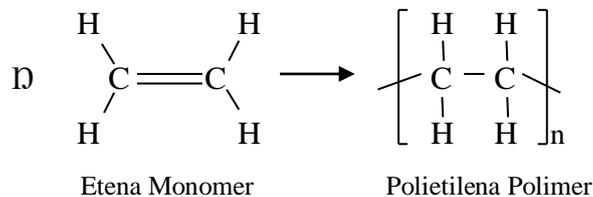


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Plastik dan Bioplastik

#### 2.1.1 Pengertian Plastik

Plastik menurut Surono (2014) merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Bahan yang terbentuk dari bahan polimer ini dapat dibentuk menjadi berbagai bentuk sesuai keinginan jika mengalami keadaan panas dan tekanan. Plastik dibentuk dengan kondensasi organik atau penambahan polimer juga dapat dibuat dengan zat lain untuk meningkatkan kualitas plastik. Ada beberapa polimer alam yang terindikasi sebagai plastik. Plastik dapat dicetak menjadi film dan serat sintetis. Plastik hadir dengan berbagai sifat yang memungkinkannya tahan terhadap panas, kuat, daya tahan tinggi, dan banyak lagi. Dikombinasikan dengan kemampuan beradaptasi, komposisi umum, dan bobotnya yang ringan, memastikan bahwa plastik digunakan di hampir semua sektor industri.



Gambar 2.1 Reaksi Pembentukan Polietilena  
(Mendera, 2020)

Pada Gambar 2.1 plastik merupakan polimer rantai panjang atom C dan H yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul atau monomer berulang. Istilah plastik dan polimer sering digunakan secara bergantian. Namun bukan berarti semua polimer adalah plastik. Bahan plastik adalah jenis polimer yang dapat dibentuk menjadi berbagai bentuk.

Pada tahun 1862 oleh Alexander Parkes pertama kali membuat produk serupa plastik berbahan dasar selulosa. Bahan temuan Parkes ini disebut *Parkesine*. Pada tahun 1907, seorang ahli kimia New York bernama Leo Baeklund berhasil menciptakan zat sintetis pertama. Dia mengembangkan Bakelite, resin cair. Zat ini tidak terbakar, tidak meleleh dan juga tidak mencair dalam larutan asam asetat. Ini berarti bahwa bahan ini tidak lagi berubah selama

pencetakan. Plastik adalah bahan baru yang telah banyak digunakan dan dikembangkan sejak tahun 1975 dan dijual oleh Montgomery Ward, Jordan Marsh, J.C. Penney, Sears dan pengecer besar lainnya. Bahan polimer ini melonjak dari hanya beberapa ratus ton pada 1930-an menjadi 150 juta ton per tahun 1990-an dan 220 juta ton per tahun pada 2005 (Polytech, 2017).

Plastik dibagi menjadi dua berdasarkan dapat atau tidaknya dibentuk kembali yaitu plastik *thermosetting* dan plastik termoplastik. Plastik termoset merupakan plastik yang setelah dipadatkan, tidak meleleh kembali saat dipanaskan, sedangkan termoplastik merupakan plastik yang meleleh saat dipanaskan hingga suhu tertentu dan dapat dibentuk menjadi bentuk yang diinginkan (UNEP, 2014).

Plastik dibagi menjadi dua kategori utama berdasarkan pertimbangan ekonomi dan kegunaannya: plastik komoditas dan plastik rekayasa. Plastik curah (ekonomi) ditandai dengan volume tinggi dan biaya rendah. Jenis plastik ini biasanya digunakan dalam bentuk barang sekali pakai seperti lapisan kemasan, tetapi juga digunakan pada barang tahan lama. Plastik utilitas (komoditi) adalah polimer termoplastik. Plastik rekayasa teknik lebih mahal dan volumenya lebih kecil, tetapi memiliki sifat mekanik yang lebih baik dan daya tahan lebih lama. Plastik jenis ini dapat bersaing dengan logam, keramik, dan gelas dalam berbagai aplikasi. Plastik komoditi pada prinsipnya terdiri dari empat jenis polimer utama, yaitu polietilene, polipropilene, poli(vinil klorida), dan polistirene.

Berdasarkan sifat daur ulang plastik menurut *American Society of Plastic Industry* telah membuat sistem dengan kode atau simbol yang berbentuk segitiga arah panah. Simbol daur ulang, simbol ini berisi resin dengan nomor kode dan informasi spesifik. Adapun jenis-jenis benda ini berdasarkan kodenya adalah sebagai berikut:

- a. PET (*polyethylene terephthalate*) penggunaannya untuk sekali penggunaan saja, contohnya botol minyak goreng, botol kemasan air mineral, botol sambal, jus, botol kosmetik, dan botol obat.
- b. HDPE (*High-Density Poly ethylene*) salah satu yang aman penggunaannya karena dapat mencegah reaksi kimia sehingga cocok untuk botol susu cair, botol obat, botol kosmetik, dan jerigen pelumas.

