

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Singkong Karet

2.1.1 Definisi

Tanaman singkong merupakan salah satu jenis tanaman pertanian utama di Indonesia. Keunggulan dari tanaman ini adalah mudah tumbuh sekalipun pada tanah kering dan miskin unsur hara serta tahan terhadap serangan penyakit maupun tumbuhan pengganggu (gulma). Tanaman singkong ini juga mudah dibudidayakan karena perbanyakannya tanaman ini umumnya dengan stek batang (Askar, 1996).

Salah satu jenis singkong yang memiliki sumber pati yang sangat potensial untuk dijadikan bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* yang berasal dari tumbuhan yaitu singkong karet (*Manihot glaziovii*). Alasan penggunaan singkong karet karena singkong karet merupakan salah satu jenis singkong beracun yang mengandung sianida (CN⁻) sehingga kurang dimanfaatkan, namun memiliki berat 4 kali lipat berat singkong biasa. Oleh karena itu singkong jenis ini dapat digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan plastik *biodegradable*.

2.1.2 Klasifikasi

Adapun sistematika tanaman singkong karet adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae (Tumbuhan)
Sub kingdom : Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super divisi : Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas : Magnoliopsida (Berkeping dua)
Sub kelas : Rosidae
Ordo : *Euophorbiales*
Famili : Euphorbiaceae
Genus : Manihot
Spesies : Manihot Glaziovii

(Lies, 2005)



Gambar 1. Singkong Karet (Dokumentasi Pribadi)

2.1.3 Kandungan di dalam Singkong Karet

Kandungan pati di dalam singkong karet ini pun cukup banyak. Kandungan pati yang terdapat di dalam singkong karet dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan yang Terdapat di dalam Singkong Karet

No	Analisa	Kadar (%)
1	Kadar Abu	0,4734
2	Kadar Lemak Kasar	0,5842
3	Kadar Serat Kasar	0,0067
4	Kadar Protein Kasar	0,4750
5	Kadar Karbohidrat	98,4674

Sumber: Laboratorium Ilmu Makanan FK Undip, 2015

Selain kandungan gizi di atas, singkong juga mengandung racun yang dalam jumlah besar cukup berbahaya. Racun singkong yang selama ini kita kenal adalah asam biru atau asam sianida. Baik daun maupun umbinya mengandung suatu *glikosida cyanogenik*, artinya suatu ikatan organik yang dapat menghasilkan racun biru atau HCN yang bersifat sangat toksik (Sosrosoedirdjo, 1993).

Kandungan sianida dalam singkong sangat bervariasi. Rata-rata kadar sianida dalam singkong manis dibawah 50 mg/kg berat asal, sedangkan singkong pahit/racun diatas 50 mg/kg. Menurut FAO, singkong dengan kadar 50 mg/kg masih aman untuk dikonsumsi manusia (Winarno, 1983).

Besarnya racun dalam singkong setiap varietas tidak konstan dan dapat berubah. Hal ini disebabkan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu antara lain: keadaan iklim, keadaan tanah, cara pemupukan dan cara budidayanya.

2.1.4 Asam Sianida

Asam sianida merupakan senyawa yang terdapat dalam bahan makanan nabati dan secara potensial sangat beracun karena dapat terurai dan mengeluarkan hidrogen sianida. Hidrogen sianida dapat dikeluarkan bila komoditi tersebut dihancurkan, dikunyah, mengalami pengirisan, atau rusak. Asam sianida terdapat pada berbagai tanaman dengan nama senyawa yang berbeda seperti amigladin pada biji almonds, aprikot dan apel, dhurin pada biji shorgum, dan linamarin pada kara (lima bean) dan singkong. Amigladin memiliki suatu nama kimia, yaitu glukosida benzaldehida sianohidrin, dhurin, glukosida p-hidroksida-benzaldehida sianohidrin, linamarin, dan glukosida aseton sianohidrin (Winarno, 1983).

