduksi, dan harus ditemukan bahan lain sebagai penggantinya. Oleh karena itu, sejak tahun 2004 mulai dikembangkan bioplastik, yaitu plastik yang terbuat dari senyawa organik dan strukturnya memungkinkan untuk terurai (Monruw, 2010).

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 S. dan Stephen W, 2008).

2.1.2 Bioplastik (Biodegradabel)

Seiring dengan meningkatnya kesadaran untuk pelestarian lingkungan, kebutuhan bahan plastik biodegradabel mengalami peningkatan dari tahun ketahun. Pada tahun 2010, diproyeksikan produksi plastik biodegradabel akan mencapai 1.200.000 ton atau menjadi 1/ 10 dari total produksi bahan

plastik. Industri plastik biodegradabel akan berkembang menjadi industri besar di masa yang akan datang (Pranamuda H, 2009). Bioplastik 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 biodegradabel merupakan bahan plastik yang ramah terhadap lingkungan (Worldcentric, 2009; Pranamuda H, 2009).

Berdasarkan bahan baku yang dipakai, plastik biodegradabel dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok dengan bahan baku petrokimia (non-renewable resources) dengan bahan aditif dari senyawa bio-aktif yang bersifat biodegradabel, dan kelompok kedua adalah dengan keseluruhan bahan baku dari sumber daya alam terbarukan (renewable resources) seperti dari bahan tanaman pati dan selulosa serta hewan seperti cangkang atau dari mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk mengakumulasi plastik yang berasal dari sumber tertentu seperti lumpur aktif atau limbah cair yang kaya akan bahan-bahan organik sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme tersebut (Wikipedia, 2009; Adam S dan Clark D, 2009).

Menurut laporan Pranamuda H (2009) dalam penelitiannya, menyatakan bahwa saat ini polimer plastik biodegradabel yang telah diproduksi adalah kebanyakan dari polimer jenis poliester alifatik. Plastik biodegradabel yang sudah diproduksi skala industri, antara lain:

- 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 butirir) (PHB) : PHB adalah poliester yang diproduksi sebagai cadangan makanan oleh mikroorganisme seperti *Alcaligenes* (*Ralstonia*) *eutrophus*, *Bacillus megaterium* dsb. PHB mempunyai

titikleleh yang tinggi ($T_m = 180^\circ\text{C}$), tetapi karena kristalinitasnya yang tinggi menyebabkan sifat mekanik dari PHB kurang baik (Ping KC, 2006). Poli (butilena suksinat) (PBS): PBS mempunyai titik leleh yang setara dengan plastik konvensional polietilen, yaitu $T_m = 113^\circ\text{C}$.

- c. Poli asam laktat (PLA) : PLA merupakan poliester yang dapat diproduksi menggunakan bahan baku sumberdaya alam terbaru 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).

Menurut Handayani dkk (2009) Plastik *biodegradable* jika dibakar, hasilnya bukan senyawa yang beracun. Plastik tersebut sangat sesuai dengan siklus karbon alami, karena ketika dibuang ke lingkungan dan diurai oleh mikroorganisme diperoleh hasil CO_2 . Peristiwa *biodegradasi* dapat terjadi di semua lingkungan, baik pada kondisi aerob maupun anaerob, dan di dalam tubuh hewan (Diah, 2014).

Menurut Gautam (2009) kegunaan plastik *biodegradable* pada kehidupan sehari-hari antara lain:

1. Sebagai kemasan (wadah makanan dan pembungkus)
2. Sebagai kantong plastik untuk pengomposan sampah makanan dan sebagai tas di supermarket
3. Produk Catering (sendok, garpu, piring, cangkir, sedotan)
4. Pertanian (Film mulsa, pot tanaman)
5. Produk-produk kesehatan
6. Implant pada Medis dan Dental

Plastik *biodegradable* ini berkembang sangat pesat. Berbagai riset telah dilakukan di negara maju seperti Jerman, Prancis, Jepang, Korea, Amerika Serikat, Inggris dan Swiss yang ditujukan untuk menggali berbagai potensi bahan baku pembuatan plastik. Aktivitas penelitian lain yang dilakukan adalah

bagaimana mendapatkan kemasan plastik *biodegradable* yang mempunyai daya tahan dan harga yang lebih murah.

