BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Gadung

2.1.1 Pengenalan Gadung

Tanaman ini mula-mula ditemukan di India bagian barat. Dari sini, penyebarannya meluas ke Asia Tenggara seperti Indonesia, Malaysia serta Kepulauan Karibia, Afrika Barat, Amerika Selatan, kepulauan Pasifik, dan seluruh daerah tropis. Di Indonesia sendiri gadung ini banyak diusahakan sebagai tanaman pekarangan, tumbuh liar di hutan-hutan, dan kadang-kadang ditanam di perkarangan atau tegalan. Gadung tumbuh dan berkembang secara luas di seluruh daerah tropis, baik di hutan hujan tropis maupun di padang rumput (*savanna*). Kombinasi kelembaban yang cukup dan drainase yang baik sangat mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman ini.

Gambar 1. Gadung (dokumen pribadi)

Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst) tergolong tanaman umbi-umbian yang cukup populer walaupun kurang mendapat perhatian. Gadung berasal dari India bagian Barat kemudian menyebar luas sampai ke Asia Tenggara. Gadung menghasilkan umbi yang dapat dimakan, namun mengandung racun yang dapat mengakibatkan pusing dan muntah apabila kurang benar pengolahannya. Produk gadung yang paling dikenal adalah dalam bentuk keripik meskipun rebusan gadung juga dapat dimakan. Tumbuhan gadung berbatang merambat dan memanjat, panjang 5–20 m. Arah rambatannya selalu berputar ke kiri (melawan arah jarum jam, jika dilihat dari atas). Ciri khas ini penting untuk membedakannya

dari gembili (*D. aculeata*) yang memiliki penampilan mirip namun batangnya berputar ke kanan (Hasri Ndaru, 2012).

Gadung merupakan perdu memanjat yang tingginya dapat mencapai 5-10 m. Batangnya bulat, berbentuk galah, berbulu, dan berduri yang tersebar sepanjang batang dan tangkai daun. Umbinya bulat diliputi rambut akar yang besar dan kaku. Kulit umbi berwarna gading atau coklat muda, daging umbinya berwarna putih gading atau kuning. Umbinya muncul dekat permukaan tanah. Dapat dibedakan dari jenis-jenis dioscorea lainnya karena daunnya merupakan daun majemuk terdiri dari 3 helai daun (*trifoliolatus*), warna hijau, panjang 20-25 cm, lebar 1-12 cm, helaian daun tipis lemas, bentuk lonjong, ujung meruncing (*acuminatus*), pangkal tumpul (*obtusus*), tepi rata, pertulangan melengkung (*dichotomous*), permukaan kasar (*scaber*). Bunga tersusun dalam ketiak daun (*axillaris*), berbulit, berbulu, dan jarang sekali dijumpai. Perbungaan jantan berupa malai atau tandan, panjang antara 7-55 cm, perbungaan betina berupa bulir, panjang antara 25-65 cm. Buah lonjong, panjang kira-kira 1 cm, berwarna coklat atau kuning kecoklatan bila tua dan akar serabut (Hasri Ndaru, 2012).

Gambar 2. Daun Gadung (dokumen pribadi)

Gadung menghasilkan umbi yang dapat dimakan, namun mengandung racun (*dioscorine*) yang dapat mengakibatkan pusing dan muntah apabila kurang benar pengolahannya. Di Nusa Tenggara dan Maluku umbinya dimakan sebagai pengganti sagu dan jagung pada saat paceklik, terutama di daerah-daerah kering. Gadung tumbuh pada tanah datar hingga ketinggian 850 m di permukaan air laut, tetapi dapat juga diketemukan pada ketinggian 1.200 m di permukaan air laut.

Tanaman gadung menghendaki tanah dengan drainase yang baik, subur, kandungan bahan organik yang tinggi, dan tekstur tanah yang ringan. Umbi ditanam sebanyak 3 atau 4 buah per lubang pada guludan-guludan. Penanaman ini dilakukan pada awal atau akhir musim hujan, bergantung pada kultivar dan jangka waktu pertumbuhan menuju kematangan. Sedangkan jarak tanam yang digunakan yaitu guludan berjumlah 30 – 36 setiap kompleks, sedangkan jarak antar tanaman adalah 37,5 – 50 cm, bergantung besarnya habitat tanamannya. Kemudian tanaman muda ditutupi dengan rumput kering pada saat penanaman berlangsung. Tanaman muda disarankan diikat pada bambu yang dipasang saat penanaman (Banuardhi, 2009).