Tabel 2. Contoh Racun pada Tanaman Pangan dan Gejala Keracunannya

Racun	Tanaman	Gejala Keracunan
Asam Sianida	Singkong, gadung	Kegagalan pernapasan, kematian
Fitohemaglutinin	Kacang merah	Mual, muntah, nyeri perut, diare
Glikosida Sianogenik	Singkong, rebung, biji buah-buahan	Penyempitan saluran nafas, mual, muntah, sakit kepala
Glikoalkaloid	Kentang, tomat hijau	Rasa terbakar di mulut, sakit perut, mual, muntah
Kumarin	Seledri	Sakit perut, nyeri pada kulit jika terkena sinar matahari
Asam Oksalat	Bayam dan teh	Kram, mual, muntah, sakit kepala

Sumber: BPOM

Asam sianida disebut juga hidrogen sianida, biasanya terdapat dalam bentuk gas atau larutan dan terdapat pula dalam bentuk garam-garam alkali seperti potasium sianida. Sifat-sifat HCN murni mempunyai sifat tidak berwarna, mudah menguap pada suhu kamar dan mempunyai bau khas. HCN mempunyai berat molekul yang ringan, sukar terionisasi, mudah berdifusi dan lekas diserap melalui paru-paru, saluran cerna dan kulit (Sosrosoedirdjo, 1993).

HCN dikenal sebagai racun yang mematikan. HCN akan menyerang langsung dan menghambat sistem antar ruang sel, yaitu menghambat sistem *cytochrom oxidase* dalam sel-sel, hal ini menyebabkan zat pembakaran (oksigen) tidak dapat beredar ke setiap jaringan sel-sel dalam tubuh. Dengan sistem keracunan ini maka menimbulkan tekanan dari alat-alat pernafasan yang menyebabkan kegagalan pernafasan, menghentikan pernafasan dan jika tidak tertolong akan menyebabkan kematian. Bila dicerna, HCN sangat cepat terserap oleh alat pencernaan masuk ke dalam saluran darah, tergantung jumlahnya yang dapat menyebabkan sakit hingga kematian (dosis yang mematikan 0,5-3,5 mg HCN/kg berat badan) (Winarno, 1983).

2.1.5 Cara Mengurangi Kadar Asam Sianida

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan HCN yang terdapat dalam singkong, yaitu dengan cara perendaman, pencucian, perebusan, pengukusan, penggorengan atau pengolahan lain. Dengan adanya pengolahan dimungkinkan dapat mengurangi kadar HCN sehingga bila singkong dikonsumsi tidak akan membahayakan bagi tubuh (Sumartono, 1987).

Pengolahan secara tradisional dapat mengurangi bahkan menghilangkan kandungan racun HCN. Pada singkong, kulitnya dikupas sebelum diolah, direndam sebelum dimasak dan difermentasi selama beberapa hari. Dengan perlakuan tersebut linamarin banyak yang rusak dan hidrogen sianidanya ikut terbuang keluar sehingga tinggal sekitar 10-40 mg/kg (Winarno, 1983).

HCN dapat larut di dalam air maka untuk menghilangkan asam biru tersebut cara yang paling mudah adalah merendamnya di dalam air pada waktu tertentu (Kuncoro, 1993).

2.2 Plastik

Plastik adalah bahan yang mempunyai derajat kekristalan lebih rendah daripada serat. Plastik dapat dicetak (dicetak ulang) sesuai dengan bentuk yang diinginkan dan dibutuhkan dengan menggunakan proses *injection molding* dan ekstruksi (Farida, 2012).

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) (Arief, 2015).

Plastik merupakan suatu bahan yang tidak mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme pengurai karena sifat khusus yang dimilikinya yaitu suatu polimer rantai panjang sehingga bobot molekulnya tinggi dimana atom-atom penyusunnya saling mengikat satu sama lain. Hampir setiap produk seperti makanan dan minuman, menggunakan plastik sebagai kemasan. Sedangkan produk rumah tangga banyak yang menggunakan bahan dasar plastik karena plastik mempunyai keunggulan seperti ringan, kuat, transparan, tahan air serta harganya relatif murah dan terjangkau oleh semua kalangan masyarakat (Diah, 2014).

Plastik merupakan produk polimer sintesis yang terbuat dari bahan-bahan petrokimia yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Struktur kimiawi plastik yang mempunyai bobot molekul tinggi dan pada umumnya memiliki rantai ikatan yang kuat sehingga membutuhkan waktu yang lama agar dapat terurai di alam (Diah, 2014).

Berdasarkan ketahanan plastik terhadap perubahan suhu, maka plastik dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Termoplastik, bila plastik meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu, bersifat *reversible* (dapat kembali ke bentuk semula atau mengeras bila didinginkan).
2. Termoset atau *termodursisabile*, jenis plastik ini tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*non-reversible*). Sehingga bila pengerasan telah terjadi maka

bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan dengan suhu tinggi tidak akan melunakkan jenis plastik ini melainkan akan membentuk arang dan terurai.