2.1.3 Plastik Konvensional (non-biodegradabel)

Ratusan juta ton plastik yang digunakan di bumi ini, maka ratusan juta ton juga sampah plastik yang dihasilkan dan menjadi polutan utama dunia. Karena bahan dasar plastik adalah phthalate ester, di(ethylhexyl) phthalate (DEHP) yang bersifat stabil, sukar diuraikan oleh mikroorganisme sehingga kita terus-menerus memerlukan area untuk pembuangan sampah. Pada makanan yang dikemas dalam bungkus plastik, adanya migrasi zat-zat monomer dari bahan plastik ke dalam makanan, terutama jika makanan tersebut tak cocok dengan kemasan atau wadah penyimpanannya yang tidak mungkin dapat dicegah 100% (terutama jika plastik yang digunakan tak cocok dengan jenis makanannya). Migrasi monomer terjadi karena dipengaruhi oleh suhu makanan atau penyimpanan dan (Koswara S, 2006).

Plastik mudah terbakar, ancaman terjadinya kebakaran pun semakin meningkat. Asap hasil pembakaran bahan plastik sangat berbahaya karena mengandung gas-gas beracun seperti hidrogen sianida (HCN) dan karbon monoksida (CO). Hidrogen sianida berasal dari polimer berbahan dasar akrilonitril, sedangkan karbon monoksida sebagai hasil pembakaran tidak sempurna. Hal inilah yang menyebabkan sampah plastik sebagai salah satu penyebab pencemaran udara dan mengakibatkan efek jangka panjang berupa pemanasan secara global pada atmosfer bumi.

Tabel 2.1 Jenis – jenis Plastik Berdasarkan Pengklasifikasian Bahan Baku dan Kemampuan Degradasi

Jenis Bahan Baku	Biodegradabilitas	
Terbarukan	<i>Biodegradable</i>	<i>Non-Biodegradable</i>
	Bahan berbasis pati, bahan berbasis Selulosa, PLA dan PHA	PE dan PVC

Biodegradabilitas	Tidak Ada	Rendah	Tinggi
Kompostabilitas	Tidak Ada	Rendah	Tinggi
Hasil Pembakaran	Stabil	Agak Stabil	Kurang Stabil
Contoh	PP	Pe + Pati	PLA
	PE	Pe + Selulosa	PHA
	Polistirena		

(Sumber: Vilpoux dan Aveorus, 2006)

Menurut Kaplan, dkk (1994), biodegradasi didefinisikan sebagai salah satu proses yang terjadi oleh sistem biologi (biasanya oleh bakteri atau jamur) dimana rantai polimer diputus melalui aktivitas enzimatik. Dua tahap proses biodegradasi adalah depolimerisasi atau pemutusan rantai mineralisasi. Pada langkah depolimerisasi, enzim ekstraseluler yang bertanggung jawab bertindak baik secara endozim (pemutusan secara acak pada ikatan rantai secara berurutan dari ujung rantai satu polimer). Mineralisasi didefinisikan sebagai proses pengubahan fragmen oligomer yang lebih sederhana menjadi biomassa, garam dan mineral, air dan gas seperti CO₂, CH₄ dan N₂. Bioplastik merupakan suatu mineral polimer yang berubah dalam senyawa berat molekul rendah dimana paling sedikit satu tahap pada proses degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami.

2.1.4 Sifat mekanik plastik *biodegradable*

Sifat mekanik *film* plastik yang menjadi standar kekuatan dari *film* plastik yang umumnya terdiri dari kuat tarik, elongasi (Yun dkk., 2009) dan modulus Young (Su dkk., 2007) biasanya disebut sebagai sifat peregangan. Kekuatan tarik suatu bahan merupakan gambaran mutu bahan secara mekanik (Akrom, 2009). Sifat peregangan menunjukkan bagaimana materi akan bereaksi terhadap gaya yang diterapkan dalam ketegangan. Uji tarik merupakan uji mekanik dasar yang digunakan untuk menentukan modulus elastisitas, batas elastis, elongasi, kekuatan tarik, titik leleh dan sifat tarik lainnya (Larson, 2010).