Secara taksonomi gadung dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Taksonomi umbi gadung : *Dioscorea hispida Dennst.*
Kingdom : *Plantae – Plants*
Subkingdom : *Tracheobionta – Vascular plants*
Superdivision : *Spermatophyta – Seed plants*
Division : *Magnoliophyta – Flowering plants*
Class : *Liliopsida – Monocotyledons*
Subclass : *Liliidae*
Order : *Liliales*
Family : *Dioscoreaceae – Yam family*
Genus : *Dioscorea L. – yam*
Species : *Dioscorea hispida Dennst. – intoxicating yam*
(Wikipedia,2009)

Tanaman gadung dapat menghasilkan panen utama berupa umbi sebanyak 19.7 ton/ha (Tropical Product Institute, 1973). Melalui pengusahaan yang lebih intensif, kemungkinan besar tanaman ini dapat menghasilkan umbi yang lebih banyak lagi, khususnya di Indonesia. Karena tanaman ini tumbuh dan berkembang dengan baik di iklim tropis. Panen tanaman ini dapat mencapai 20 ton/ha. Sedangkan FAO (1997) menegaskan bahwa tanaman gadung dapat menghasilkan 9-10 ton/ha, tergantung pada lokasi, jenis atau varietas yang ditanam, dan teknik

budidaya yang diterapkan. Di seluruh Indonesia tanaman ini dijumpai tumbuh liar, sedangkan pembudidayaan gadung terutama terdapat di Jawa dan Madura

Gadung walaupun beracun dapat digunakan untuk bahan makanan pokok setelah potongan-potongan umbinya dicuci pada air yang mengalir selama 3-4 hari (Tropical Product Institute, 1973). Sedangkan Lembaga Biologi Nasional (1979) menyatakan, gadung dapat dikonsumsi sebagai makanan kecil, seperti keripik, yang banyak diperjualbelikan di daerah kuningan (Jawa Barat).

Selain sebagai makanan, umbi dapat digunakan untuk berburu yaitu sebagai umpan beracun bagi binatang buruan atau diambil racunnya (alkaloid dioskorin) untuk membunuh hewan tertentu seperti ikan atau dioleskan pada mata anak panah. Kegunaan lainnya di bidang pertanian adalah sebagai insektisida.

Getah gadung dapat digunakan dalam proses pembuatan tali rami serta untuk memutihkan pakaian. Bunga gadung yang kuning berbau harum yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan parfum atau kosmetika. Masyarakat Bali biasa menggunakan bunga gadung untuk mengharumkan pakaian, rambut, dan kepala.

Di daerah pantai Kalimantan Barat gadung digunakan untuk mengobati kusta (lepra), terutama pada masa permulannya. Sedangkan gadung yang diparut atau dicincang dapat digunakan untuk mengobati borok sifillis. Khasiat lainnya adalah untuk mengobati kencing manis dengan menggunakan ekstraknya (Sutrisno Koswara, 2014).

2.1.2 Kandungan pada Gadung

Gadung mengandung senyawa glukosida saponin dan termasuk alkaloid *tropan* yang disebut dioskorin dan senyawa glukosida sianogenik yang jika terurai menghasilkan senyawa HCN. Dua senyawa tersebut memiliki toksisitas tinggi yang dapat mengganggu sistem saraf bagi orang yang mengkonsumsinya (Djaafar dkk, 2009). Gadung bila terkena kulit dapat menyebabkan gatal-gatal. Umbi gadung mengandung racun atau zat alkaloid yang disebut *dioscorin* ($CH_{13}H_{19}O_2N$). Racun ini bila terkonsumsi dalam kadar yang rendah dapat mengakibatkan pusing-pusing (Rukmana, 2001).

Di kawasan Asia tropis gadung merupakan bahan makanan cadangan pada saat paceklik. Senyawa alkaloida dioscorin merupakan senyawa racun yang terdapat pada umbi cukup tinggi. Diperlukan keahlian dan waktu cukup lama untuk mempersiapkan umbi tersebut sebagai bahan pangan, dengan cara seperti umbi diiris tipis-tipis, dicuci dengan air segar atau direbus beberapa kali dengan air garam, atau direndam dalam air mengalir. Umbinya dapat diektrak menjadi tepung dan digunakan untuk berbagai keperluan industri dan masakan. Seringkali ekstrak umbinya digunakan untuk racun binatang atau pengusir hama pada tanaman. Kadangkala tumbukan umbinya digunakan secara eksternal sebagai antiseptik dan air rebusannya (Gaman and Sherrington, 1992).

