

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Durian dan Nangka

2.1.1. Pohon Durian

Tanaman durian merupakan buah asli Indonesia yang menempati posisi ke-4 buah nasional dengan produksi yang tidak merata sepanjang tahun, lebih kurang 700 ton per tahun. Buah durian berwarna hijau sampai kecoklatan, tertutup oleh duri-duri yang berbentuk piramid lebar, tajam dan panjang 1 cm. Biji durian berbentuk bulat telur, berkeping dua, berwarna putih kekuning-kuningan atau coklat muda. Biji durian dapat diperoleh pada beberapa daerah yang mempunyai potensi akan adanya buah durian dimana biji durian tersebut menjadi salah satu limbah yang terbengkalai atau tidak dimanfaatkan, yang sebenarnya banyak mengandung nilai tambah. Agar limbah ini dapat dimanfaatkan sebagaimana sifat bahan tersebut dan digunakan dalam waktu yang relatif lama, perlu diproses lebih lanjut, menjadi beberapa hasil yang bervariasi. Salah satu cara untuk mengolah biji durian agar lebih tahan lama adalah dengan membuatnya menjadi tepung biji durian. Pati biji durian berbentuk serbuk halus dan berwarna putih kecoklatan. Kandungan pati yang cukup tinggi dari biji durian dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* (Aguilera *et al.* 2011).. Gambar 2.1. pohon durian.



Gambar 2.1. Pohon Durian dan Buah
Sumber (Aguilera *et al.* 2011).

2.1.2. Pohon Nangka

Tanaman Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) merupakan tanaman buah yang beraasal dari India dan menyebar luas keberbagai daerah tropis, terutamanya Indonesia. Tanaman ini memiliki nama berbeda – beda dan bervariasi tergantung wilayah maupun daerahnya. Tanaman nangka ini merupakan tanaman yang tergolong kedalam jenis buah tahunan, dan masih berfamili dengan *Malvales* dan juga termasuk kedalam ordo *Urticales*.

Buahnya mempunyai rasa yang lezat dan aroma yang kuat tergantung dari tingkat kematangan. Berat biji nangka sekitar 8-15% dari berat buahnya. Biji nangka berbentuk oval dengan panjang 2-3 cm dan diameter 1-1,5 cm, serta tertutup lapisan tipis coklat yang disebut spermoderm. Spermoderm menutupi kotiledon yang berwarna putih. Kotiledon ini mengandung pati yang tinggi. Oleh karenanya biji nangka berpotensi sebagai bahan pembuat bioplastik ketimbang hanya dibuang setelah daging buahnya dimakan. Untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat bioplastik, kotiledon dari biji nangka dibuat tepung dan/atau diambil patinya terlebih dahulu. Bioplastik yang terbuat dari campuran tepung-air atau pati-air mempunyai sifat keras/kaku namun rapuh sehingga untuk memperoleh bioplastik yang elastis perlu ditambahkan *plastisizer* seperti gliserol. (Yu dkk., 2006).



Gambar 2.2. Pohon Nangka dan Buah
Sumber (Yu dkk., 2006).

2.1.3. Klasifikasi Biji Durian dan Nangka

Berikut ini merupakan klasifikasi Tanaman Durian, yaitu :

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Divisi	: Spermatophyta (Tumbuhan berbiji)
Sub Divisi	: Angiospermae (Berbiji tertutup)
Kelas	: Dicotyledonae (Biji berkeping/dikotil)
Ordo	: Bombacales
Famili	: Bombacaceae
Genus	: Durio
Spesies	: Durio zibethinus Murr

Selanjutnya, ini merupakan klasifikasi Tanaman Nangka, yaitu :

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Sub Kingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua / dikotil)
Sub Kelas	: Dilleniidae
Ordo	: Urticales
Famili	: Moraceae
Genus	: Artocarpus
Spesies	: Artocarpus heterophyllus

2.1.4. Morfologi Pohon Durian dan Pohon Nangka

1) Morfologi Pohon Durian

a) Morfologi Akar

Tanaman durian memiliki perakaran yang terbagi atas beberapa jenis, antara lain akar tunggal atau primer, akar sekunder, dan juga tersier yang kuat dan dalam. Oleh karena itu, jenis perakaran seperti ini baik untuk mencegah erosi pada lereng. Akar primer dari tanaman durian berfungsi sebagai penopang tanaman durian tersebut supaya dapat berdiri dengan kokoh. Sedangkan akar sekunder adalah akar yang tumbuh di daerah perbatasan dibawah tanah. Akar ini berfungsi untuk mendukung kokohnya

tanaman untuk berdiri. Kemudian akar tersier merupakan akar yang tumbuh dari perakaran serabut sehingga ukurannya kecil. Dimana akar ini berfungsi didalam menyerap air dan zat hara yang dibutuhkan oleh tanaman durian.

b) Morfologi Daun

Tanaman durian memiliki daun berbentuk lonjong atau melanset serta lonjong melanset. Ukuran panjang daun durian dapat mencapai 10 cm bahkan lebih dan lebar 4 cm. Akan tetapi tidak semua jenis tanaman durian memiliki ukuran daun yang sama, karena semua juga tergantung dari varietasnya. Daun tanaman ini terletak secara berselang-seling, dengan pangkal yang tumpul ataupun lancip serta pada bagian ujungnya lancip. Selain itu, tanaman ini memiliki warna hijau terang pada daun bagian atas dan berwarna perak atau keemasan pada daun bagian bawah. Pertulangan daun tanaman ini tampak menyirip, serta bagian ibu tulang daun (costa) terlihat memanjang dari pangkal daun ataupun sampai pada ujung daun, dan kemudian dari costa keluar ke arah samping tulang-tulang cabang.