Plastik banyak digunakan untuk berbagai hal, diantaranya sebagai pembungkus makanan, alas makan dan minum, untuk keperluan sekolah, kantor, automotif dan berbagai sektor lainnya. karena memiliki banyak keunggulan antara lain lebih ringan, ekonomis, transparan, kuat, tidak mudah pecah, bentuk laminasi yang dapat dikombinasikan dengan bahan kemasan lain dan sebagian ada yang tahan panas dan stabil (Nurminah, 2002).

2.2 Tanaman Umbi Keladi (*Colocasia Esculenta*)

2.2.1 Definisi

Talas merupakan tanaman pangan berupa herba menahun. Talas termasuk dalam suku talas-talasan (*Araceae*), berperawakan tegak, tingginya 1 cm atau lebih dan merupakan tanaman semusim atau sepanjang tahun. Talas mempunyai beberapa nama umum yaitu *Taro*, *Old cocoyam*, *'Dash(e)en'* dan *'Eddo (e)'*. Di beberapa negara dikenal dengan nama lain, seperti: *Abalong* (Philipina), *Taioba* (Brazil), *Arvi* (India), *Keladi* (Malaya), *Satoimo* (Japan), *Tayoba* (Spanyol) dan *Yu-tao* (China). Asal mula tanaman ini berasal dari daerah Asia Tenggara, menyebar ke China dalam abad pertama, ke Jepang, ke daerah Asia Tenggara lainnya dan ke beberapa pulau di Samudra Pasifik, terbawa oleh migrasi penduduk. Di Indonesia talas bisa di jumpai hampir di seluruh kepulauan dan tersebar dari tepi pantai sampai pegunungan di atas 1000 m dpl., baik liar maupun di tanam (Spentiba, 2011).

Keladi biasanya tumbuh didaerah beriklim lembab (curah hujan tinggi) dan daerah beriklim kering (curah hujan rendah), tetapi ada kecenderungan bahwa produk keladi akan lebih baik pada daerah yang beriklim rendah atau iklim panas. Curah hujan optimum untuk pertumbuhan tanaman keladi adalah 175 cm pertahun. Keladi juga dapat tumbuh di dataran tinggi, pada tanah gembur dan tumbuh sangat baik pada lahan yang bercurah hujan 2000 mm/tahun atau lebih. Selama pertumbuhan tanaman keladi menyukai tempat terbuka dengan penyinaran penuh serta tanaman ini mudah tumbuh pada lingkungan dengan suhu 25-30°C dan kelembaban tinggi (Prosea, 1994).

Kandungan karbohidrat pada talas cukup tinggi meskipun tidak sebesar singkong, beras, maupun gandum. Komponen terbesar dari karbohidrat talas adalah pati yang mencapai 77,9 persen. Pati umbi talas terdiri atas 17-28 persen amilosa, sisanya 72-83 persen adalah amilopektin (Spentiba, 2011).

Tingginya kadar amilopektin menyebabkan talas bersifat pulen dan lengket seperti beras ketan. Keunggulan lain dari pati talas adalah mudah dicerna, sehingga cocok digunakan sebagai makanan bayi atau penyembuhan pasca sakit. Talas juga memiliki kadar protein yang lebih baik. Protein ini mengandung beberapa asam amino esensial meski miskin histidin, lisin, isoleusin, triptofan, dan metionin. Untuk meningkatkan kualitas protein, talas dapat dikonsumsi dengan kacang-kacangan. Talas juga mengandung lemak, vitamin, dan mineral (Spentiba, 2011).

Seperti umbi-umbian lain, umbi talas juga mengandung oligosakarida, terutama rafinosa. Oligosakarida tersebut tidak tercerna di dalam usus halus, tetapi masuk ke dalam usus besar. Di dalam usus besar, rafinosa difermentasi oleh sejumlah mikroflora menghasilkan bermacam gas, seperti metan (CH_4), karbon dioksida (CO_2), dan hidrogen (H_2) (Spentiba, 2011).