Tabel 1. Komposisi Kimia Gadung (per 100 gram bahan kering)

Parameter	Jumlah
Kadar air	63% [a]
Kadar karbohidrat	23,3 gram [b]
Kadar protein	2,0 gram [b]
Kadar pati	32% [a]
Kadar lemak	0,98% [a]
Kadar abu	1,2% [a]
Kadar sianida	50 - 400 ppm [c]
Kalori	102 kal

Keterangan: [a] Suismono (1994), [b] Wikipedia (2010), [c] Sibuea (2002)

Kandungan HCN pada gadung bervariasi, namun diperkirakan rata-rata dalam gadung yang menyebabkan keracunan di atas 50 mg/kg. HCN dihasilkan oleh gadung jika gadung tersebut dihancurkan, dikunyah, diiris, atau diolah. Jika dicerna HCN sangat cepat terserap oleh alat pencernaan masuk ke dalam saluran darah dan terikat bersama oksigen. Bahaya HCN pada kesehatan terutama pada sistem pernapasan, di mana oksigen dalam darah terikat oleh senyawa HCN dan terganggunya sistem pernapasan (sulit bernapas). Tergantung jumlah yang dikonsumsi, HCN dapat menyebabkan kematian jika pada dosis 0,5-3,5 mg HCN/kg berat badan (Winarno, 1997).

Menurut FAO dalam Winarno (1992), kandungan sianida sampai 50 ppm masih dalam kadar aman dikonsumsi. Damardjati, dkk (1993) menyatakan bahwa kadar sianida <50 ppm dikategorikan dalam tidak beracun, 50-80 ppm sedikit

beracun, 80-100 ppm beracun dan kadar sianida >100 ppm masuk dalam kategori beracun. Melalui proses pengolahan yang benar seperti pengupasan, pemotongan dan pemasakan, baik glukosida sianogenik maupun hidrogen sianida dapat dihilangkan atau dikurangi sebelum dikonsumsi (Janagam dkk, 2008).

Penurunan kadar sianida disebabkan kondisi pH 5 yang digunakan dalam proses pembuatan tepung umbi gadung merupakan kondisi optimum enzim β-glukosidase untuk merombak senyawa glikosida sianogenik menjadi senyawa asam sianida bebas melalui proses hidrolisis. Asam sianida bebas yang telah terbentuk mudah dihilangkan melalui proses pemerasan atau pengeringan karena dalam kondisi bebas asam sianida mudah larut dan menguap. Asam sianida merupakan senyawa racun yang mudah menguap, tidak berwarna dan sangat larut dalam air (Syafii dkk, 2009).

2.1.3 Pengolahan Gadung

Umbi gadung sebelum dikonsumsi atau dimasak, terlebih dahulu harus dihilangkan racunnya, karena dapat menimbulkan pusing-pusing bagi yang memakannya. Umbi gadung mengandung racun atau zat alkaloid yang disebut *dioscorin* ($C_{13}H_{19}O_2$ N), dimana racun ini apabila dikonsumsi walaupun kadarnya rendah dapat menyebabkan pusing. Pada gadung kadar dioscorin ini sangat tinggi sehingga apabila tidak dilakukan pengolahan dengan benar dapat menimbulkan akibat yang fatal (Hasri Ndaru, 2012).

Selain mengadung *dioscorin* umbi gadung juga mengandung asam sianida yang juga bersifat racun. Sianida merupakan racun bagi semua makhluk hidup dan juga dapat menghambat pernapasan juga dapat mengakibatkan perkembangan sel yang tidak sempurna. Selanjutnya sianida dapat menghambat kerja enzim ferisitokrom oksidase dalam proses pengambilan oksigen untuk pernapasan (Hasri Ndaru, 2012).Untuk menghilangkan racun tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain :

A. Pengolahan dengan abu atau kapur

Penggunaan abu atau kapur ini difungsikan untuk mempercepat pelucutan HCN yang terkandung dalam umbi gadung.