- c. PVC (*Polyvinyl Chloride*) yang memiliki kandungan DEHA (*diethyl hydroxylamine*) tidak cocok digunakan untuk pembungkus makanan sehingga lebih cocok untuk penggunaan pipa bangunan, pipa selang air, taplak meja, mainan, botol sambal, dan botol shampo.
- d. LDPE (*Low-Density Polyethylene*), bahan ini lebih mudah didaur ulang untuk penggunaan pembungkus daging beku, tutup, kantong kresek, dan berbagai macam produk berbahan dasar sama yang tipis lainnya.
- e. PP (*Polypropylene* atau *Polypropene*) untuk tutup botol, cup, bungkus margarine, dan mainan anak.
- f. PS (*Polystyrene*) untuk kegunaan sendok, kotak CD, garpu, gelas, tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan transparan.
- g. Other (O), jenis plastik lainnya selain dari 6 contoh klasifikasi kemasan di atas. Seringkali ditemukan pada galon air minum, botol susu bayi, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, alat-alat elektronik, komputer, sikat gigi dan mainan lego.

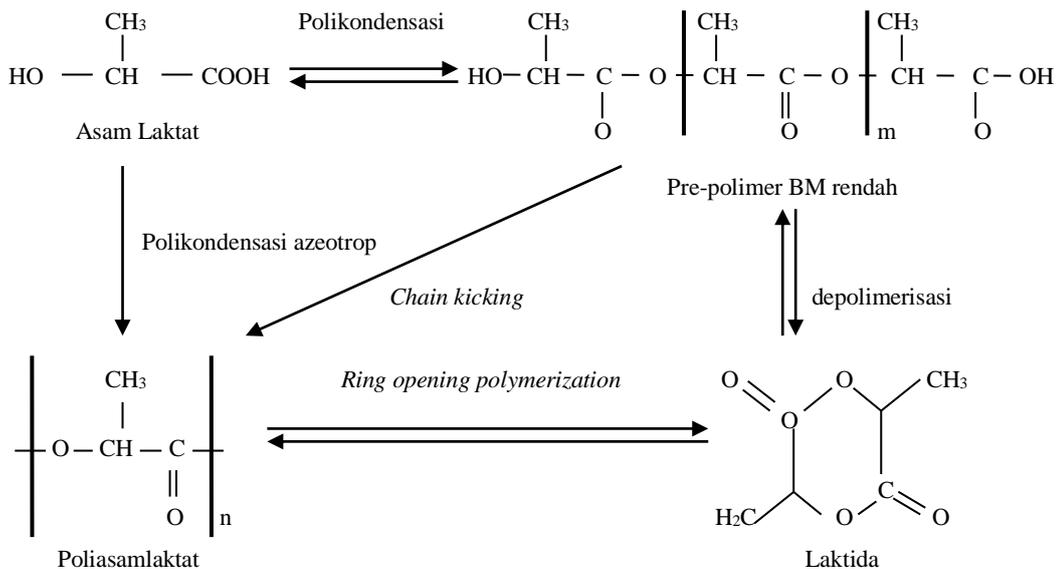
### 2.1.2 Pengertian Bioplastik

Bioplastik adalah plastik atau polimer yang mudah terdegradasi secara alami oleh serangan mikroba atau pelapukan. Bioplastik dibuat dari sumber biomassa seperti minyak nabati, tepung jagung, kulit jagung, dan mikrobiota. Plastik umumnya berbasis minyak bumi. Plastik ini sangat bergantung pada bahan bakar fosil yang langka dan menciptakan dampak gas rumah kaca. Beberapa bioplastik dirancang agar dapat terurai secara hayati. Bioplastik yang dapat terurai secara hayati terurai baik dalam lingkungan anaerobik atau aerobik, tergantung pada cara pembuatannya. Ada berbagai bioplastik yang terdiri dari pati, selulosa, atau biopolimer lainnya. Penggunaan bioplastik yang paling umum termasuk bahan kemasan, peralatan makan, kemasan makanan dan isolasi.

Pada dasarnya bioplastik telah mulai diperkenalkan dan dikomersialisasikan sejak abad ke-19, tepatnya pada tahun 1869 ketika seorang penemu yang berasal dari Amerika bernama John Wesley Hyatt, Jr. berhasil mensintesis sebuah turunan selulosa yang kemudian diberi nama *celluloid* (Green Plastics, 2017). Pada tahun 1924, bioplastik atau biopolimer sudah mulai dimanfaatkan oleh Henry Ford untuk membuat komponen-komponen mobil seperti *steering wheel* dan *dashboard*

(Green Plastics, 2017). Sayangnya, perkembangan bioplastik mengalami perlambatan pada tahun 1900-an akibat adanya penggunaan minyak bumi secara besar-besaran sebagai bahan baku dari plastik (Green Plastics, 2017). Perkembangan bioplastik baru kembali pada tahun 1980-an setelah masyarakat dunia mulai menyadari bahwa plastik atau polimer berbasis minyak bumi (petroleum) membawa dampak negatif bagi lingkungan (Green Plastics, 2017).

Menurut Srikanth Pilla, bioplastik dapat dibagi menjadi 3 kategori berdasarkan bahan baku dan garis besar proses pembuatannya, yaitu Kategori I yang didapatkan melalui ekstraksi atau isolasi langsung dari biomassa, Kategori II yang didapatkan dari sintesis kimia monomer-monomer yang terbarukan (*renewable*) dan berasal dari biomassa (*bio-based*), serta Kategori III yang diproduksi dari proses hidup mikroorganisme alami maupun mikroorganisme yang telah dimanipulasi secara genetik (Pilla, 2011).