Gambar 2.1 Keladi

2.2.2 Sifat Fisika Kalsium Oksalat yang Ada Pada Keladi

Menurut Dani miharja (1981), gatal ini disebabkan oleh tusukkan jarum-jarum kristal kalsium oksalat yang terbungkus dalam suatu kapsul transparan berisi cairan, yang berada diantara sel umbi tersebut. Kapsul-kapsul ini sering disebut rafit. Rafit-rafit ini tertancap pada dinding pemisah antara dua vakuola pada jaringan umbi dan ujung-ujung yang berada pada vakuola. Jika bagian umbi dipotong atau dikupas, maka vakuola itu akan menyebabkan dinding kapsul pecah yang mengakibatkan Kristal kalsium oksalat tersebut kepermukaan dan menusuk ke bagian kulit. Tusukan-tusukan ini yang menyebabkan rasa gatal-gatal.

Di bawah ini merupakan kandungan kalsium oksalat yang ada pada tumbuhan-tumbuhan.

Tabel 2.3 Tumbuhan yang mengandung kalsium oksalat

Nama bahan	Jumlah (mg)
Ragi	46
Kacang Hitam	28
Kacang Gude	77
Umbi Keladi	133
Umbi Bit	40
Kentang	15

Sumber: Sedjaoetama (1976)

Umbi, pelepah dan daun keladi mengandung rafit yang banyaknya lebih kurang 2 sampai 3 batang rafit per cm². Rafit ini bentuknya bulat panjang agak melancip kedua ujungnya. Panjangnya kurang lebih 0,12 mm, garis tegaknya kurang lebih 0,04 mm, berisi 15 sampai 20 jarum, kristal yang panjangnya kurang lebih 0,0003 mm, dan berbentuk jarum yang meruncing kedua ujungnya (Danimiharja, 1981).

Menurut brukil (1996), Kristal kalsium oksalat merupakan suatu alkaloid. Bersifat tahan terhadap pemanasan sampai 100°C, tidak larut dalam alcohol 95%

atau dalam asam asetat, sebaliknya kalium oksalat ini bisa larut dalam asam khlor encer atau asam nitrit.

2.2.3 Klasifikasi tanaman Umbi Keladi

Taksonomi tumbuhan umbi keladi :

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Spermatophyta*
Subdivisi : *Angiospermae*
Kelas : *Monocotyledonae*
Ordo : *Arales*
Famili : *Araceae*
Genus : *Colocasia*
Species : *Colocasia esculenta*

2.2.4 Kandungan Kimia Pada Keladi

Menurut Syarief dan Irawati (1988), Keladi mengandung banyak senyawa kimia yang dihasilkan dari metabolisme sekunder seperti alkaloid, glikosida, saponin, minyak essensial, resin, gula dan asam-asam organik. Kalsium oksalat merupakan unsur kimia yang perlu diperhatikan pada tumbuhan ini, karena kalsium oksalat ini bisa menyebabkan gatal-gatal serta bisa menyebabkan iritasi pada kulit. Kalsium oksalat dari persenyawaan garam yaitu berupa ion kalsium dan ion oksalat. Ion ini sangat bermanfaat untuk proses metabolisme dan untuk pertahanan internal bagian keladi, namun untuk manusia senyawa ion bisa menimbulkan gatal-gatal dan iritasi pada kulit (Diah, 2014).

Untuk menghilangkan dan mengurangi kadar oksalat didalam talas dapat dilakukan perebusan, perendaman dalam air hangat, perendaman dalam larutan garam. Perkecambahan dan fermentasi juga dilakukan untuk menurunkan kadar oksalat terlarut. Salah satu untuk menanggulangi hal tersebut, maka dilakukan pengolahan talas menjadi tepung (Syarief dan Irawati, 1988).