1. Umbi dibersihkan dari tanah yang masih melekat dan langsung dikupas kulitnya, pengupasan kulit harus cukup tebal.
2. Setelah dikupas umbi dipotong-potong atau diserut sesuai keperluan.
3. Hasilnya kemudian dicampur dengan abu, dalam hal ini abu berfungsi sebagai penetral racun yang terdapat dalam umbi. Selain abu bisa juga dipergunakan kapur.
4. Pencampuran abu atau kapur dengan irisan-irisan umbi dilakukan pada keranjang yang beranyam jarang, kemudian diinjak-injak sampai cairan yang mengandung racun itu keluar.
5. Selanjutnya umbi diperam selama 2 x 24 jam di atasnya diberi pemberat agar umbi tetap tertekan.
6. Setelah diperam, umbi yang bercampur dengan abu atau kapur itu dijemur sampai kering.
7. Umbi yang telah kering kemudian dibersihkan dengan cara merendamnya kedalam air mengalir selama 2 x 24 jam, sambil diinjak-injak setiap harinya.
8. Umbi sudah siap dimasak.

B. Pengolahan dengan garam

a. Pemberian garam berlapis

1. Umbi dibersihkan dari tanah langsung dikupas kulitnya, pengupasan kulitnya dilakukan setebal mungkin.
2. Kupasan umbi diiris tipis-tipis atau diserut.
3. Keranjang bambu dilapisi garam, kemudian diberi irisan umbi satu lapis, dilapisi garam lagi dan kemudian dilapisi umbi lagi, begitu seterusnya sampai keranjang penuh.
4. Bagian terakhir dari lapisan ditutup dengan kain lalu diberi pemberat dan diperam selama satu minggu.
5. Pekerjaan terakhir umbi dicuci dalam air yang mengalir sampai garam dan racunnya hilang. Umbi yang telah bersih dapat dicirikan oleh airnya yang jernih dan tidak terasa asin.

b. Pemberian garam diaduk

1. Umbi dibersihkan dari tanah dan langsung dikupas kulitnya.
2. Kupasan umbi diiris tipis-tipis atau diserut.
3. Hasilnya dimasukkan kedalam tong atau ember plastik, masukkan garam sebanyak mungkin dan aduk sampai rata, serta irisan menjadi lemas, biarkan dalam rendaman garam selama satu malam
4. Cuci rendaman di air mengalir dan bersih sampai garamnya hilang betul atau sampai tidak terasa asin.
5. Rendam umbi tadi didalam air tawar dan ganti setiap 3 jam sekali selama 3 hari, bila direndam di air mengalir atau dibawah pancuran, umbi bisa dimasukkan kedalam keranjang yang beranyam jarang sehingga air dapat masuk dan mengalir dengan mudahnya, waktu yang diperlukan dalam perendaman sekitar 3 hari
6. Angkat umbi dari tempat rendaman dan kukus atau dijemur sampai kering

Cara-cara diatas dapat menurunkan HCN dalam gadung kurang lebih 1-10 mg dalam setiap kilogram gadung yang diolah (Hasri Ndari, 2012).

2.2 Plastik

Plastik mempunyai peranan besar dalam kehidupan sehari-hari biasanya digunakan sebagai bahan pengemas makanan, minuman karena sifatnya yang kuat, fleksibel dan praktis. Menurut definisi dari Apriyanto (2007) dan Aryanti (2013) plastik sebagai material polimer atau bahan pengemas yang dapat dicetak menjadi bentuk yang diinginkan dan mengeras setelah didinginkan atau pelarutnya diuapkan. Polimer adalah molekul yang besar yang telah mengambil peran yang penting dalam teknologi karena mudah dibentuk dari satu bentuk ke bentuk lain dan mempunyai sifat, struktur yang rumit. Hal ini disebabkan oleh jumlah atom pembentuk yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa yang berat atomnya lebih rendah. Umumnya suatu polimer dibangun oleh satuan struktur yang tersusun secara berulang dan diikat oleh gaya tarik menarik yang kuat yang disebut ikatan kovalen (Steven, 2007).

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).

Darni (2009), Plastik merupakan suatu komoditi yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua peralatan atau produk yang digunakan terbuat dari plastik dan sering digunakan sebagai pengemas bahan baku. Namun pada kenyataannya, sampah plastik menjadi masalah lingkungan berskala global karena plastik membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengalami proses daur ulang. Plastik memiliki beberapa keunggulan seperti ringan, fleksibel, kuat, tidak mudah pecah, transparan, tahan air serta ekonomis. Plastik merupakan bahan polimer sintetik yang memiliki rantai panjang yang membentuk unit molekul berulang dan mengikat satu sama lain.