Berikut adalah contoh polimer termoplastik yang terdapat dalam tabel 3.

Tabel 3. Polimer Termoplastik

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

Sumber: Sopiyan, 2001

Berikut adalah contoh polimer termosetting yang terdapat dalam tabel 4.

Tabel 4. Polimer Termosetting

Tipe	Singkatan	Kegunaan utama
Fenol-Formaldehida	PF	Alat listrik dan elektronik, bagian mobil, perekat polywood, <i>utensil handle</i>
Urea-Formaldehida	UF	Sama seperti PF, berfungsi sebagai pelapis
Poliester tak jenuh	-	Konstruksi, bagian-bagian mobil, lambung kapal, asesoris kapal, saluran anti korosi, tangki dan lain-lain, peralatan bisnis
Epoksi	-	Bahan pelapis protektif, perekat aplikasi-aplikasi listrik dan elektronik, bahan lantai industri, bahan pengaspal jalan raya, bahan paduan (komposit)
Melamin-Formaldehida	MF	Sama seperti polimer UF, bingkai dekoratif, tutup meja, perkakas makan

Sumber: Sopiyan, 2001

Diantara bahan kemasan tersebut, plastik merupakan bahan kemasan yang paling populer dan sangat luas penggunaannya. Plastik tidak hanya dipakai untuk kemasan pangan (*food grade*), tetapi juga banyak diaplikasikan sebagai bahan pelindung, pewadahan produk elektronika, komponen atau suku cadang dan zat kimia untuk industri. Bahan kemasan ini memiliki berbagai keunggulan yakni, fleksibel (dapat mengikuti bentuk produk), transparan (tembus pandang), tidak mudah pecah, bentuk laminasi (dapat dikombinasi dengan bahan kemasan lain), dan harganya relatif murah (Diah, 2014).

Disamping memiliki berbagai kelebihan yang tidak dimiliki oleh bahan kemasan lainnya, plastik juga mempunyai kelemahan yakni: tidak tahan panas, dapat mencemari produk (migrasi komponen monomer), sehingga mengandung resiko keamanan dan kesehatan konsumen dan plastik termasuk bahan yang tidak dapat dihancurkan dengan cepat dan secara alami (*non-biodegradable*) (Diah, 2014).

2.3 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).

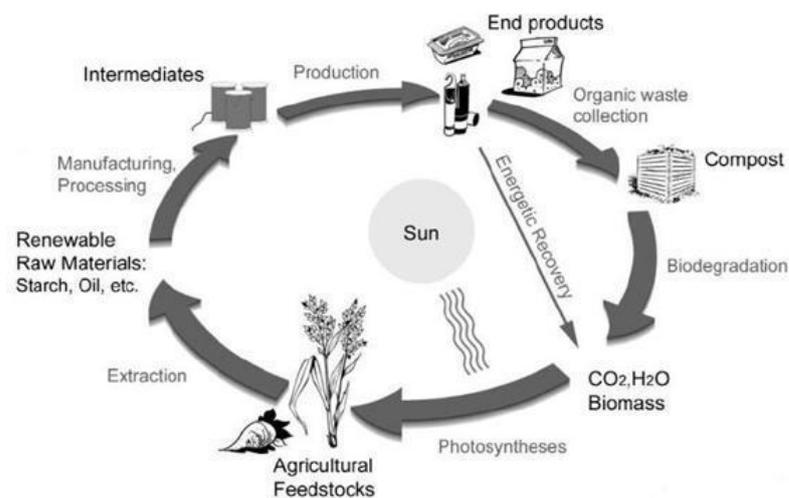
Plastik *biodegradable* adalah jenis plastik yang masih termasuk keluarga polimer tetapi memiliki struktur molekul yang dapat terdegradasi secara biologis sehingga rentan terhadap kinerja mikroorganisme (Kitamoto, 2011). Plastik *biodegradable* atau biopolimer merupakan plastik yang terbuat dari senyawa-senyawa yang mudah ditemukan di alam (Faizin, 2012). Menurut Rucitra (2010), plastik *biodegradable* merupakan 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, karena sifatnya yang dapat kembali ke alam, plastik *biodegradable* merupakan bahan plastik yang ramah lingkungan.