c) Morfologi Batang

Tanaman durian memiliki batang yang berbentuk silindris dengan panjang mencapai ukuran 45 meter atau bahkan dapat lebih. Kulit batang tanaman durian memiliki tekstur yang kasar dengan warna coklat yang secara terus menerus mengalami pengelupasan dan tidak beraturan. Batang tanaman ini memiliki arah tumbuh yang tegak lurus dari setiap percabangan. Selain itu, untuk arah tumbuh cabang dari tanaman durian condong sedikit ke atas dan ada juga yang arah tumbuhnya mendatar.

d) Morfologi Bunga

Tanaman durian memiliki bunga yang ukurannya besar berbentuk seperti mangkuk dengan benang sari dan mahkota berwarna kuning emas hingga merah. Bunga tanaman durian tersusun dari dua kelamin, yaitu jantan dan juga betina. Oleh karena itu bunga tanaman ini disebut dengan bunga sempurna atau hermafrodit. Bunga tanaman ini keluar secara tunggal atau berkelompok pada cabang primer hingga cabang sekunder. Bunga ini terletak secara bergantungan dengan tangkai yang panjang. Sedangkan

penyerbukan silang tanaman ini dibantu oleh binatang, seperti kelelawar yang aktif pada waktu malam hari ataupun kumbang.

e) Morfologi Buah dan Biji

Tanaman durian memiliki buah berukuran besar dengan kulit yang penuh duri keras dan tajam. Kulit buah durian memiliki ketebalan sekitar 1,5-2 cm dan bahkan lebih tergantung dari varietasnya.

2) Morfologi Pohon Nangka

a) Akar

Tanaman nangka memiliki perakarang tunggang dan juga memiliki percabangan yang sangat banyak. Perakaran tanaman nangka ini menembus permukaan tanah hingga kedalam 10-15 meter bahkan lebih tergantung dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Selain itu, akar tanaman ini berguna untuk menyokong pertumbuhannya hingga kuat dan berdiri kokoh.

b) Daun

Tanaman nangka memiliki daun tunggal, bertangkai 1-4 cm, memiliki bagian tepi rata dan memiliki bentuk bulat telur memanjang, serta memiliki ujung pangkal pendek meruncing. Daun pada nangka ini memiliki permukaan atas berwarna hijau tua mengkilap, kaku dan juga permukaan bagian bawah memiliki warna hijau muda.

c) Bunga

Tanaman nangka memiliki bunga dalam satu rumah hanya satu, yaitu dapat diartikan bahwa tanaman nangka memiliki bunga jantan dan bunga betina. Bunga jantan ini memiliki ciri khas berwarna hijau tua dan juga membengkok, sedangkan bunga betina memiliki bentuk yang silinderis. Proses pembuahan ini sering terjadi di kelopak bunga dan benang sari, dalam penyerbukan ini biasanya di bantu dengan angin dan juga binatang sekitar.

d) Buah

Tanaman nangka memiliki buah berbentuk bulat memanjang berwarna hijau dan kekuningan jika sudah mau matang. Buah ini tergolong kedalam buah yang majemuk, yang memiliki daging didalamnya yang banyak. Buah ini memiliki permukaan kasar dan berduri lunak, serta buah ini terdapat di batang dan percabangan.

e) Biji

Biji pada tanaman nangka ini memiliki bentuk bulat memanjang dan ada juga bulat telur, memiliki warna keabu-abuan, dan juga terdiri dari lapisan luar dan dalam. Selain itu, biji ini diselimuti daging tebal berwarna kekuningan hingga kuning pekat. Biji ini memiliki lapisan luar yang tipis, dan lapisan dalam yang tebal berwarna putih.

2.1.5. Kandungan Kimia Biji Durian dan Biji Nangka

Berikut merupakan tabel komposisi kimia pada biji durian, seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Biji Durian

Komposisi	Kandungan %
Karbohidrat	83,92
Amilosa	14,74
Protein	4,76
Lemak	0,38
Abu	1,19
Air	10,71

(Sumber: *) Soebagio *et al.* 2009 dan **) Theresia 2003)

2.1.5.2 Kandungan kimia biji nangka

Berikut merupakan tabel komposisi kimia pada biji nangka, seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 komposisi kimia biji nangka

Komposisi	Kandungan %
Karbohidrat	84,86
Amilosa	47,43
Protein	3,06
Lemak	1,63
Abu	2,94
Air	12,91

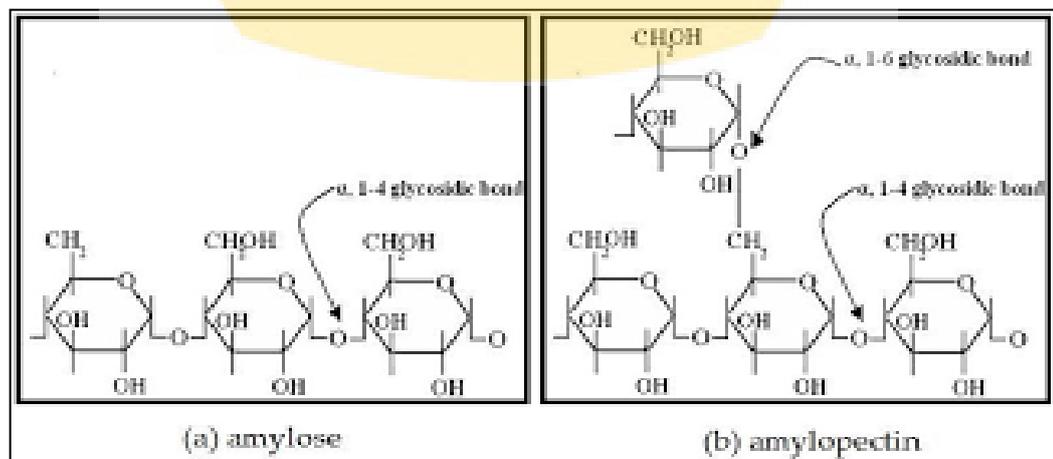
(Sumber, Lu dkk 2009)