Gambar 2.2 Sintesa Bioplastik Poliasamlaktat (Merck Index, 2014)

Pada Gambar 2.2 dapat diketahui bahwa mekanisme reaksi terdiri dari 3 tahap utama yaitu prepolimerisasi, sintesis kristal laktida dan polimerisasi. Pada tahap prepolimerisasi menghasilkan prepolimer yang bermassa molekul rendah. Prepolimer yang terbentuk merupakan hasil dari penggabungan secara kondensasi (berulang) dari monomer (L)-Lactic Acid. Reaksi penggabungan (L)-Lactic Acid menghasilkan prepolimer bermassa molekul rendah dengan berat 1000-5000.

Reaksi yang terjadi pada sintesis kristal laktida merupakan reaksi esterifikasi. Asam laktat memiliki gugus hidroksil dan karboksil. Pembentukan kristal laktida memanfaatkan kedua gugus hidroksil dan karboksil untuk terbentuk. Pada reaksi polimerisasi, polimer yang terbentuk merupakan hasil dari pembukaan cincin dari cincin laktida dan menghasilkan polimer dengan berat molekul tinggi.

Bioplastik adalah zat yang diproduksi sebagian besar dari bahan biomassa, seperti protein, lipid dan polisakarida (Shafqat dkk., 2020). Bahan-bahan ini yang disintesis menggunakan sumber daya organik terbarukan telah terbukti sebagai pengganti yang baik untuk plastik berbasis minyak bumi dan kemungkinan akan berkurang ketergantungan kita pada bahan bakar fosil, serta kuantitasnya sampah plastik yang dihasilkan (Yue dkk., 2020). Bioplastik memiliki potensi untuk memecahkan masalah yang terus meningkat sampah plastik di dunia. Bioplastik terbarukan adalah keseluruhan jawaban yang efisien untuk kelipatan masalah yang terkait dengan minyak bumi dan sampah plastik.

Plastik *biodegradable* dibagi menjadi dua kelompok: yang mengandung bahan baku petrokimia dan yang terbuat dari biomassa seperti selulosa dan pati. Pembentukan plastik *biodegradable* berbasis pati memanfaatkan prinsip gelatinisasi. Dengan melarutkan pati dalam sejumlah air dan memanaskannya sampai suhu tertentu, air menguap dan film yang keras dan stabil akan terbentuk. Namun, plastik *biodegradable* berbasis pati memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah intoleransi dengan panas, memiliki sifat mekanik yang buruk, dan ketidakmampuan untuk menahan mikroorganisme dan air. Zat aditif seperti kitosan dapat ditambahkan untuk meningkatkan sifat mekanik plastik *biodegradable*.

Menurut Coniwanti dan Pamilia (2014) plastik *biodegradable* dikelompokkan menjadi dua kelompok dan empat keluarga yang berbeda. Kelompok utama ialah *agropolymer* yang terdiri dari polisakarida, protein dan lain sebagainya; dan yang kedua ialah biopoliester (*biodegradable polyesters*) seperti poli asam laktat (PLA), *polyhydroxyalkanoate* (PHA), aromatik dan alifatik kopoliester. Biopolimer yang diklasifikasikan sebagai agropolimer adalah produk biomassa yang berasal dari bahan pertanian seperti polisakarida, protein dan lemak. Biopoliester diklasifikasikan lebih lanjut berdasarkan sumbernya. Gugus

polihidroksialkanoat (PHA) diperoleh dari aktivitas mikroorganisme yang diperoleh dengan cara ekstraksi. Contoh PHA termasuk polihidroksibutirat (PHB) dan polihidroksibutirat-ko-hidroksivalerat. Kelompok lain adalah apa yang disebut kelompok polilaktida, biopoliester yang diperoleh dengan aplikasi bioteknologi, yaitu dengan sintesis konvensional monomer yang diperoleh secara biologis. Contoh polilaktida adalah asam polilaktat. Kelompok terakhir berasal dari petrokimia yang disintesis secara konvensional dari monomer sintetik. Golongan ini terdiri dari polikaprolakton (PCL), poliesterimida, kopoliester alifatik, dan kopoliester aromatik.

Adapun syarat mutu berdasarkan SNI 7818:2014 oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) tentang kantong plastik mudah terurai dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Standar Mutu Plastik Mudah Terurai

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Kuat Tarik	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	Minimal 13,7 (139,74)
2	Elongasi	%	400-1120
3	Degradasi	%	100 (per 60 hari)

(Badan Standarisasi Nasional, 2014)

## 2.2 Limbah Nasi

Salah satu limbah yang berada di lingkungan sekitar sebagai hasil dari konsumsi masyarakat dan sering kali kita jumpai di tempat pembuangan sampah atau pada kotak sampah ialah limbah makanan (*food waste*). Limbah nasi merupakan salah satu contoh dari limbah makanan yang seringkali kita jumpai. Limbah nasi berasal dari nasi konsumsi yang telah basi dan dibuang ke tempat pembuangan sampah. Limbah nasi dapat berasal dari limbah rumah tangga, restoran, rumah makan atau pun dari sampah-sampah nasi kotak dan nasi bungkus hasil buangan suatu acara-acara khusus dimana masyarakat seringkali menyisakan nasi yang dihidangkan sehingga membusuk dan menjadi nasi basi.

Nasi basi adalah nasi yang sudah tidak layak untuk dikonsumsi karena memiliki bau dan rasa yang tidak sedap, berlendir, dan ditumbuhi jamur berwarna kuning atau orange di atasnya. Biasanya limbah nasi diproses menjadi nasi aking (nasi yang dikeringkan) untuk kemudian digunakan masyarakat sebagai pakan unggas ataupun dikonsumsi kembali menjadi di beberapa lingkungan masyarakat kelas rendah.