Plastik *biodegradable* dewasa ini berkembang sangat pesat. Berbagai riset telah dilakukan di negara maju (Jerman, Prancis, Jepang, Korea, Amerika Serikat, Inggris dan Swiss) ditujukan untuk menggali berbagai potensi bahan baku biopolimer. Proyeksi kebutuhan plastik *biodegradable* hingga tahun 2010 yang dikeluarkan *Japan Biodegradable Plastic Society*, di tahun 1999 produksi plastik *biodegradable* hanya sebesar 2500 ton, yang merupakan 1/10.000 dari total produksi bahan plastik sintetis. Pada tahun 2010, di proyeksikan produksi plastik *biodegradable* mencapai 1.200.000 ton atau menjadi 1/10 dari total produksi bahan plastik dunia. Industri plastik *bioedegradable* akan berkembang menjadi industri besar di masa yang akan datang (Pranamuda, 2001).

Pada umumnya plastik konvensional terbuat dari bahan dasar gas alam, petroleum, atau batubara, sedangkan plastik *biodegradable* terbuat dari material yang dapat diperbaharui seperti yang terdapat dalam tanaman antara lain selulosa, kasein, kolagen, protein atau lipid yang terdapat dalam hewan (Huda, 2007).

Sebagai perbandingan, plastik tradisional membutuhkan waktu sekitar 50 tahun agar dapat terdekomposisi oleh alam, *biofilm* dapat terurai selama 10 hingga 20 kali lebih cepat. Hasil degradasi plastik ini dapat digunakan sebagai makanan ternak atau sebagai pupuk kompos. Plastik *biodegradable* jika dibakar hasilnya bukan senyawa yang beracun. Plastik tersebut sangat sesuai dengan siklus karbon alami, karena ketika dibuang ke lingkungan dan didegradasi oleh mikroorganisme diperoleh hasil CO₂. Peristiwa biodegradasi dapat terjadi di semua lingkungan, baik pada kondisi aerob maupun anaerob, ataupun di dalam tubuh hewan (Handayani, 2009).

Plastik *biodegradable* akan terurai oleh aktivitas pengurai melalui proses biodegradasi. Kemudian hasil biodegradasi berupa mineral dan air akan diolah tanaman dan tanaman akan berfotosintesis. Sebagian hasil fotosintesis akan disimpan dalam bentuk cadangan makanan, salah satunya berupa umbi. Kemudian umbi plastik menjadi bioplastik. Siklus ini dapat ditunjukkan dalam gambar berikut.



Gambar 2. Siklus Degradasi Bioplastik (IBAW Publication, 2005)

Plastik *biodegradable* dapat dihasilkan melalui beberapa cara, salah satunya adalah dengan biosintesis menggunakan bahan berpati atau berselulosa. Vilpoux dan Averous (2006) melaporkan potensi penggunaan pati sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* berkisar 80-95% dari yang ada, perbedaan antara plastik konvensional, plastik campuran dan plastik *biodegradable* dapat

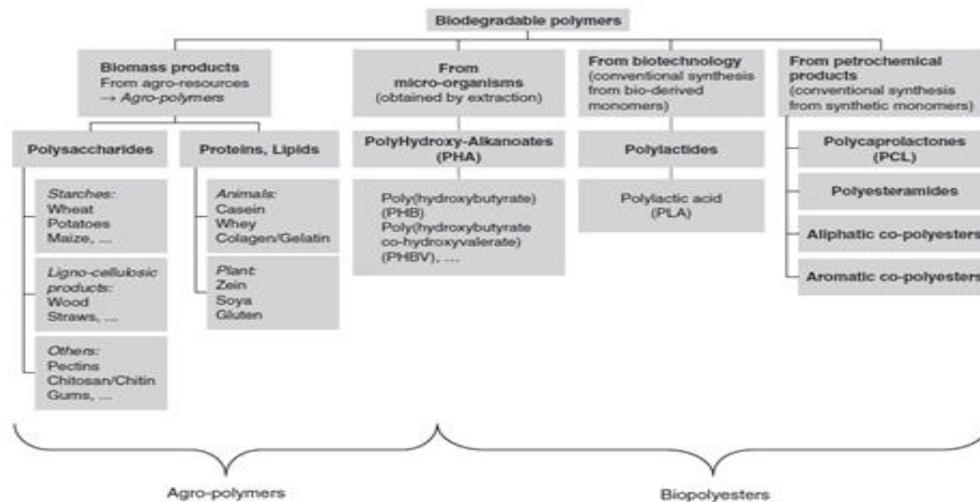
dilihat pada tabel 5. Selama ini plastik *biodegradable* yang dikembangkan adalah berbasis pati, baik pati alami maupun yang sudah dimodifikasi.