2.2. Pati

Dalam sel tumbuhan hijau dan pada beberapa mikroorganisme, pati disimpan dalam berbagai organ tanaman seperti pada biji, buah, dan umbi. Pati dapat diartikan sebagai bentuk penyimpanan energi yang dihasilkan oleh semua tanaman hijau. Adapun beberapa contoh tanaman hijau yang mengandung pati dengan kadar cukup tinggi yaitu jagung, kentang, gandum, beras, tapioka, kacang polong dan lainnya. Pati disimpan dalam tanaman dalam bentuk butiran yang terdiri dari amilase dan juga amilopektin. Amilosa dan amilopektin disimpan dalam tanaman dalam butiran dengan diameter berkisar antara 1-100 μ m. Dalam butiran tersebut, terkandung sejumlah kecil air, lipid dan protein. Kandungannya pun berbeda untuk setiap sumber pati yang berbeda.

2.2.1. Pengertian Pati

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak larut disebut amilopektin (Winarno, 1984). Struktur amilosa merupakan struktur lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa. Amilopektin terdiri dari struktur bercabang dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa dan titik percabangan amilopektin merupakan ikatan α -(1,6) D-glukosa. Rumus molekul pati adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$ dan berat molekul amilosa yaitu beberapa ribu hingga 500.000, begitu pula dengan amilopektin (Lehninger, 1982). **Gambar 2.3.** Struktur Amilosa dan Amilopektin.



Gambar 2.3. Struktur Amilosa dan Amilopektin

Sumber (Lehninger, 1982).

Pada struktur granula pati, amilosa dan amilopektin tersusun dalam suatu cincin-cincin. Jumlah cincin dalam suatu granula pati kurang lebih 16 buah, yang terdiri atas cincin lapisan amorf dan cincin lapisan semikristal. Amilosa merupakan fraksi gerak, yang artinya dalam granula pati letaknya tidak pada satu tempat, tetapi bergantung pada jenis pati. Umumnya amilosa terletak di antara molekul-molekul amilopektin dan secara acak berada selang-seling di antara daerah amorf dan kristal (Herawati, 2011).

Pembuatan bioplastik berbasis pati pada dasarnya menggunakan prinsip gelatinisasi, di mana air yang terserap dan pembengkakannya terbatas. Pati dapat menyerap air secara maksimal jika suspensi air dipanaskan pada temperatur 55°C sampai 80°C. Suhu gelatinisasi pati mempengaruhi perubahan viskositas larutan pati, dengan meningkatnya suhu pemanasan mengakibatkan penurunan kekentalan suspensi pati. Suhu pada saat granula pati pecah disebut suhu gelatinisasi. Gelatinisasi mengakibatkan ikatan amilosa akan cenderung saling berdekatan karena adanya ikatan hidrogen. Setelah terjadi proses gelatinisasi, kemudian larutan gelatin dicetak atau dituangkan pada tempat pencetakan dan dikeringkan selama 24 jam. Proses pengeringan akan mengakibatkan penyusutan sebagai akibat dari lepasnya air, sehingga gel akan membentuk bioplastik yang stabil (Ginting, dkk, 2014).

2.2.2 Sifat Pati

Pati tidak larut dalam air dingin, tetapi apabila butiran-butiran pati dipanaskan pada suhu 55-80 °C dalam larutan, butiran-butiran tersebut akan menyerap pelarut, proses ini disebut gelatinisasi (Dureja dkk, 2011 dan Sumardjo, 2006). Pati dengan larutan iod akan memberikan zat berwarna biru-hitam. Sifat ini menjadikan larutan pati merupakan indikator yang baik dalam analisis volumetrik yang berkenaan dengan iod. Pati digunakan secara besar-besaran dalam industri kertas dan perekat kertas. Pati juga banyak digunakan dalam industri makanan, baik sebagai komponen bahan makanan maupun dihidrolisis lebih lanjut untuk menghasilkan glukosa dan digunakan untuk menghasilkan kanji untuk kertas, tekstil dan diragikan menjadi alkohol (Cowd, 1991).

Penggunaan pati dalam pembuatan bioplastik sangat berpotensi karena keberadaan pati yang melimpah, mudah terdegradasi dan murah. Namun perlu penambahan bahan *plasticizer* untuk mengubah sifat dan karakteristik plastik yang dihasilkan. Salah satu contoh *plasticizer* adalah gliserol (Radhiyatullah dkk, 2015).

Pati merupakan karbohidrat kompleks utama yang tidak larut dalam air dan berasal dari tanaman atau buah-buahan, bersifat tawar serta 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 sangat penting dalam melakukan aktifitas (Wibowo, dkk, 2008).