Hamonangan (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 senyawa sintetis hidrokarbon rantai pendek yang berasal dari minyak bumi kemudian dibuat dengan reaksi monomer yang sama sehingga strukturnya menjadi kaku dan membentuk rantai panjang serta akan memadat kembali setelah mencapai suhu pembentukannya. Plastik yang memiliki tingkat kestabilan tinggi dan ikatan karbon rantai panjang merupakan jenis plastik yang tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme. Pemberian nama pada senyawa polimer plastik disesuaikan dengan nama monomernya dan diberi awalan poli-. Contohnya plastik yang terbentuk dari monomer-monomer vinil khlorida maka namanya adalah polivinil khlorida (Hamonangan, 2009).

Plastik dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu plastik termoplast dan plastik termoset. Plastik termoplast merupakan plastik yang dapat dicetak berulang kali karena faktor panas. Contohnya adalah *polypropylene*, *polystyrene*, *acrylonitrile butadine styrene*, *polyvinyl chloride*, *polyacetal* atau *polyoxymethylene*, *polycarbonate*, *polyamida*, *polyethylene*, dan sebagainya. Sedangkan plastik termoset adalah plastik yang tidak dapat didaur ulang kembali karena susunan polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi. Contohnya adalah *Poly Urethene*, *Urea Formaldehyde, Melamine Formaldehyde polyester, epoksi*, dan sebagainya (Mujiarto, 2005). Plastik termoset bersifat lebih keras, lebih kuat, dan tidak mudah larut dalam cairan larut dari pada plastik termoplast (Hamonangan, 2009).

Sampah plastik sintetis atau konvensional telah menjadi masalah lingkungan yang serius karena kurangnya fasilitas untuk daur ulang atau non-daur ulang, nonbiodegradabilitas atau pencampuran zat beracun. Sebagian besar plastik sintetis berbasis petroleum sehingga peningkatan penggunaan minyak bumi seiring dengan peningkatan hasil produksi plastik sintetis di lingkungan. Hal ini menyebabkan peningkatan limbah sampah plastik sintetis pada lingkungan. Usaha mengatasi sampah plastik yang banyak diterapkan oleh masyarakat antara lain pembakaran, penimbunan dan daur ulang. Ketiga usaha tersebut masih berdampak negatif pada kehidupan manusia, sehingga diperlukan usaha lain untuk mengurangi jumlah sampah plastik tersebut (Parvin, 2011)

Pengembangan bahan plastik *biodegradable* (bioplastik) merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan akibat sampah plastik sintetik atau konvensional. Pengembangan bahan plastik *biodegradable* (bioplastik) menggunakan bahan alam yang dapat diperbarharui (*renewable resources*) sangat diharapkan berkembang di Indonesia.

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* tidak jauh berbeda dengan jenis plastik konvensional. Perbedaannya yaitu plastik *biodegradable* akan terdegradasi oleh aktivitas mikroorganisme kemudian menghasilkan air dan gas karbondioksida setelah habis dipakai lalu dibuang ke lingkungan. Sedangkan plastik konvensional tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme. Oleh karena itu, plastik *biodegradable* disebut plastik yang ramah lingkungan (Firdaus dan Anwar, 2004). Pada umumnya plastik konvensional terbuat dari bahan dasar gas alam, petroleum, atau batu bara 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 dan Firdaus, 2007). Sebagai perbandingan, plastik tradisional membutuhkan waktu sekitar 50 tahun agar dapat terdekomposisi oleh alam, *biofilm* dapat terdekomposisi 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 CO_2. Peristiwa biodegradasi dapat terjadi di semua lingkungan, baik pada kondisi aerob maupun anaerob, dan di dalam tubuh hewan (Handayani, 2009).

Biodegradable plastik 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. Di Jerman pengembangan untuk mendapatkan polimer *biodegradable* pada PHB, Jepang (chitin dari Crustaceae, zein dari jagung, pullulan). Aktifitas penelitian lain yang dilakukan adalah bagaimana mendapatkan kemasan termoplastik dapat terurai yang mempunyai masa pakai (*lifetimes*) yang relatif lebih lama dengan harga yang lebih murah (Sanjaya, 2010).