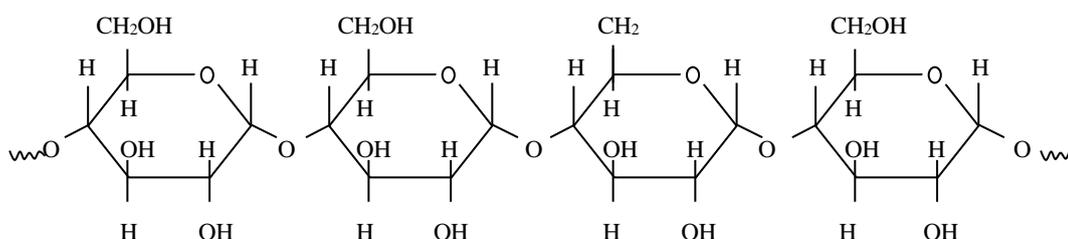
## 2.3 Pati

Pati merupakan polisakarida yang mempunyai monomer glukosa yang saling berikatan dengan ikatan glikosidik. Pati dalam keadaan murni memiliki kristal granular yang tidak larut dalam air pada suhu ruang, bentuk dan ukurannya sesuai dengan jenis tiap tanaman. Pati banyak terkandung dalam kentang, beras, sagu, jagung, singkong, talas, dan ubi jalar.

Pemanfaatan pati sebagai bahan baku industri berupa makanan dan obat-obatan. Khusus untuk industri makanan, pati sangat penting dalam produksi makanan bayi, kue, pengental susu, puding, dekstrin, dan permen jelly. Pati terdiri dari dua polimer utama, amilosa dan amilopektin, dan juga mengandung 0,25% protein dan 0,1%-0,3% lemak (Ashogbon dkk., 2014). Penggunaan pati masih sangat jarang karena sulitnya penerapan sifat fisik dan kimianya, sehingga dilakukan modifikasi fisika dan kimia atau kombinasi keduanya.

### 2.3.1 Amilosa

Amilosa adalah polimer linier glukosa dengan unit glukosa alfa (1-4). Amilosa memiliki berat molekul yang berbeda-beda tergantung jenisnya. Amilosa terdiri dari 250-300 unit D-glukosa yang disatukan oleh ikatan 1,4-glikosidik. Oleh karena itu, molekulnya menyerupai rantai terbuka atau rantai lurus.

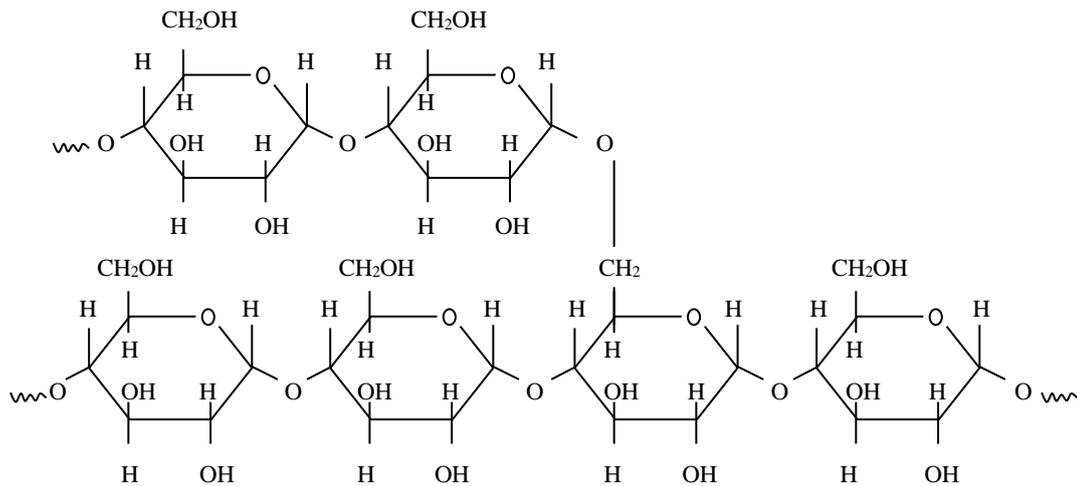


Gambar 2.3 Struktur Amilosa  
(Mamuja, 2017)

### 2.3.2 Amilopektin

Amilopektin adalah molekul yang termasuk didalam pati. Amilopektin memiliki struktur variabel yang terdiri dari beberapa unit glukosa. Amilopektin adalah polisakarida yang terdiri dari monomer alfa-glukosa. Amilopektin mudah ditemukan karena merupakan molekul besar dan, bersama dengan amilosa, merupakan salah satu dari dua senyawa yang membentuk pati.

Meskipun terdiri dari monomer yang sama, amilopektin berbeda dari amilosa sebagaimana dibuktikan oleh sifat fisiknya. Secara struktural, amilopektin, seperti amilosa, terbentuk dari rantai glukosa yang dihubungkan oleh ikatan 1,4-glikosidik. Namun, dalam amilopektin terdapat cabang dengan ikatan 1,6-glikosidik yang terbentuk (setiap 20 rantai glukosa). Amilopektin terdiri dari lebih dari 1.000 unit glukosa per molekul.