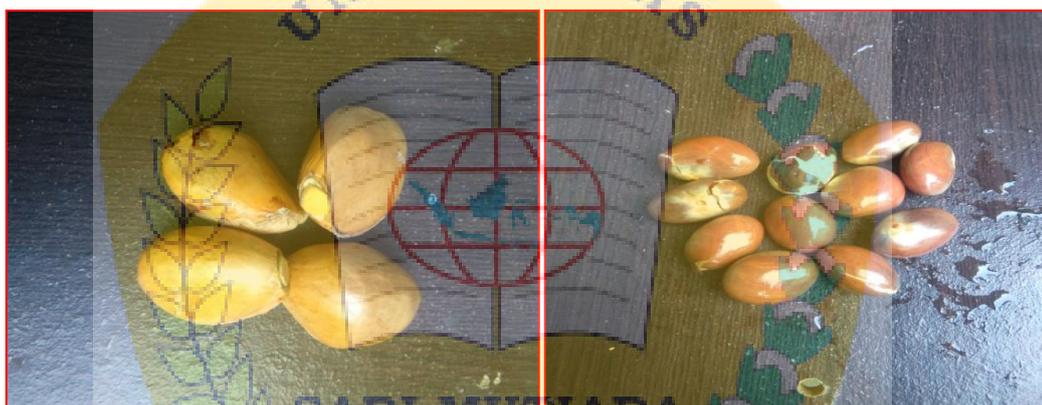
Pati memiliki sifat sebagai granula yang tidak larut dalam air. Granula pati tersebut terdiri atas daerah amorf dan kristal. Amilosa dalam pati bergabung dengan lipid dari struktur kristal yang lemah dan memperkuat granula tersebut. Sementara amilopektin larut dalam air, amilosa dan granula pati sendiri tidak larut dalam air dingin. Hal ini menyebabkan relatif mudah untuk mengekstrak granula pati dari sumber tanaman. Ketika suspensi pati dalam air dipanaskan, butiran pertama membengkak sampai tercapai suatu titik di mana terjadinya pembengkakan ireversibel. Proses pembengkakan ini disebut gelatinisasi (Kristiani, 2015).

2.2.3 Pemanfaatan Pati

Pemanfaatan pati adalah sebagai bahan baku dalam industri makanan, obat-obatan serta produk non pangan seperti tekstil, kemasan, deterjen, dan sebagainya (Martunis, dkk, 2012). Pati yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar seperti yang dilakukan oleh Putri dan Dede (2008) yaitu memanfaatkan pati ganyong (*Canna edulis* Ker.) menjadi bioetanol melalui hidrolisis asam dan fermentasi. Contoh lain dari pemanfaatan pati yaitu menggunakan pati singkong dengan penambahan kitosan dan gliserol untuk pembuatan dan karakterisasi bioplastik (Lazuardi dan Cahyaningrum, 2013).

2.2.4. Sumber Pati

Pati dapat diperoleh dari biji-bijian, umbi-umbian, sayuran, maupun buah-buahan. Sumber alami pati antara lain adalah biji durian, biji nangka, jagung, labu, kentang, ubi jalar, pisang, barley, gandum, beras, sagu, ubi kayu, ganyong, dan sorgum. Pemanfaatan pati asli masih sangat terbatas karena sifat fisik dan kimianya kurang sesuai untuk digunakan secara luas. Oleh karena itu, pati akan meningkat nilai ekonominya jika dimodifikasi sifat-sifatnya melalui perlakuan fisik, kimia atau kombinasi keduanya (Herawati, 2011). Salah satu sumber pati yang dijadikan sebagai bahan penelitian adalah biji durian dan biji nangka dengan menggunakan kitosan sebagai bahan penguat alami film plastik dan gliserol sebagai *plasticizer* untuk memperbaiki sifat karakteristik edible film yang dihasilkan. **Gambar 2.4.** Biji durian dan biji nangka.

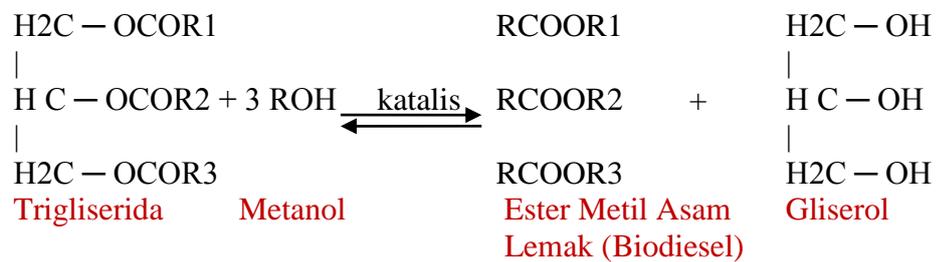


Gambar 2.4. Biji durian dan Biji nangka

2.3. Gliserol

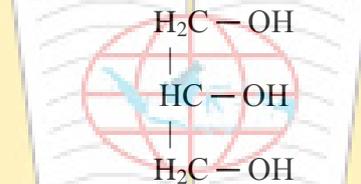
Istilah gliserol berasal dari bahasa Yunani *glykys* yang berarti “manis”. Gliserol pertama kali ditemukan pada tahun 1779 oleh Scheele. Gliserol diperoleh dengan cara memanaskan campuran timbal monoksida dan minyak zaitun kemudian melakukan ekstraksi dengan air. Gliserol terdapat dalam bentuk gliserida pada semua lemak dan minyak yang berasal dari hewan dan tumbuhan. Gliserol muncul sebagai produk samping ketika minyak tersebut mengalami saponifikasi pada proses produksi sabun, ketika minyak atau lemak terpisah dalam produksi asam lemak, maupun ketika minyak atau lemak mengalami esterifikasi

dengan metanol (alkohol lain) dalam produksi metil (alkil) ester (**Gambar 2.5**) (Pagliaro, 2010).