Di Indonesia penelitian dan pengembangan teknologi kemasan plastik *biodegradable* masih sangat terbatas. Hal ini terjadi karena selain kemampuan sumber daya manusia dalam penguasaan ilmu dan teknologi bahan, juga dukungan dana penelitian yang terbatas. Dipahami bahwa penelitian dalam bidang ilmu dasar memerlukan waktu lama dan dana yang besar (Darni, 2008). Jenis plastik *biodegradable* antara lain PHA dan poliasam amino yang berasal dari sel bakteri, PLA yang merupakan modifikasi asam laktat hasil perubahan zat tepung kentang atau jagung oleh mikroorganisme, dan *poliaspartat* sintesis yang dapat terdegradasi. Bahan dasar plastik berasal dari selulosa, kitin, kitosan, atau tepung yang terkandung dalam tumbuhan, serta beberapa material plastik atau polimer lain yang terdapat di sel tumbuhan dan hewan (Sanjaya, 2010).

Teknologi kemasan plastik *biodegradable* adalah salah satu upaya yang dilakukan untuk keluar dari permasalahan penggunaan kemasan plastik yang non *degradable* (plastik konvensional), karena semakin berkurangnya cadangan minyak bumi, kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan serta resiko kesehatan. Indonesia sebagai negara yang kaya sumber daya alam (hasil pertanian), potensial menghasilkan berbagai bahan biopolimer, sehingga teknologi kemasan plastik mudah terurai mempunyai prospek yang baik (Darni, 2008).

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

a. Sebagai kemasan (wadah makanan dan pembungkus).
b. Sebagai kantong plastik untuk pengomposan sampah makanan dan sebagai tas di supermarket.

c. Produk katering (sendok garpu, piring, cangkir sedotan).
d. Pertanian (film mulsa, pot tanaman, pembibitan film).
e. Produk-produk kesehatan.
f. Implant pada Medis & Dental.

Menurut European Commission (2011) Daur ulang plastik dapat terjadi pada tingkat kimia dan tingkat produk. Plastik *biodegradable* menggunakan polimer yang dihasilkan dari sumber terbarukan. Sejak plastik konvensional menggunakan minyak bumi, maka subtitusi plastik *biodegradable* meningkat karena memiliki potensi untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.

Ada tiga kategori utama dari plastik *biodegradable*, yaitu:

a. Polimer alam dari sumber terbarukan, seperti selulosa, pati dan nabati protein.
b. Polimer disintesis dari monomer berasal dari sumber daya terbarukan. Misalnya, PLA adalah polimer asam laktat yang dihasilkan dari fermentasi pati, jagung atau gula.
c. Polimer yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Misalnya, PHA diproduksi oleh bakteri melalui fermentasi gula atau lipid.

Menurut Widyaningsih, dkk (2012) Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat biodegradabilitas plastik setelah hidrofobisitas, bahan aditif, proses produksi, struktur polimer, morfologi dan berat molekul bahan plastik. Makin besar bobot molekul suatu bahan makin rendah biodegrabilitasnya. Bentuk *film* memiliki tingkat biodegrabilitas paling rendah. Reaksi degrasi kimia dalam polimer linier menyebabkan turunannya berat molekul atau pemendekan panjang rantai. Tingkat biodegradasi polimer *biodegradable* dalam tanah dipengaruhi oleh kondisi tanah seperti suhu, kadar air (ukuran kosentrasi air), tingkat aerasi (ukuran konsentrasi oksigen), keasaman (ukuran konsentrasi asam) dan konsentrasi mikroorganisme itu sendiri (Rochmadi, 2006).

2.4 Pati

Pati merupakan polimer yang tersimpan dalam granul, dan berfungsi sebagai cadangan makanan bagi sejumlah tanaman (Ren, 2009). Komposisi pati pada umumnya terdiri dari amilopektin sebagai bagian terbesar dan sisanya amilosa

(Hartati, 2003). Pati merupakan senyawa terbanyak kedua yang dihasilkan oleh tanaman setelah selulosa.

Pati memiliki tingkat kristalinitas 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 interfance* 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).

Pati merupakan suatu polisakarida $(C_6H_{10}O_5)_n$ yang sukar larut dalam air dingin. Jika dilarutkan dengan air panas butir-butir pati akan diserap dan membentuk pasta. Pati sebagai karbohidrat reaktif dengan gugus fungsional tinggi, dapat dimodifikasi baik secara kimia, fisika maupun enzimatik untuk kebutuhan tertentu. Pati terdiri dari dua jenis molekul polisakarida yang merupakan polimer glukosa dengan ikatan α-Gilosidik yaitu amilosa dan amilopektin yang dapat bergabung dengan ikatan hidrogen dan terdistribusi dalam granula pati. Bahan polimer yang didapatkan secara murni dari hasil pertanian dalam bentuk pati atau isolat. Komponen polimer hasil pertanian antara lain polipeptida (protein), polisakarida (karbohidrat) dan lipida. Ketiganya memiliki sifat termoplastik sehingga mempunyai potensi untuk dibentuk atau dicetak sebagai film plastik kemasan (Julianti dan Nurminah, 2006).