Gambar 2.4 Struktur Amilopektin  
(Moran, 2014)

### 2.3.3 Pati Limbah Nasi

Pati merupakan salah satu jenis polisakarida. Sifatnya yang hidrofilik serta berasal dari sumber yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) menyebabkan pati berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai materi pembentuk bioplastik. Pati merupakan bahan baku yang paling menjanjikan dalam pembuatan plastik karena akan selalu tersedia dalam jumlah besar dan harganya murah. Pada produksi plastik *biodegradable* dan *edible film* dari karbohidrat dan protein dapat menambah nilai ekonomi untuk bahan baku yang kurang memiliki nilai guna sehingga dapat memberikan peran baru dalam penyimpanan bahan lainnya.

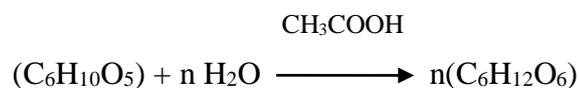


Gambar 2.5 Tepung Limbah Nasi

Pati mengalami proses hidrolisis selama pencampuran. Hidrolisis adalah reaksi kimia antara air dan zat lain yang menghasilkan satu atau lebih zat baru, penguraian suatu larutan oleh air. Proses ini melibatkan pengionan molekul air ataupun peruraian senyawa yang lain (Nolan-ITU, 2002). Reaksi hidrolisis pati berlangsung menurut persamaan sebagai berikut:



Reaksi yang berlangsung antara pati dengan air bersifat sangat lambat, maka untuk mempercepat jalan reaksinya diperlukan penambahan suatu zat yang berfungsi sebagai katalisator. Katalisator ini berfungsi sebagai zat tambahan untuk meningkatkan keaktifan air, sehingga proses hidrolisis dapat berreaksi lebih cepat. Beberapa jenis katalisator yang kerap digunakan dalam suatu reaksi kimia adalah asam nitrat, asam klorida dan asam sulfat. Dalam reaksi ini menggunakan katalis asam asetat sehingga persamaan yang terbentuk sebagai berikut:



Secara umum, proses hidrolisis dapat dilakukan dengan 3 metode yaitu hidrolisis asam, hidrolisis enzimatik, dan kombinasi antara hidrolisis enzimatik dan asam. Selain katalis asam, temperatur reaksi juga dapat mempengaruhi laju reaksi hidrolisis pati. Semakin tinggi temperatur yang digunakan maka reaksi hidrolisis juga akan semakin cepat (Dewi dkk., 2018).

Nasi memiliki umur simpan yang terbatas dan biasanya dalam waktu 24 jam nasi akan mengalami proses pembusukan hingga menjadi basi dan berbau. Nasi

basi tidak aman dikonsumsi karena mengandung bakteri yang dapat mengganggu pencernaan. Dalam kehidupan sehari-hari, banyak nasi sisa makanan dan nasi basi yang kebanyakan terbuang percuma. Pemanfaatan kembali nasi sisa menjadi kerupuk atau makanan konsumsi lain tidak akan memberi nilai gizi yang sama seperti nasi yang baru karena sudah melalui proses pembusukan. Nasi sisa yang telah basi tidak lagi memiliki nutrisi yang terkandung didalamnya serta ditandai dengan tumbuhnya jamur dan mikroorganisme yang dapat merugikan tubuh.

Pada pembuatan bioplastik dari tepung limbah nasi dengan menggunakan variabel tetap berupa tepung limbah nasi, waktu pemanasan dan suhu pemanasan sedangkan variabel bebas yaitu volume gliserol dan kitosan didapatkan hasil semakin tinggi volume yang digunakan maka % elongasi akan semakin bertambah (Martina, 2016).

#### **2.4 Gliserol sebagai *Plasticizer***

Menurut Ullmann's *Encyclopedia of Industrial Chemistry* (2000), *plasticizer* adalah zat yang ditambahkan ke bahan untuk membuatnya lebih lembut dan lebih fleksibel dengan meningkatkan plastisitasnya dan menurunkan viskositasnya. *Hardener* adalah zat yang ditambahkan ke suatu bahan untuk mengurangi plastisitasnya dan meningkatkan viskositasnya, membuat bahan menjadi lebih keras dan lebih kuat.

Partikel *plasticizer* akan mendorong struktur polimer saling terpisah. Proses ini akan melemahkan kekuatan ikatan antarmolekul polimer. Hal ini juga memungkinkan ikatan polimer untuk melepaskan ikatan satu sama lain. Hal ini dapat menciptakan fluiditas dalam struktur polimer, membuat material menjadi lembut dan fleksibel.

Adapun jenis-jenis *plasticizer* yang sering digunakan antara lain:

##### **1. Minyak Ester**

Secara umum, *plasticizer* ester dapat menguntungkan saat memproses elastomer polar. Ada tiga jenis *plasticizer* minyak ester antara lain:

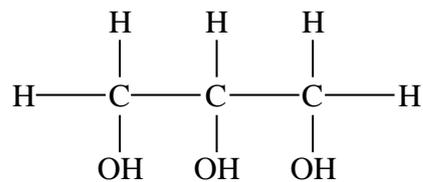
Polyos : seperti gliserol, propilen glikol, dan polietilen glikol (PEG)

Ester Organik : Seperti ester phtalat (dietil, dibutil), dibutyl sebacate, ester sitrat (trietil, trietil asetil, tributil asetil), dan triasetin.

Gliserida : seperti minyak jarak, monogliserida terasetil, dan minyak kelapa terfraksinasi.