2.2.5 Kandungan Gizi Keladi

Keladi merupakan sumber pangan yang penting karena selain merupakan sumber karbohidrat, protein dan lemak, talas juga mengandung beberapa unsur

mineral dan vitamin sehingga dapat dijadikan bahan obatobatan. Komposisi zat yang terkandung dalam 100 gram talas dapat dilihat pada Tabel 4 berikut :

Tabel 2.4 Kandungan Gizi Talas

Komponen	Satuan	Talas mentah	Talas Kukus	Talas Rebus
Energi	Kal	98	120	-
Protein	Gr	1,9	1,5	1,17
Lemak	Gr	0,2	0,3	29,31
Karbohidrat	Gr	23,7	28,2	0,026
Kalsium	Mg	28,0	31,0	-
Fospor	Mg	61,0	63,0	-
Besi	Mg	1,0	0,7	-
Vitamin A	RE	3,0	0	-
Vitamin C	Mg	4,0	2,0	-
Vitamin B1	Mg	0,13	0,05	-
Air	Gr	73,0	69,2	61,0
Bagian yang dapat dimakan	%	85,0	85,0	-

(Sumber: Spentiba (2011))

2.2.6 Pati Umbi Keladi

Pati merupakan senyawa polisakarida yang terdiri dari monosakarida yang berikatan melalui ikatan oksigen. Pati merupakan zat tepung dari karbohidrat dengan suatu polimer senyawa glukosa yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu amilosa dan amilopektin. Pati atau amilum adalah karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau. Pati merupakan bahan utama yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa (sebagai produk fotosintesis) dalam jangka panjang. Hewan dan manusia juga menjadikan pati sebagai sumber energi yang penting (Juniorso, dkk, 2004).

Menurut Hubeis (1984) tepung (Pati keladi) adalah bentuk hasil pengolahan bahan dengan cara penggilingan atau penepungan. Pada proses penggilingan ukuran bahan diperkecil dengan cara diremuk yaitu bahan ditekan dengan gaya mekanis dari alat penggiling.

Menurut Lingga (1986) proses pembuatan pati dapat dilakukan dengan berbagai cara tergantung dari jenis umbi-umbian itu sendiri. Proses pembuatan pati keladi diawali dengan pencucian dan pengupasan umbi segar, yang kemudian diiris. Pengirisan dimaksudkan untuk mempercepat proses pengeringan. Setelah itu dilakukan perendaman dengan air. Perendaman juga merupakan proses pencucian karena secara tidak langsung mempunyai efek membersihkan. Kemudian dilakukan pengeringan pada suhu sekitar 50-60°C sampai pada saat kadar air mencapai 12%. Pengeringan dilakukan selama 6 jam dan biasanya umbi yang dikeringkan tersebut dibolak-balik agar keringnya merata. Hasil dari pengeringan adalah berupa keripik keladi yang kemudian digiling untuk menghasilkan tepung (pati) keladi yang seragam dilakukan pengayakan (Diah, 2014).

2.3 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 H₂O. 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 $C_6H_{14}O_6$. 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).

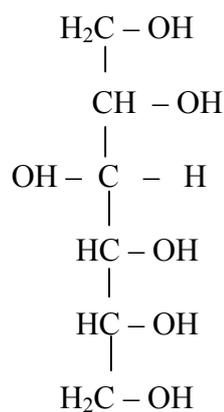
Sorbitol adalah senyawa monosakarida polyhidric alcohol. Nama kimia lain dari sorbitol adalah hexitol atau glusitol dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. Struktur molekulnya mirip dengan struktur molekul glukosa hanya yang berbeda gugus aldehyd pada glukosa diganti menjadi gugus alkohol. Sorbitol pertama 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 tekstil dan kulit (Othmer, 1960).

Kegunaan sorbitol dalam industri adalah sebagai berikut:

- 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 sukrosa.
- 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. 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 yang dapat mencegah kerusakan gigi dan memperlambat terbentuknya karies 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.
 - e. Aplikasi lain, sorbitol digunakan sebagai bahan baku pembuatan vitamin C.

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 2.2



Gambar 2.2 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).