Gambar 2.5. Reaksi Pembentukan Gliserol
Sumber (Pagliaro, 2010).

Gliserol (1,2,3-propanatriol) atau disebut juga gliserin merupakan senyawa alkohol trihidrat (**Gambar 2.5**). Gliserol juga merupakan senyawa gliserida yang paling sederhana dengan hidroksil yang bersifat hidrofilik dan higroskopik.



Gambar 2.6. Rumus Struktur Gliserol
Sumber (Pagliaro, 2010).

Gliserol berwujud cairan jernih, kental, terasa manis namun bersifat racun dan tidak berwarna dengan titik didih 290°C (**Tabel 2.3**). Titik didih tinggi yang dimiliki oleh senyawa dengan bobot molekul $92,09 \text{ g/mol}$ ini disebabkan adanya ikatan hidrogen yang kuat antar molekul gliserol.

Tabel 2.3. Karakteristik Gliserol

Rumus kimia	$\text{C}_2\text{H}_5(\text{OH})_3$
Massa molekul	$92,09382 \text{ g/mol}$
Densitas	$1,261 \text{ g/cm}^3$
Viskositas	$1,5 \text{ Pa.s}$
Titik lebur	$18,2^\circ\text{C}$
Titik didih	290°C

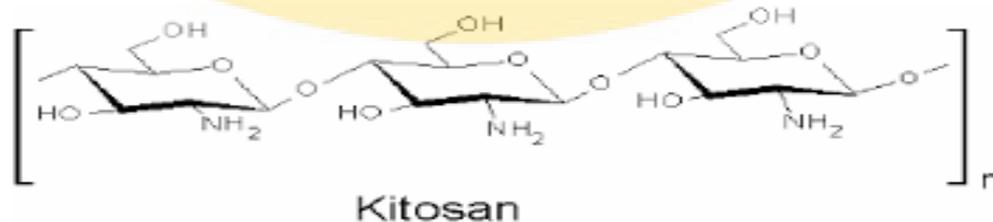
(Sumber: Pagliaro, 2010).

Bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan gliserol adalah minyak. Diantaranya minyak sawit, minyak biji kapuk dan minyak biji karet. Minyak goreng bekas (limbah industri makanan dan rumah tangga) juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan gliserol (Aziz, dkk, 2013).

Gliserol banyak digunakan sebagai *plasticizer* karena tanpa penggunaan gliserol, lembar plastik yang dihasilkan keras dan kaku. Gliserol tidak dapat larut dalam minyak tetapi larut sempurna dalam air dan alkohol. Pemlastis (*plasticizer*) adalah bahan tambahan yang ditambahkan pada polimer alami sebagai bahan pemlastis, karena campuran polimer alami murni akan menghasilkan sifat yang getas dan rapuh sehingga akan menambah fleksibilitas dan menghindarkan polimer dari retakan. Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan untuk menghasilkan bioplastik. Bioplastik yang dihasilkan ini kurang tahan terhadap air (kurang hidrofobik/bersifat hidrofilik) dan sifat mekaniknya masih rendah (kekuatan tarik dan modulus Young). Salah satu cara untuk mengurangi sifat hidrofilik adalah dengan mencampur pati dengan biopolimer lain yang bersifat hidrofobik, seperti selulosa, kitosan, dan protein.

2.4. Kitosan

Kitosan dengan rumus molekul $(C_6H_{11}NO_4)_n$ dapat diperoleh dari deasetilasi kitin. Kitosan juga dijumpai secara alamiah di beberapa organisme. Adapun struktur kimia kitosan dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7. Struktur Kitosan

Sumber (Amelia, 2010).

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 (Amelia, 2010).

Kitosan merupakan padatan amorf yang berwarna putih kekuningan. Kelarutan kitosan yang paling baik ialah dalam larutan asam asetat (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. Adapun wujud dari kitosan dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8.Serbuk Kitosan

(Sumber : Sugita, 2009)

Kitosan memiliki sifat unik yang dapat digunakan dalam berbagai cara serta memiliki kegunaan yang beragam, antara lain sebagai bahan perekat, aditif untuk kertas dan tekstil, penjernih air minum, serta untuk mempercepat

penyembuhan luka, dan memperbaiki sifat pengikatan warna. Kitosan merupakan pengkelat yang kuat untuk ion logam transisi.

Pemanfaatan kitosan sangat banyak diantaranya, untuk pengawet makanan (pengganti formalin dan boraks), pengolahan limbah, obat pelangsing, kosmetik, dan lain sebagainya. Kitosan mempunyai gugus aktif yang akan berikatan dengan mikroba sehingga kitosan juga mampu menghambat pertumbuhan mikroba. Saat ini, kitosan telah diproduksi secara industri di negara-negara maju terutama Jepang dan Amerika Serikat (Mahatmanti, 2010).

2.5. Plastik

2.5.1. Plastik sintesis

Plastik merupakan senyawa sintetik 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 memiliki ikatan karbon rantai panjang sehingga sulit untuk terdegradasi oleh mikroorganisme.