## 2. Minyak Bumi

Minyak bumi berguna sebagai *plasticizer* yang bersifat nonpolar. Minyak bumi, biasanya disebut minyak ekstender, selanjutnya dikelompokkan menjadi tiga, yaitu parafinik, naftenik, atau aromatic Gliserol adalah senyawa poliol. Gliserol memiliki tiga gugus hidroksil hidrofilik dan higroskopis. Gliserol atau gliserin adalah bahan penyusun banyak jenis lipid (gliserida), termasuk trigliserida. Gliserin memiliki rasa yang manis dan dianggap tidak beracun. Gliserin dapat diperoleh dari proses saponifikasi lemak hewan, transesterifikasi dalam produksi bahan bakar biodiesel, proses epiklorohidrin, dan pengolahan minyak goreng. Berikut ini merupakan struktur kimia gliserol atau gliserin.



Gambar 2.6 Struktur Kimia Gliserol  
(Mamuaja, 2017)

Gliserol yang merupakan polialkohol yang secara alami bersamaan dengan gliserida dalam lemak hewan dan tumbuhan adalah bahan *plasticizer* yang paling sesuai untuk polimer yang terlarut didalam air. Gugus hidroksil yang terdapat dalam gliserol akan berinteraksi secara intra dan antar molekuler melalui ikatan hidrogen dalam rantai polimer dan memberi fleksibilitas kepada struktur plastik (Maneking dkk., 2020). Gliserol ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ) adalah cairan kental, rasanya manis, tidak berwarna, tidak berbau, sedikit larut dalam air, meningkatkan viskositas larutan, mengikat air, dan menyerap kelembaban. Gliserol memiliki berat molekul sebesar 92 g/mol, densitas 1,261 g/ml dan viskositas 1,5 cp. Berikut adalah kegunaan gliserol dalam beberapa bidang industri :

1. Kosmetik; biasa digunakan dalam krim dan pelembab kulit, sampo dan kondisioner rambut, sabun dan deterjen.
2. Pasta gigi, digunakan sebagai humektan.
3. *Explosive*; digunakan untuk membuat nitrogliserin sebagai bahan dasar bahan peledak.

4. Industri makanan dan minuman, digunakan sebagai pelarut emulsi, kondisioner, penganti beku dan pelapis. Digunakan dalam anggur dan industri minuman lainnya.
5. Industri logam; digunakan untuk pengawetan, pendinginan, pengupasan, pelapisan listrik, dan penyolderan.
6. Industri kertas; digunakan sebagai humektan, pemlastis, pelembut, dll.
7. Industri farmasi; digunakan untuk antibiotik, kapsul, dll.
8. Foto; Digunakan sebagai pemlastis.
9. Resin; digunakan untuk resin poliuretan, epoksi, ftalat dan malat.
10. Industri tekstil; menggunakan pelumas, anti-statis, anti-susut, tahan air dan tahan api.
11. Tembakau, digunakan sebagai pelembab, emolien dan penambah rasa.

### 2.5 Kitosan sebagai *filler*



Gambar 2.7 Kitosan Powder

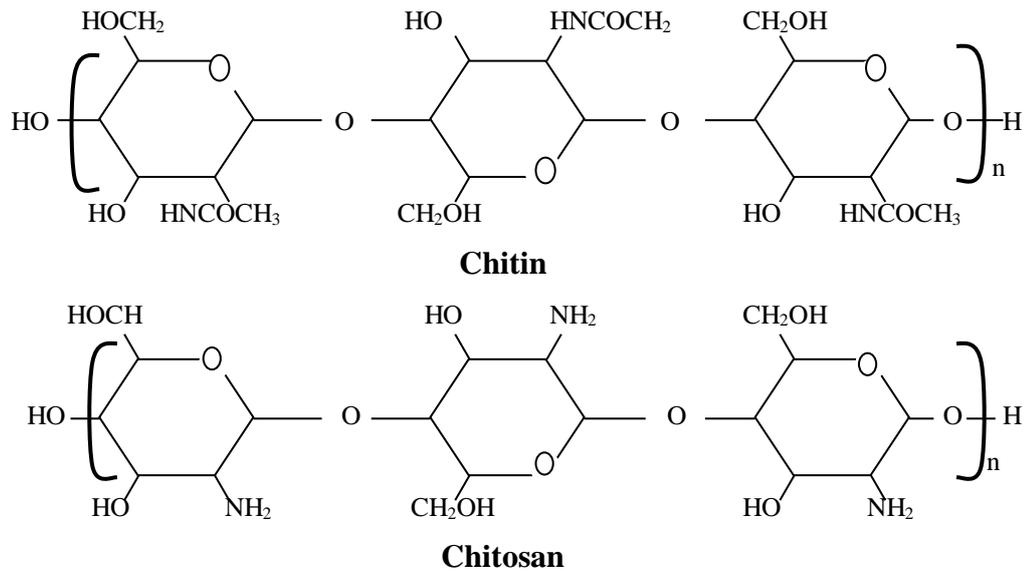
Kitosan merupakan biomaterial yang diperoleh dari deasetilasi kitin yang berasal dari kulit udang atau kepiting dengan natrium hidroksida. Kelimpahan kitosan di alam merupakan yang terbanyak kedua setelah selulosa, sehingga kitosan banyak digunakan sebagai bahan baku produk ramah lingkungan karena tidak beracun dan *biodegradable*. Penggunaan kitosan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik karena kitosan dapat membentuk lapisan yang bening, kuat, dan fleksibel. Proses degradasi bioplastik berbasis kitosan di lingkungan cenderung memakan waktu, sehingga perlu dilakukan penambahan pati sebagai aditif. (Khantayanuwong, 2016).