Sifat-sifat Fisika :

- *Specific gravity* : 1.472 (-5°C)
- Titik lebur : 93 °C (*Metasable form*) 97,5 °C (*Stable form*)
- Titik didih : 296 °C
- Kelarutan dalam air : 235 gr/100 gr H₂O
- Panas Pelarutan dalam air : 20.2 KJ/mol
- Panas pembakaran : -3025.5 KJ/mol

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)

2.4 Gliserol

Gliserol ialah suatu trihidroksi alkohol yang terdiri atas tiga atom karbon. Gliserol larut baik dalam air dan tidak larut dalam eter. Gliserol merupakan cairan tidak berwarna, tidak berbau. Cairan kental dengan densitas 1,261, memiliki titik lebur 18,20C dan titik didih sebesar 2900C. Gliserol juga digunakan sebagai penghalus pada krim cukur, sabun, dalam obat batuk dan sirup atau untuk pelembab (Hart, 1983). Gliserol digunakan dalam industri farmasi dan kosmetika sebagai bahan dalam preparat yang dihasilkan. Di samping itu gliserol berguna

bagi kita untuk sintesis lemak di dalam tubuh. Gliserol yang diperoleh dari hasil penyabunan lemak atau minyak adalah suatu zat cair yang tidak berwarna dan mempunyai rasa yang agak manis (Poedjiadi, 2006).

Gliserol merupakan salah satu *plasticizer* yang banyak digunakan karena cukup efektif mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekuler. Secara teoritis *plasticizer* dapat menurunkan gaya internal diantara rantai polimer, sehingga akan menurunkan tingkat kegetasan dan meningkatkan permeabilitas terhadap uap air (Gontard dkk, 1993). Plastik *edible* yang dibentuk dari polimer murni bersifat rapuh sehingga digunakan *plasticizer* untuk meningkatkan fleksibilitasnya. Plastik kitosan dengan penambahan bahan tambahan *plasticizer* mempunyai sifat lebih fleksibel dari pada film tanpa *plasticizer*.

Rinaldi, dkk telah melakukan penelitian tentang *Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Kekutan Tarik dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik Dari Umbi Talas* dalam jurnal Teknik Kimia USU, *Article in press* (2014) dengan menggunakan metode *Casting*. Variabel yang digunakan adalah variasi larutan pati (0,2 w/v; 0,3 w/v; 0,4 w/v), volume gliserol (1 %v, 2 %v, 3 %v), dan temperatur pemanasan pembentukan gelatin (60°C, 70°C, 80°C). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa temperatur gelatinasi pati umbi talas yaitu 70°C. Penambahan gliserol berpengaruh terhadap nilai kekuatan Tarik dan pemanjangan saat putus. Seiring penambahan gliserol maka nilai kekuatan Tarik akan semakin menurun, sebaliknya nilai pemanjangan saat putus akan semakin meningkat.

Gliserol (1,2,3-propanatriol) atau disebut juga gliserin merupakan senyawa alkohol trihidrat dengan rumus bangun $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$. Gliserol berwujud cairan jernih, higroskopis, kental, dan terasa manis. Sifat fisik gliserol terdapat pada Tabel 2.5, seperti berikut :

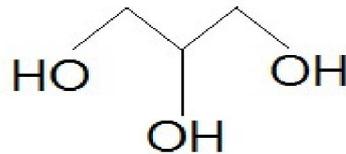
Tabel 2.5 Sifat fisik Gliserol

Sifat	Nilai
Bobot molekul	92,09382 g/mol
Viskositas pada suhu 20°C	1499 cP

Panas spesifik pada suhu 26°C	0,5795 kal/g
Densitas	1,261 g/cm ³
Titik leleh	18°C
Titik didih	290°C

Sumber : Kem, (1966)

Gliserol memiliki banyak kegunaan, diantaranya sebagai emulsifier,agen pelembut, plasticizer, stabilizer es krim, pelembab kulit, pasta gigi, obat batuk , sebagai media pencegah reaksi pembekuan darah merah, sebagai tinta printing , sbagai bahan aditif pada industri pelapis , cat, sebagai bahan antibeku, sumber nutrisi dalam proses fermentasi, dan bahan baku untuk nitrogliserin. Rumus struktur gliserol dapat dilihat pada gambar 2.3 :



Gambar 2.3 Struktur Gliserol (Solvay, 2001)

2.5 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 CH₃. 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 mikrobial mikrobial 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, sehingga dapat 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 (Marganof 2003 dan Widodo 2005).