Tabel 5. Perbandingan Plastik Konvensional, Plastik Campuran dan Plastik *Biodegradable*

Pengamatan	Plastik Konvensional	Plastik Campuran	Plastik <i>Biodegradable</i>
Komposisi	Polimer Sintetik	Polimer Sintetik dan Polimer Alam	Polimer Alam
Sifat dan Bahan Baku	Tidak dapat diperbaharui (<i>Unrenewable</i>), Sangat baik	Sebagian dapat diperbaharui	Dapat diperbaharui (<i>Renewable</i>)
Sifat Mekanik dan Fisik	Sangat baik dan bervariasi	Bervariasi	Baik dan bervariasi tapi penggunaannya terbatas
Biodegrabilitas	Tidak Ada	Rendah	Tinggi
Kompostabilitas	Tidak Ada	Rendah	Tinggi
Hasil Pembakaran	Stabil	Agak Stabil	Kurang Stabil
Contoh	PP PE Polistirena	Pe + Pati Pe + Selulosa	PLA PHA

Sumber: Vilpoux dan Aveorus, 2006

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. Kemudian 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) diperoleh dari aktivitas mikroorganisme dengan cara ekstraksi. Contoh PHA diantaranya *poly(hydroxybutyrate)* (PHB) dan *poly(co-hydroxyvalerate)* (PHV). 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 3. Klasifikasi Plastik *Biodegradable*

Metode uji standar dan protokol diperlakukan untuk menetapkan dan mengkuantifikasi suatu degradabilitas dan biodegradasi polimer, dan konfirmasi dengan alam dari *break down* produk. Standar telah dibangun atau dibawah pembangunan oleh suatu badan yang terdiri dari: Standar Nasional Amerika (ASTM); Eropa (CEN); Jerman (DIN); Jepang (JIS) dan Organisasi Standar Internasional (ISO) agar dapat mengevaluasi dan mengkuantifikasi plastik *biodegradable* dibawah kondisi lingkungan atau pembuangan yang berbeda seperti pengomposan, tanah, laut, Instalasi Pengolahan Air Limbah, dan *anaerobic digester*. Tidak ada suatu pembedaan yang besar diantaranya. Organisasi Standar Intrenasional (ISO) akan membawa semua standar tersebut dan menyediakan standar yang dapat 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 suatu 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.

Menurut Averous (2009), pada standar plastik internasional (ASTM 5336) besarnya kuat tarik untuk plastik PLA dari Jepang mencapai 2050 Mpa dan pada plastik PCL dari Inggris mencapai 190 Mpa. Pada persen pemanjangan untuk plastik PLA dari Jepang mencapai 9% dan Plastik PCL dari Inggris mencapai >500%. Sedangkan uji biodegradasi pada plastik PLA dari Jepang dan PCL dari Inggris membutuhkan waktu selama 60 hari untuk dapat terurai sempurna.

PCL (Poli e-kaprolakton) adalah polimer hasil sintesa kimia menggunakan bahan baku minyak bumi. PCL mempunyai sifat biodegradabilitas yang tinggi, dapat dihidrolisis oleh enzim dan esterase yang tersebar luas pada tanaman, hewan dan mikroorganisme. Namun titik lelehnya rendah yaitu 60⁰C, menyebabkan bidang aplikasi PCL menjadi terbatas. PLA merupakan polimer yang dapat diproduksi melalui fermentasi asam laktat. Polimerisasi secara kimiawi untuk menghasilkan PLA dari asam laktat dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu secara langsung dari asam laktat dan secara tidak langsung melalui pembentukan laktida (dimer asam laktat) terlebih dahulu, dan diikuti dengan polimerisasi menjadi PLA yang mempunyai titik leleh yang tinggi sekitar 175⁰C, dan dapat dibuat menjadi lembaran film yang transparan.

Berikut ini merupakan sifat mekanik plastik berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI

No.	Karakteristik	Nilai
1.	Kuat Tarik (Mpa)	2,47 – 302
2.	Persen Elongasi (%)	21 – 220
3.	Hidrofobisitasi (%)	99

Sumber : SNI 01-2891-1992 dalam (Darni dan Herti, 2010)

2.4 Pati

Pati merupakan karbohidrat yang tersebar dalam tanaman terutama tanaman berklorofil. Bagi tanaman, pati merupakan cadangan makanan yang terdapat pada biji, batang, dan pada bagian umbi tanaman. Pati telah lama

digunakan sebagai bahan makanan maupun bahan tambahan dalam sediaan farmasi (Ben, 2007).