Sifat-sifat plastik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) (Darni dan Herti, 2010) ditunjukkan pada **Tabel 2.4.**

Tabel 2.4. Standar SNI Plastik

No	Karakteristik	Nilai
1	Kuat tarik (Mpa)	24,7 – 302
2	Persen elongasi %	21 – 220
3	Hindrofobilitas %	99

Plastik sintetik (*non-biodegradable*) memiliki dampak buruk terhadap lingkungan karena sifatnya sulit terurai. Saat ini telah dikembangkan plastik *biodegradable* untuk menyelamatkan lingkungan dari bahaya plastik, artinya plastik ini dapat duraikan kembali oleh mikroorganisme secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan. Biasanya plastik konvensional berbahan dasar *petroleum*, gas alam, atau batu bara. Sementara plastik *biodegradable* terbuat dari

material yang dapat diperbaharui, yaitu dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman misalnya pati, selulosa, *kolagen*, *kasein*, protein atau lipid yang terdapat dalam hewan (Huda, 2007).

Para pakar lingkungan dan ilmuwan telah melakukan berbagai penelitian dan tindakan dengan cara mendaur ulang limbah plastik. Namun, cara ini tidak terlalu efektif. Hanya sekitar 4% yang dapat didaur ulang, sisanya menggenung di tempat penampungan sampah (Kadir, 2012). Pengembangan bahan plastik *biodegradabel* (bioplastik) merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan akibat sampah plastik sintetik atau konvensional. Pengembangan bahan plastik *biodegradabel* (bioplastik) menggunakan bahan alam yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) sangat diharapkan berkembang di Indonesia (Puspita, 2013).

2.5.2. Biodegradable

Plastik *biodegradable* dalam bahasa Inggris sering disebut sebagai *Environmentally Degradable Polymers (EDPs)*. *Environmentally Degradable Polymers* adalah polimer yang terdegradasi secara proses toksik (Swift, 2011).

Degradasi (*degradation*) merupakan proses satu arah (*irreversible*) yang mengarah pada perubahan signifikan dari suatu struktur material, dengan cara kehilangan komponen, misalnya berat molekul atau berat struktur, disertai dengan pemecahan (*fragmentation*). Degradasi disebabkan oleh kondisi lingkungan dan terjadi dalam satu tahap atau lebih, sedangkan plastik *biodegradable* menunjukkan keadaan plastik yang terdegradasi sebagai hasil dari aktivitas alam yang melibatkan mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan alga. Plastik *biodegradable* dapat terdegradasi oleh lingkungan tertentu misalnya tanah, kompos, atau lingkungan perairan (Seigel dan Lisa, 2007).

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).

Faktor yang mempengaruhi biodegradabilitas plastik yaitu biodegradabilitas plastik ditentukan oleh banyak faktor, diantaranya faktor lingkungan, meliputi cuaca, iklim, dan kelembaban udara. Faktor lainnya adalah temperatur, cahaya, pH, kandungan oksigen, kandungan air, dan keberadaan organisme pengurai. Komposisi plastik berhubungan dengan sifat biodegradabilitasnya. Kondisi permukaan (luas permukaan, hidrofob atau hidrofil), titik leleh, elastisitas, dan kristalinitas mempunyai peranan penting dalam proses biodegradasi (Tokiwa dkk., 2009). Tanah yang mengandung bakteri dan fungi penghasil enzim depolimerisasi plastik *biodegradable* mampu mendegradasi plastik tersebut dengan cara memutuskan rantai polimernya. Kegunaan plastik *biodegradable* pada kehidupan sehari-hari (Puspita, 2013) antara lain:

1. Sebagai kemasan (wadah makanan dan pembungkus)
2. Sebagai kantong plastik untuk pengomposan sampah makanan
3. Produk *catering* (sendok garpu, piring, cangkir sedotan)
4. Pertanian (film mulsa, pot tanaman, pembibitan film)
5. Produk-produk kesehatan dan implant pada medis & dental

Plastik *biodegradable* berbahan dasar pati dapat didegradasi oleh bakteri *pseudomonas* dan *bacillus* memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya. Senyawa-senyawa hasil degradasi polimer selain menghasilkan karbon dioksida dan air, juga menghasilkan senyawa organik lain yaitu asam organik dan aldehid yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Jika dibandingkan dengan plastik tradisional membutuhkan waktu sekitar 50 tahun agar dapat terdekomposisi alam, sementara plastik *biodegradable* dapat terdekomposisi 10 hingga 20 kali lebih cepat. Plastik *biodegradable* yang terbakar tidak menghasilkan senyawa kimia berbahaya. Kualitas tanah akan meningkat dengan adanya plastik *biodegradable*, karena hasil penguraian mikroorganisme meningkatkan unsur hara dalam tanah (Nanda, 2015).

Metode yang dapat digunakan dalam pembuatan bioplastik ini yaitu metode *casting*. Metode *casting* merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk membuat film plastik. Pada metode ini protein atau polisakarida didispersikan pada campuran air dan *plasticizer* yang kemudian diaduk. Setelah

pengadukan lalu segera campuran tadi dipanaskan dalam beberapa waktu dan dituangkan pada *casting plate*. Setelah dituangkan kemudian dibiarkan mengering dengan sendirinya pada kondisi lingkungan dan waktu tertentu. Film yang telah mengering dilepaskan dari cetakan (*casting plate*) dan kemudian dilakukan pengujian terhadap karakteristik yang dihasilkan (Hui, 2006).