Banyak penelitian menunjukkan bahwa familia kepiting dan udang mengandung kitin, yang dapat diproses lebih lanjut menjadi kitosan melalui deasetilasi (Husni dkk., 2020). Kitosan adalah molekul dengan struktur polisakarida seperti selulosa di mana dua jenis unit berulang, N-asetil-D-glukosamin dan D-glukosamin, dihubungkan oleh ikatan (1-4)- $\beta$ -glikosidik. Kitosan adalah biopoliaminosakarida, polimer kationik yang diperoleh dari kitin melalui tahap deasetilasi basa dan dicirikan oleh adanya banyak gugus amino dalam rantai.

Metode umum sintesis kitosan adalah deasetilasi kitin, umumnya diperoleh dari kulit udang dan krustasea laut lainnya. Setelah itu, digunakan NaOH (natrium hidroksida) berlebih yang direaksikan sebagai reagen. Kitosan tidak larut dalam air dan larut dalam larutan asam asetat, sitrat dan asam tartarat dengan pH di bawah 6,5. Namun, kitosan tidak larut dalam kondisi larutan asam fosfat dan asam sulfat. Selain itu, saat pH > 6,5 terbentuk endapan polisakarida dalam larutan air dengan bentuk seperti agar-agar (Suptijah dkk., 2015).

Kitosan memiliki sifat biokompatibilitas dan biodegradabilitas dan dianggap sebagai senyawa *biodegradable* yang sangat umum sebagai produk biodegradasi karena dapat terdegradasi di air dan tanah. Adapun ciri-ciri dari kitosan dapat ditandai dengan derajat deasetilasi (DA), kemurnian setelah pelarutan dalam asam organik, derajat polimerisasi dan nilai BM. Besaran harga serta kualitas dari kitosan umumnya sejalan dengan besaran derajat deasetilasi (Bahri dkk., 2015)

Kitosan adalah sejenis kopolimer kationik dari 2-glikosamin dan N-asetil-2-glukosamin. Rumus umum kitosan adalah  $(C_6H_{11}NO_4)$  dengan berat molekul rata-rata 120.000. Perbedaan struktural antara kitosan dan kitin adalah adanya gugus amino bebas reaktif. Kitin alamiah mempunyai BM 1 – 2 juta Da, terdiri dari 6000 – 12000 unit monomer sakarida. Hal berbeda terlihat pada BM kitosan yang relatif lebih rendah, dikarenakan adanya pemisahan rantai selama proses transformasi (Imtihani dkk., 2020).



Gambar 2.8 Struktur Kimia Kitin dan Kitosan  
(Suptijah dkk., 2015)

Pada saat menambahkan kitosan ke bioplastik akan menciptakan struktur bioplastik dengan daya tahan yang lama. Kitosan merupakan biopolimer dengan sifat antibakteri dan dapat digunakan sebagai pengawet. Penggunaan kitin dan kitosan sangat banyak dan meluas. Dalam bidang industri, kitin dan kitosan digunakan sebagai flokulan polielektrolit, pengikat dan penyerap ion logam, mikroorganisme, pewarna, residu pestisida, lemak, mineral, asam organik, gel, penukar ion, antara lain untuk pengolahan air limbah. Film dan membran yang mudah terurai secara hayati dapat terdegradasi dan meningkatkan kualitas kertas, pulp dan tekstil (Masindi dkk., 2017).

Kitin dan kitosan dapat digunakan dalam bidang industri dan kesehatan seperti industri tekstil, fotografi, medis/kesehatan, industri fungisida, industri kosmetik, industri makanan dan pembuangan limbah. Penggunaan kitosan sebagai aditif dalam produksi film plastik akan membantu meningkatkan transparansi film plastik yang dihasilkan.

## 2.6 Biodegradasi

Biodegradasi adalah proses penguraian yang menggunakan aktivitas mikroorganisme untuk mengubah struktur senyawa. Degradabilitas bioplastik di lingkungan merupakan salah satu sifat yang harus dimiliki bioplastik. Bioplastik diuji biodegradasinya di berbagai media. Dari penggunaan berbagai jenis

mikroorganisme hingga sistem yang lebih kompleks seperti pupuk kandang dan air laut (Emadian, 2016).

Secara umum, biodegradasi mikroba atau penguraian zat organik (senyawa) dapat terjadi ketika ada perubahan struktural yang mengarah pada perubahan integritas molekuler. Proses ini merupakan rangkaian reaksi enzimatik atau biokimiawi yang mutlak dan memerlukan kondisi lingkungan yang baik untuk pertumbuhan dan reproduksi mikroba.

Plastik ramah lingkungan yang menggunakan bahan yang disebut "*eco-pure additive*" dalam proses pembuatannya. Bahan ini ditambahkan selama proses. *Ecopure* adalah matriks plastik yang terletak di antara serat plastik. Bahan ini tidak mengubah molekul plastik. Bahan ini diperlukan agar plastik dapat dipecah oleh mikroorganisme. Plastik dengan *ecopure* akan menghasilkan bahan yang ramah lingkungan dan aman, tidak berbahaya dan tidak beracun. *Ecopure* bersifat higroskopis sehingga dapat menyerap air dan mengisi di sekitar serat plastik. Air yang agresif akan menembus matriks plastik, menyebabkannya membengkak dan memungkinkan mikroorganisme memasuki matriks plastik. Enzim mikroba akan memutuskan rantai atom C, memecah plastik satu per satu untuk menghasilkan biogas berupa gas CO<sub>2</sub> dan gas metana.