Pati merupakan polimer yang tersimpan dalam granul, dan berfungsi sebagai cadangan makanan bagi sejumlah tanaman (Ren, 2009). Komposisi pati umumnya dari amilopektin sebagai bahan terbesar dan sisanya amilosa (Hartati, 2003). Pati merupakan senyawa yang terbanyak kedua yang dihasilkan oleh tanaman setelah selulosa.

Pati memiliki tingkat kristalinitas sebesar 15-45%. Pemanfaatan pati dalam pembuatan plastik dikarenakan keunggulan-keunggulan yang dimiliki pati, yakni sifatnya yang dapat diperbaharui, penahan yang baik untuk oksigen, ketersediaan yang melimpah, harga murah dan mampu terdegradasi. Pati memiliki stabilitas termal dan *minimum interface* dengan sifat pencairan yang cukup untuk membentuk produk dengan kualitas yang baik. Campuran biopolimer hidrokarbon dan pati sering digunakan untuk menghasilkan lembaran dan film berkualitas tinggi untuk kemasan. Pembuatan film 100% pati sulit untuk diproses saat kondisi *melting* (Nolan-ITU, 2002).

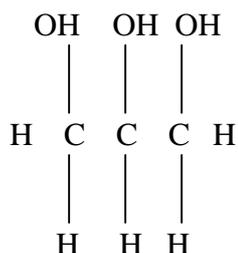
2.5 Plasticizer

Plasticizer (bahan pelembut) adalah bahan organik yang ditambahkan pada suatu produk dengan tujuan menurunkan kekakuan dari polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer. Pada pembuatan plastik *biodegradable*, *plasticizer* sangat diperlukan sekali untuk memperoleh sifat film yang khusus (Srihant Pilla, 2011).

Pada penelitian ini akan digunakan *plasticizer* gliserol dan sorbitol yang berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer. Syarat *plasticizer* yang digunakan sebagai zat pelembut adalah stabil (inert), yaitu tidak terdegradasi oleh panas dan cahaya, tidak merubah warna polimer dan tidak menyebabkan korosi.

2.5.1 Gliserol

Gliserol merupakan salah satu jenis *plasticizer* yang digunakan untuk memperbaiki rendahnya sifat mekanik (kekuatan tarik, regangan dan modulus young) serta bersifat hidrofilik dari plastik berbahan pati yang lebih kuat fleksibel dan licin (Gilang, 2013).



Gambar 4. Struktur Kimia Gliserol (Arief, 2015)

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. 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. Gliserol 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 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).

Tabel 7. Karakterisasi Gliserol

Karakterisasi	Nilai-Nilai yang dikehendaki
Nama IUPAC	Propan 1,2,3 triol
Nama lain	Gliserin, 1,2,3 propanetriol, 1,2,3 <i>trihydroxypropana</i> , <i>glyceritol</i> , <i>glyceryl alcohol</i>
Rumus kimia	$C_3H_5(OH)_3$
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 : Krochta dan Mulder, 1997.

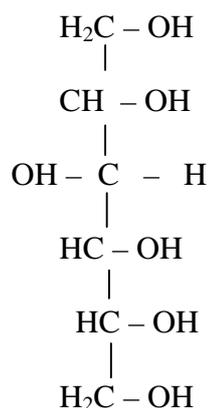
2.5.2 Sorbitol

Sama seperti gliserol, sorbitol juga dapat difungsikan sebagai *plasticizer* dalam pembuatan plastik *biodegradable*. Fungsi *plasticizer* secara umum untuk meningkatkan permeabilitas film terhadap gas, uap air, dan zat-zat terlarut juga dapat menurunkan elastisitas dan daya kohesi film (Astuti, 2008) menghaluskan film dan mempertipis hasil film yang terbentuk, menghindari film dari keretakan, meningkatkan elastisitas film (Tudorachi et al., 2000).

Sorbitol atau dikenal juga hexitol dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. 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 dapat dihasilkan dari jenis buah dan dinyatakan GRAS (Generally Recognized As Safe) atau dikenal sebagai produk yang aman oleh U.S. Food and Drug Administration

dan disetujui penggunaannya oleh Uni Eropa serta banyak negara di seluruh dunia, mencakup Australia, Austria, Kanada dan Jepang (Suara merdeka, 2008).

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 5.