2.6. FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Karakterisasi gugus fungsi dapat dilakukan menggunakan FTIR. Spektroskopi FTIR atau *Fourier Transform Infrared* dapat menganalisis gugus fungsi suatu senyawa dengan kemampuan analisis yang lebih baik daripada sistem IR konvensional, termasuk dalam hal sensitivitas, kecepatan dan peningkatan pengolahan data.

Komponen dasar instrumen FTIR (Anggarini, 2013) ditunjukkan secara skematis sebagai berikut :

FTIR (*Fourier Transform Infrared*) merupakan metode yang menggunakan spektroskopi inframerah. Prinsip kerja spektroskopi FTIR adalah adanya interaksi energi dengan materi. Pada spektroskopi inframerah, radiasi inframerah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian lagi dilewatkan. Hasil dari spektrum merupakan besarnya absorpsi molekul dan transmisi yang membentuk sidik jari molekul dari suatu sampel. Seperti sidik jari pada umumnya, struktur sidik jari dari spektrum yang dihasilkan tidak ada yang sama. Inilah yang membuat spektroskopi inframerah berguna untuk beberapa analisa. Manfaat informasi yang dapat diketahui dari FTIR adalah mengidentifikasi suatu senyawa yang tidak diketahui (Thermo, 2011). Alat FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dapat dilihat pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9. Alat Instrument FTIR. Sumber (Thermo, 2011).

Hasil pengujian gugus fungsi menggunakan FTIR, apabila terdapat gugus fungsi C=O karbonil dan C-O ester mengindikasikan adanya kemampuan degradabilitas pada plastik yang disintesis. Hal ini dikarenakan gugus fungsi O-H, C=O karbonil dan C-O ester merupakan gugus yang bersifat hidrofilik sehingga molekul air dapat mengakibatkan mikroorganisme pada lingkungan memasuki matriks plastik tersebut. Gugus fungsi yang mampu mendegradasi bioplastik dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

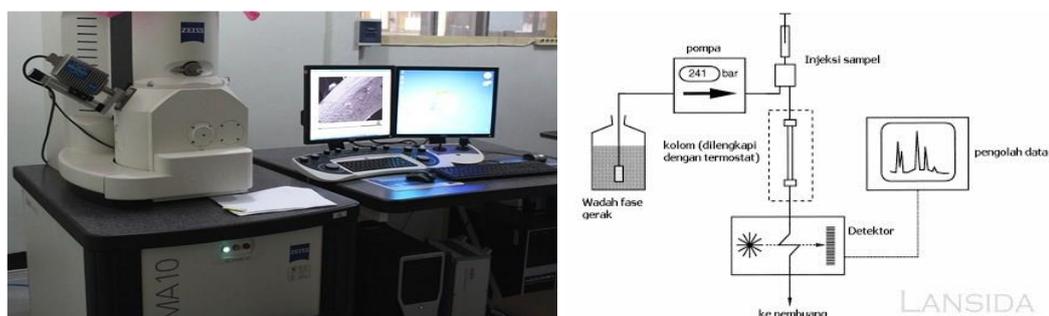
Tabel 2.5. Gugus fungsi pendegradasi bioplastik

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus fungsi
Ester (C = O)	1750 – 1735
Ester (C – O)	1300 – 1000
Karboksil (C – O)	3700 – 3500
Amina (N – H)	1650 – 1550

Sumber (Thermo, 2011).

2.7. SEM (*Scanning Electron Mikroskopi*)

SEM merupakan suatu metode untuk membentuk bayangan daerah mikroskopis permukaan sampel. Proses analisa SEM menghasilkan elektron yang difokuskan menuju sampel, ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan pantulan elektron baru. Pantulan elektron tersebut menghasilkan sinyal *backscattered electron* yang secara prinsip, atom-atom dengan berat molekul lebih besar akan memantulkan lebih banyak elektron sehingga tampak lebih cerah dari atom dengan berat molekul rendah (Sinaga, dkk, 2014). **Gambar 2.10**. SEM (*Scanning Electron Mikroskopi*)



Gambar 2.10. Alat SEM

Sumber (Sinaga, dkk, 2014).

2.8. Uji Tarik

2.8.1. Kuat tarik (*Tensile Strength*)

Dalam istilah umum, *strength* atau kekuatan adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Kemampuan suatu struktur untuk menahan beban tanpa mengalami kerusakan. Kerusakan dapat terjadi oleh perpecahan karena tekanan yang berlebihan, atau kemungkinan juga disebabkan oleh deformasi struktur. *Tensile* termasuk juga ketahanan material terhadap kuat tekan atau tegangan. Jumlah kekuatan yang dibutuhkan untuk memecah material. Hasil pengukuran ini berhubungan erat dengan jumlah *plasticizer* yang ditambahkan pada proses pembuatan plastik (Gedney, 2005). Pada penelitian sebelumnya Sanjaya (2012), semakin besar konsentrasi kitosan, maka nilai *tensile strength* juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin besar konsentrasi kitosan maka semakin banyak ikatan hidrogen yang terdapat dalam bioplastik sehingga ikatan kimianya akan semakin kuat dan sulit untuk diputus karena memerlukan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut. Alat uji kuat tarik (*Tensile strength*) dapat dilihat pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11. Alat Kuat Tarik
(Sumber : Hasan dkk, 2014)

2.8.2. Elongasi (Persen pemanjangan)

Elongasi atau persen pemanjangan merupakan pemanjangan maksimal film bioplastik saat mulai putus. Pengujian elongasi atau persen pemanjangan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan rentang putus film bioplastik yang

dihasilkan. Makin tinggi nilai rentangnya maka makin baik film bioplastik yang dihasilkan dan apabila nilai rentang rendah maka kurang baik film bioplastik tersebut (Ningsih, 2015). Penelitian Sinaga, dkk (2014), bioplastik dari umbi talas memperoleh nilai pemanjangan saat putus tertinggi pada pati 0,3 w/v, penambahan 3% v gliserol yaitu nilai pemanjangan saat putus 14,8448 %. Semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka sifat pemanjangan saat putusakan semakin tinggi, tetapi jika gliserol yang ditambahkan terlalu sedikit maka bioplastik yang dihasilkan kurang elastis.