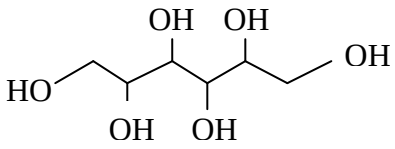
2.5 Sorbitol sebagai *Plasticizer*

Plasticizer suatu bahan dengan bobot molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud meningkatkan elastisitas. *Plasticizer* didefinisikan sebagai substansi non volatil yang mempunyai titik didih tinggi yang jika ditambahkan ke senyawa lain akan mengubah sifat fisik dan mekanik senyawa tersebut (Apriyanto, 2007).

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 *at all*, 2000). *Plasticizer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sorbitol.

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 juga dapat dihasilkan dari berbagai jenis buah. Sorbitol dinyatakan GRAS (Generally Recognized As Safe) atau secara umum 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 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 aldehid pada glukosa diganti menjadi gugus alkohol. Sorbitol pertama kali ditemukan dari *juice Ash berry* (*Sorbus auncuparia L*) di tahun 1872. Setelah itu, sorbitol banyak ditemukan pada buah-buahan seperti apel, plums, pears, cherris, kurma, peaches, dan apricots. Zat ini berupa bubuk kristal berwarna putih yang higroskopis, tidak berbau dan berasa manis, sorbitol larut dalam air, gliserol, propilene glikol, serta sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat, phenol dan asetamida. Namun tidak larut hampir dalam semua 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 textil dan kulit (Othmer, 1960).



Gambar 3. Struktur Kimia Sorbitol (Perry, 1999)

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 memperlicin 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 textil, 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.

Sifat-sifat Fisika :

1. Specific gravity : 1.472 (-5^{o}C)
2. Titik lebur : 93 ^{o}C (*Metasable form*), 97,5 ^{o}C (*Stable form*)
3. Titik didih : 296^{o}C
4. Kelarutan dalam air : 235 gr/100 gr H_2O
5. Panas Pelarutan dalam air : 20.2 KJ/mol
6. Panas pembakaran : -3025.5 KJ/mol

Sifat-sifat Kimia :

1. Berbentuk kristal pada suhu kamar.
2. Berwarna putih tidak berbau dan berasa manis.
3. Larut dalam air,gliserol dan propilen glikol.
4. Sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat dan penol.
5. Tidak larut dalam sebagian besar pelarut organik

(Perry, 1950)

2.6 Kitosan

Kitosan merupakan merupakan polimer karbohidrat alami yang dapat ditemukan dalam kerangka dari krustasea, seperti kepiting, udang dan lobster, serta dalam eksoskeleton zooplankton laut, termasuk karang dan *jellyfish*. 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).

Kitosan mempunyai potensi untuk dimanfaatkan pada berbagai jenis industri maupun aplikasi pada bidang kesehatan. Salah satu contoh aplikasi kitosan yaitu sebagai pengikat bahan-bahan untuk pembentukan alat-alat gelas, plastik, karet, dan selulosa yang sering disebut dengan formulasi adesif khusus. Pemanfaatan kitosan sebagai bahan tambahan pada pembuatan film plastik berfungsi untuk memperbaiki transparasi film plastik yang dihasilkan (Joseph, 2009).

Kitosan dibuat dari hasil proses deasetilasi dari senyawa kitin yang banyak terdapat pada kulit luar hewan golongan Crustaceae (Hargono dan Budiyati, 2007). Kitosan berbentuk serbuk hanya dapat dilarutkan dengan menggunakan asam asetat (Purwanti, 2010). Fungsi kitosan dalam pembuatan film plastik adalah menghasilkan lapisan film yang licin dan transparan. Menurut Permanasari (2010) polimer dengan kelimpahan terbasar kedua setelah selulosa adalah kitosan. Kitosan dapat diperoleh dari cangkang kepiting atau udang.