Penelitian produksi plastik *biodegradable* berkembang pesat dan salah satu bahan yang digunakan adalah polimer alam. Plastik *biodegradable* dapat dibuat dari pati. Pati adalah jenis karbohidrat yang ditemukan dalam polimer glukosa yang terdiri dari amilosa dan amilopektin. Pati yang terkandung dalam limbah beras dapat digunakan sebagai bahan baku plastik *biodegradable* (Halimbi, 2020).

## **2.7 Plastik dari Limbah Nasi**

Plastik *biodegradable* (disebut juga bioplastik) merupakan jenis plastik yang seluruh atau hampir seluruh komponennya berasal dari bahan baku yang dapat diperbaharui. Salah satu bahan yang biasa digunakan untuk membuat bioplastik adalah bahan yang mengandung pati. Herawati dan Yustinah (2021) melakukan penelitian pembuatan bioplastik dari campuran pati kulit pisang dan pati nasi aking dengan hasil produk berupa lembaran tipis, transparan tidak tembus pandang dan elastis.

Plastik yang berbahan dasar pati umumnya dikenal dengan istilah BPS (*Bio-plastic Starch*). *Bio-plastic Starch* didefinisikan sebagai suatu bahan polimer amorf (tak berbentuk) atau semi-kristal yang terdiri dari monomer-monomer pati yang telah tergelatinisasi atau terdestrukturisasi dan telah ditambahkan satu atau beberapa jenis *plasticizer* (bahan tambahan untuk mendukung sifat plastis dari plastik) (Metha dkk., 2014).

Menurut penelitian Kumoro dan Purbasari (2014) menggunakan campuran tepung tapioka dan tepung nasi aking secara fisik kurang tahan terhadap beban mekanik, tetapi cukup fleksibel untuk digunakan. Kandungan amilose dalam pati akan membentuk tekstur dan permukaan yang teratur, serta meningkatkan elastisitas dan kelekatan pada produk berbasis pati. Pati yang mempunyai kadar amilose yang tinggi akan membentuk gel yang lebih keras dan padat. Kadar air yang cukup tinggi dalam tepung limbah nasi dapat memberi efek *plasticizer* dengan menurunkan ketahanan mekanik dan meningkatkan fleksibilitas plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Dalam pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar pati ada beberapa faktor yang harus diperhatikan seperti:

#### 1. Temperatur

Perlakuan suhu diperlukan untuk membentuk plastik yang sepenuhnya *biodegradable*. Tanpa perlakuan panas, kemungkinan interaksi molekul sangat kecil sehingga plastik retak menjadi potongan-potongan kecil saat mengering. Perlakuan panas diperlukan untuk membuat plastik menjadi gelatin, menghasilkan pasta pati, bentuk awal plastik. Kisaran suhu gelatinisasi pati rata-rata 60°C-70°C

#### 2. Konsentrasi polimer

Konsentrasi pati ini antara lain sangat berpengaruh terhadap sifat fisik plastik yang dihasilkan dan juga menentukan jenis pasta yang diperoleh. Menurut Haryani dan Hargono (2017) semakin tinggi konsentrasi pati, semakin banyak polimer yang menyusun matriks plastik, sehingga menghasilkan plastik yang lebih tebal.

#### 3. *Plasticizer*

*Plasticizer* ini adalah bahan non-volatil yang ditambahkan ke formulasi plastik yang mempengaruhi sifat mekanik dan fisik plastik yang dibentuk dengan mengurangi sifat antarmolekul dan ikatan hidrogen internal. *Plasticizer* memiliki

titik didih yang tinggi dan perlu ditambahkan untuk mengatasi kerapuhan plastik akibat gaya antarmolekul yang kuat.

Dari penelitian Aini dkk (2018) menyimpulkan bahwa penggunaan tepung nasi aking sebagai bahan awal untuk produksi bioplastik, semakin banyak gliserin yang ditambahkan ke bahan plastik, semakin banyak bioplastik dengan kekuatan tarik yang lebih rendah, elongasi yang lebih tinggi, ketahanan air yang lebih rendah, dan lebih rentan terhadap degradasi. Sebaliknya, semakin banyak kitosan yang ditambahkan pada bahan plastik, kekuatan tariknya akan semakin tinggi, pemanjangannya akan semakin rendah, ketahanan airnya akan semakin tinggi, dan proses degradasinya akan semakin lama.

Lopattananon dkk (2016) mempelajari cara pembuatan bioplastik dari komposit tepung beras dan tepung tapioka menggunakan proses ekstrusi ulir kembar dan pencetakan kompresi tanpa penambahan *plasticizer*. Penelitian telah menyimpulkan bahwa semua bubuk dan komposisinya dapat dicampur secara merata. Selain itu, kekuatan sobek bioplastik yang terbuat dari tepung beras lebih tinggi dari tepung tapioka, tetapi fleksibilitasnya lebih rendah, meningkat seiring dengan peningkatan komposisi. Di sisi lain, Rachtanapun dkk (2014) menemukan bahwa penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* dapat menghasilkan biofilm yang baik dari pati singkong dan tepung beras. Mereka menghasilkan kekuatan tarik tertinggi bioplastik 19,4 kgf dari komposit yang mengandung 70:30 pati singkong:tepung beras dan 30% b/b sorbitol sebagai *plasticizer*.