2.9. Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Differential Scanning Calorimetry (DSC) adalah mengukur panas yang dilepas atau diserap selama transisi sampel akibat perlakuan temperatur. Alat DSC dapat dilihat pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12. Alat DSC (*Differential Scanning Calorimetry*)

Sumber (Mark 2005)

Menurut Mark (2005), konsep pengoperasian *Power Compensation* DSC didasarkan pada menjaga suhu pada R dan S yang sama (R dan S nama sampel pada Gambar 2.2). Skema dari *Power Compensation* DSC dapat dilihat pada Gambar 2.2. Hal ini dicapai dengan menempatkan sensor suhu kedalam penghubung rangkaian. Setiap perubahan suhu baik sampel atau referensi segera diimbangi dengan jumlah yang setara dengan aliran yang diperlukan untuk mendorong pemanas untuk menjaga pada suhu yang sama. Dengan demikian, integral dari input daya selama transisi atau perubahan kapasitas panas adalah

sama dengan perbedaan energi (ΔH) yang dipasok ke sampel atau referensi selama waktu tertentu. Hal ini akan menjadi endotermik atau eksotermik tergantung pada saat perjalanan ke sampel atau panci referensi, masing masing. Puncak yang menunjuk kebawah dinamakan eksotermik dan puncak yang menunjuk ke atas dinamakan endotermik.

Prinsip dasar dari analisa DSC adalah ketika sampel mengalami perubahan fisik seperti transisi fase, diperlukan perubahan panas yang mengalir dari referensi dan sampel untuk mempertahankan suhu referensi dan sampel agar tetap sama. Proses eksotermik atau endotermik yaitu tergantung pada lebih atau kurangnya panas yang harus mengalir ke sample. Misalnya, sampel padat yang bertransisi menuju fase cair, akan memerlukan lebih banyak panas, karena panas yang mengalir ke sampel untuk meningkatkan suhu pada tingkat yang sama sebagai referensi diserap oleh sample, ini merupakan proses endotermik karena membutuhkan banyak panas. Proses eksotermik yaitu proses pengeluaran energi panas dari sample. Efek termal berbentuk puncak, ditandai dengan perubahan entalpi dan kisaran temperatur. Contoh efek termal adalah: meleleh, kristalisasi, transisi padat-padat, reaksi kimia.

a. *Glass Transition Temperature* (T_g)

Glass transition temperature (T_g) merupakan karakteristik penting dari bahan amorfus dan semikristalin, T_g adalah properti yang sangat penting dari banyak polimer umum. Pada suhu di bawah T_g , polimer amorfus dan semikristalin cenderung keras dan rapuh karena rantai polimer terkunci dalam posisi yang tidak beraturan dan melingkar. Di atas temperatur T_g , polimer melepaskan sifat-sifat gelasnya yang kaku dan cenderung menjadi lebih elastis. Umumnya titik T_g bergantung pada pengolahan material, begitu pula karakteristik alami material seperti struktur, ikatan, dan berat molekul. Karena dibutuhkan energi untuk melepaskan ikatan ini, transisi gelas muncul pada kurva DSC sebagai proses endotermik. Pada termogram DSC, T_g dapat ditemukan dengan penurunan permanen pada aliran panas awal, dan T_g biasanya diambil sebagai titik belok pada kurva (Hutapea, 2008).

b. *Temperature Crystallization (Tc)*

Temperatur kristalisasi (T_c) adalah transisi penting lainnya yang terjadi pada beberapa bahan polimer. Pada suhu kristalisasi, polimer kehilangan susunan rantai acaknya, bentuk ikatan antarmolekul, dan molekul polimer menjadi lebih teratur. Pembentukan ikatan selama kristalisasi adalah proses eksotermik, sehingga terjadi peningkatan aliran panas (puncak pada kurva DSC) menyertai proses kristalisasi. Umumnya, T_c ditemukan dengan menemukan titik awal kurva kristalisasi.

c. *Melting Temperature (Tm)*

Peleburan terjadi saat material berubah fasa dari padatan menjadi cairan. Ketika sebuah bahan mulai meleleh, ikatan antar molekulnya menyerap energi dan mulai melonggarkan dan pecah. Karena pencairan melibatkan penyerapan energi, ini adalah proses endotermik dan muncul pada kurva DSC sebagai penurunan aliran panas yang besar dan sementara. Setelah material benar-benar meleleh, aliran panas kembali ke nilai awal aslinya. Nilai T_m didapatkan langsung oleh software yang terkoneksi dengan mesin DSC. Secara otomatis nilai T_m akan muncul ketika pengujian sampel telah selesai. Kondisi peleburan pada logam dan organik berada pada awal kurva *melting temperatur* sedangkan untuk polimer peleburan berada pada *melting peak temperature*.