Gambar 5. Struktur Kimia Sorbitol (Arief, 2015)

Sifat Fisika

Sifat-sifat Fisika:

- Specific gravity : 1.472 (-5°C)
- Titik lebur : 93 °C (Metastable 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 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

(Diah, 2014)

Berikut adalah kegunaan sorbitol dalam industri :

- a. Bidang makanan, ditambahkan pada makanan sebagai pemanis dan untuk memberikan ketahanan mutu dasar yang dimiliki makanan tersebut selama dalam proses penyimpanan. Bagi penderita diabetes, sorbitol dapat dipakai sebagai bahan pemanis pengganti glukosa, fruktosa, maltosa, dan sukrosa. Untuk produk makanan dan minuman diet, sorbitol memberikan rasa manis yang sejuk di mulut.
- 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. Negara-negara barat mengaplikasikan sorbitol sebagai bahan baku pembuatan vitamin.

2.6 Kitosan

Kitosan merupakan polimer karbohidrat alami yang dapat ditemukan dalam kerangka dari krustasea, seperti kepiting, udang dan lobster, serta dalam kumpulan hewan laut lainnya, termasuk karang. Selain terdapat pada hewan laut kitin juga ditemukan pada serangga, seperti kupu-kupu dan kepik yang juga memiliki kandungan kitin di sayap mereka, serta terdapat di dinding sel ragi dan jamur (Shahidi dan Abuzaytoun 2005).

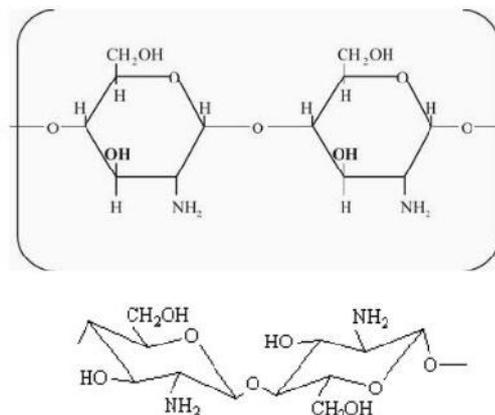
Tabel 8. Sumber Kitosan

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%

Sumber: Manurung, 2005

Kitosan adalah turunan kitin yang pertama kali ditemukan pada tahun 1894 oleh Hoppe Seyler. Proses deasetilasi dilakukan dengan merefluks kitin dalam kalium hidroksida (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%. Bahan baku udang lebih mudah diperoleh, maka sintesis kitin dan kitosan lebih banyak memanfaatkan limbah udang (Yurnaliza, 2002).

Kitosan dengan rumus molekul $(C_6H_{11}NO_4)_n$ yang dapat diperoleh dari deasetilasi kitin. Dengan struktur dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Struktur Polimer Kitosan (Farida, 2012)

Proses pembuatan kitosan, terlebih dahulu dilakukan dengan penghilangan mineral (demineralisasi). Kulit udang ditambahkan HCl, campuran dipanaskan pada suhu 70–80°C selama 4 jam sambil diaduk dengan pengaduk 50 rpm, lalu disaring. Padatan yang diperoleh dicuci dengan aquadest 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°C selama 24 jam dan diperoleh serbuk kulit udang tanpa mineral. Serbuk ini kemudian di dinginkan 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 67°C selama 4 jam disertai dengan pengadukan 50 rpm. Padatan yang ada dikeringkan dan didinginkan. Padatan ini berupa kitin, kemudian dicuci dengan aquadest sampai pH menjadi netral. Kitin yang sudah dicuci ditambah dengan etanol 70% untuk melarutkan kitosan terlarut dan kemudian dilanjutkan dengan penyaringan, kemudian dicuci dengan aquadest panas dan aseton untuk menghilangkan warna, dilakukan sebanyak 2 kali. Padatan dikeringkan pada suhu 80°C selama 24 jam dan selanjutnya dikeringkan dalam desikator. (Weska, 2006). Rendemen kitin yang diperoleh sebanyak 35% (Puspawati dan Simpen, 2010). Pendeteksian kitin dilakukan dengan reaksi warna Van Wesslink, dimana kitin direaksikan dengan larutan I₂-KI 1% yang akan memberikan warna coklat. Penambahan H₂SO₄ 1M memberikan warna violet (Marganov, 2003).