Kitosan merupakan senyawa polimer dari 2-amino-2-dioksi-β-D-Glukosa yang dapat dihasilkan dari kitin yang dihilangkan gugus asetilnya dengan menggunakan asam pekat (Peniston, 1980). Secara umum, kitin dengan derajat deasetilasi diatas 70 % disebut sebagai kitosan (Li, 1997). Saat ini kitosan mempunyai banyak sekali kegunaan, antara lain dalam bidang kesehatan, pengolahan air, membran, hidrogel, perekat, antioksidan, dan pengemas makanan (Honarkar, 2009). Kitosan tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut asam organik di bawah pH 6 antara lain asam formiat, asam asetat, dan asam laktat. Kelarutan kitosan dalam pelarut asam anorganik sangat terbatas, antara lain sedikit larut dalam larutan HCl 1% tetapi tidak larut dalam asam sulfat dan asam phosphate (Nadarajah, 2005).

Stephen (1995), Kitosan merupakan polimer kationik yang bersifat *nontoksik*, dapat mengalami biodegradasi. Kitosan juga memiliki kegunaan yang sangat luas dalam kehidupan sehari-hari misalnya sebagai adsorben limbah logam berat dan zat warna, pengawet, antijamur, kosmetik, farmasi, flokulan, antikanker, dan antibakteri. Kitosan dapat aktif dan berinteraksi dengan sel, enzim atau matrik polimer yang bermuatan negative.

Kitosan merupakan padatan *amorf* yang berwarna putih kekuningan. Kelarutan kitosan yang paling baik ialah dalam larutan asam asetat 2%. (Sugita, P. 2009). Kitosan mudah mengalami degradasi secara biologis dan tidak beracun, kationik kuat, flokulan dan koagulan yang baik, mudah membentuk membran atau film serta membentuk gel dengan anion bervalensi ganda. Kitosan tidak larut dalam air, pelarut-pelarut organik, alkali atau asam-asam mineral pada pH diatas

6,5. Kitosan larut dengan cepat dalam asam organik seperti asam formiat, asam sitrat dan asam asetat (Zakaria, 1995).

Kitosan juga sedikit larut dalam HCl dan HNO_3 0,5%, H_3PO_4. Sedangkan dalam H_2SO_4 tidak larut. Kitosan juga tidak larut dalam beberapa pelarut organik seperti alkohol, aseton, dimetil formida dan dimetil sulfoksida tetapi kitosan larut dengan baik dengan asam formiat berkonsentrasi (0,2-100)% dalam air (Knorr, 1987).

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).

Kitosan larut pada kebanyakan larutan asam organik pada pH sekitar 4,0, tetapi tidak larut pada pH lebih besar dari 6,5, juga tidak larut dalam pelarut air, alkohol, dan aseton. Dalam asam mineral pekat seperti HCl dan HNO_3, kitosan larut pada konsentrasi 0,15-1,1%, tetapi tidak larut pada konsentrasi 10%. Kitosan tidak larut dalam H_2SO_4 pada berbagai konsentrasi, sedangkan di dalam H_3PO_4 tidak larut pada konsentrasi 1% sementara pada konsentrasi 0,1% sedikit larut. Perlu untuk diketahui, bahwa kelarutan kitosan dipengaruhi oleh bobot molekul, derajat deasetilasi dan rotasi spesifiknya yang beragam bergantung pada sumber dan metode isolasi serta transformasinya.

Pelarut yang umum digunakan untuk melarutkan kitosan adalah asam asetat dengan konsentrasi 1–2% (Apriyanto, 2007). Asam asetat adalah cairan tidak berwarna dengan karakteristik bau yang tajam, berasa asam, serta larut dalam air, alkohol, dan gliserol. Rumus empirik asam asetat adalah $C_2H_4O_2$ dan rumus strukturnya CH_3COOH. Asam asetat mempunyai berat molekul 60, titik didih 118^oC, titik beku 16,7^oC, dan dapat digunakaan sebagai penambahan rasa (Astuti, 2008).

Tabel 2. Sumber Kitosan dan Kitin

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

Tabel 3. 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

Menurut Robert (1992) Kitosan memiliki sifat unik yang dapat digunakan dalam berbagai cara serta memiliki kegunaan yang beragam, antara lain sebagai perekat, aditif untuk kertas dan tekstil, penjernihan air minum, serta untuk mempercepat penyembuhan luka, dan memperbaiki sifat pengikatan warna. Kitosan merupakan pengkelat yang kuat untuk ion logam transisi. Kitosan mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi logam dan membentuk kompleks kitosan dengan logam.

Aplikasi kitosan dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Aplikasi kitosan

Aplikasi	Contoh
1. Pengolahan air	- Sebagai pewarna, penyaring, penghilangan logam.
2. Pulp and paper	- 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