Menurut Hotmatua S., 2004 aplikasi kitosan dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.6 Aplikasi kitosan

Aplikasi	Contoh
Pengolahan air	Sebagai pewarna, penyaring, penghilangan logam
<i>Pulp and paper</i>	Penghilangan karbon pada kertas fotokopi, kertas fotografi.
Medis	Penyembuh luka, kulit buatan, membrane, penghambatan plak gigi, cairan lensa kontak, mengontrol penyebaran obat,

	control kolestrol darah, inhibisi tumor.
Pertanian	Fertilizer, control penyebaran agrokimia, pelapisan pada benih dan daun.
Kosmetik	Pelembab, bedak, sabun mandi, cat kuku, pasta gigi, krim muka, tangan dan badan, memperbanyak busa.
Bioteknologi	Pemisahan protein, imobilisasi sel, imobilisasi enzim, perbaikan sel, kromatografi, elektroda sorbitol.
Pangan	Makanan tambahan untuk hewan, penstabil warna, penghilangan warna, untuk padatan, asam, pengawet.

Sumber: Hotmatua S (2004)

Menurut Handayani (2008) sifat khas dari kitosan antara lain bioadhesif, dapat meningkatkan penetrasi pada mukosa, menghambat enzim proteolitik, dan meningkatkan permeabilitas obat pada membran mukosa. Secara umum, kitosan sangat potensial untuk dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang farmasi, makanan, pengolahan limbah maupun lainnya, namun demikian, kitosan banyak dimanfaatkan dalam bidang kesehatan seperti dalam pembuatan bahan pembuat plester, penutup luka, salep luka, benang bedah, lensa dan ortopedi (Handayani, 2008).

Standar kitosan berdasarkan Sedjati, 2007 terdiri dari bentuk partikel, kadar air, kadar abu, derajat destilasi, viskositas. Adapun standar mutu kitosan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.7 Mutu Standar Kitosan

Sifat-sifat Kitosan	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

2.5.1 Sumber Kitosan

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.

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa sumber kitin dan kitosan yang banyak adalah terdapat pada udang-udangan (70%).

Tabel 2.7 Sumber Kitin dan Kitosan

Jenis	Kadar Kitosan
Jamur / Cendawan	5-20%
Cumi-cumi	3-20%
Kalajengking	30%
Laba-laba	38%
Kumbang	35%
Ulat Sutra	44%
Kepiting	69%
Udang	70%

(Manurung, 2005)

2.5.2 Sifat-sifat Kitosan

Kitosan merupakan padatan *amorfo* 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).

2.5.3 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, serta penanganan limbah.

2.6 Asam Asetat

Asam asetat atau asam cuka adalah senyawa kimia asam organik yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan. Asam cuka

memiliki rumus empiris $C_2H_4O_2$. Rumus ini sering kali ditulis dalam bentuk CH_3COOH , CH_3COOH , atau CH_3CO_2H . Asam asetat murni (disebut asam asetat glasial) adalah cairan higroskopis tak berwarna, dan memiliki titik beku $16,7^\circ C$ (Eugenia dkk, 2015).

Asam asetat merupakan salah satu asam karboksilat paling sederhana, setelah asam format. Larutan asam asetat dalam air merupakan sebuah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion H^+ dan CH_3COO^- . Asam asetat merupakan pereaksi kimia dan bahan baku industri yang penting. Asam asetat digunakan dalam produksi polimer seperti polietilena tereftalat, selulosa asetat, dan polivinil asetat, maupun berbagai macam serat dan kain. Dalam industri makanan, asam asetat digunakan sebagai pengatur keasaman. Di rumah tangga, asam asetat encer juga sering digunakan sebagai pelunak air (Petra dkk, 2015).