Deasetilasi kitin menjadi kitosan, yaitu kitin ditambah NaOH 60%, campuran diaduk dan dipanaskan pada suhu 120°C selama 4 jam. Campuran disaring melalui kertas saring *wolfram*, selanjutnya larutan dititrasi menggunakan HCl untuk mengendapkan kembali kitosan yang ada dalam larutan. Campuran yang ada endapan disentrifugasi untuk memisahkan kitosan. Padatan yang diperoleh dicuci dengan aquadest, padatan yang berupa bubuk kitosan berwarna putih krem dikeringkan pada suhu 80°C 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 9. 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
Viskositas (cP) sedang	200 – 799
Viskositas (cP) tinggi	800 – 2000
Viskositas (cP) paling tinggi	>2000

Sumber: Sedjati, 2007

Saat ini kitosan mempunyai banyak sekali kegunaan, antara lain dalam bidang kesehatan, pengolahan air, membran, hidrogel, perekat, antioksidan, dan pengemas makanan (Honarkar dan Barlkani, 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 tetapi tidak larut dalam asam sulfat dan asam phosphate (Nadarajah, 2005).

Kitosan sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan antimikroba, karena mengandung enzim lysosim dan gugus aminopolysacharida yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba dan efisiensi daya hambat kitosan terhadap bakteri tergantung dari konsentrasi pelarutan kitosan. Kemampuan dalam menekan pertumbuhan bakteri disebabkan kitosan memiliki polikation bermuatan positif yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri dan kapang (Farida, 2012).

Kitosan mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan antara lain *hydrophilicity*, *biocompatibility*, *degradability*, sifat anti bakteri, dan mempunyai afinitas yang besar terhadap enzim. Kitosan bersifat hidrofilik, menahan air dalam strukturnya dan membentuk gel secara spontan, sehingga kitosan mudah membentuk suatu membran atau film (Cahyaningrum, 2007). *Biocompatible* didefinisikan sebagai kemampuan suatu bahan untuk memberi respon biologis yang baik (non toksik) dan tidak mempunyai sifat karsinogenik (Christianty, 2009).

Kitosan merupakan padatan putih yang tidak larut dalam air, pelarut organik, alkali, dan asam mineral dalam berbagai kondisi. Kitosan larut dalam asam formiat, asam asetat dan asam organik lainnya dalam keadaan dipanaskan sambil diaduk. Pelarut yang sering digunakan adalah CH_3COOH 1%. Kelarutan kitosan dalam pelarut asam anorganik terbatas. Kitosan dapat larut dalam HCl 1% tetapi tidak larut dalam asam sulfat dan asam formiat (Nadarajah, 2005).

Sifat kimia kitosan sama dengan kitin, tetapi yang khas antara lain:

- Merupakan polimer poliamin berbetuk linier
- Mempunyai gugus amino aktif
- Mempunyai kemampuan mengikat beberapa logam.

Sifat biologi kitosan antara lain:

- Bersifat *biocompatible*, artinya sebagai polimer alami sifatnya tidak mempunyai akibat samping, tidak beracun, tidak dapat dicerna, mudah diuraikan oleh mikroba (*biodegradable*)
- Dapat berikatan dengan sel mamalia dan sel mikroba secara agresif
- Mampu meningkatkan pembentukan tulang
- Bersifat hemostatik, fungistatik, spermisidal, antitumor, antikolestrol

- Bersifat sebagai depresan pada sistem syaraf pusat
- Berdasarkan kedua sifat tersebut maka kitosan mempunyai sifat khas, yaitu mudah dibentuk menjadi spons, larutan, gel, pasta, membrane dan serat yang sangat bermanfaat dalam aplikasinya

Aplikasi kitosan dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Aplikasi kitosan

No.	Aplikasi	Contoh
1	Pengolahan air	- Sebagai pewarna, penyaring, penghilangan logam.
2	<i>Pulp and papper</i>	- Penghilangan karbon pada kertas fotokopi, kertas fotografi.
3	Medis	- Penyembuh luka, kulit buatan, membrane, penghambatan plak gigi, cairan lensa kontak, mengontrol penyebaran obat, control kolestrol darah, inhibisi tumor.
4	Pertanian	- Fertilizer, control penyebaran agrokimia, pelapisan pada benih dan daun.
5	Kosmetik	- Pelembab, bedak, sabun mandi, cat kuku, pasta gigi, krim muka, tangan dan badan, memperbanyak busa.
6	Bioteknologi	- Pemisahan protein, imobilisasi sel, imobilisasi enzim, perbaikan sel, kromatografi, elektroda glukosa.
7	Pangan	- Makanan tambahan untuk hewan, penstabil warna, penghilangan warna, untuk padatan, asam, pengawet.
8	Membran	- Pemisahan larutan, osmosis nalik, control ppermeabilitas.

Sumber: Hotmatua S., 2004