

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik adalah bahan kemasan yang banyak digunakan dan dikembangkan di seluruh negeri. Barang yang paling dibutuhkan mulai dari elektronik, gadget, perlengkapan kantor hingga makanan dan minuman menggunakan plastik sebagai kemasan karena ringan, kuat, mudah dibentuk dan terjangkau (Mahalik dan Nambiar, 2010). Tidak hanya di sektor industri, kemasan plastik juga banyak digunakan oleh pengecer, pedagang tradisional dan rumah tangga. Menurut Asosiasi Industri Olefin Aromatik dan Plastik Indonesia (INAPLAS), konsumsi plastik di Indonesia mencapai 17 kg/kapita/tahun pada tahun 2015. Sementara populasi Indonesia sekitar 261 juta orang pada paruh pertama tahun 2017 dimana konsumsi plastik negara tersebut telah mencapai 4,44 juta ton.

Tingginya penggunaan plastik berdampak negatif terhadap kelestarian lingkungan (Tokawa *et al.*, 2009) karena sulit terdegradasi sehingga menghasilkan limbah plastik yang berbahaya bagi lingkungan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2016) masalah sampah plastik di Indonesia sudah mengkhawatirkan. Selain China, Indonesia merupakan negara terbesar yang membuang sampah plastik ke laut. Sampah plastik yang dibuang sembarangan menyumbat saluran air bahkan menumpuk di pintu-pintu sungai sehingga menyebabkan banjir. Plastik yang terkubur di dalam tanah juga sulit terurai. Polimer sintetik yang menjadi komponen utama plastik terdegradasi dalam waktu sepuluh atau bahkan ratusan tahun. Saat dibakar plastik menghasilkan emisi karbon yang mencemari lingkungan (Gironi *and* Piemonte, 2011). Oleh karena itu, plastik *biodegradable* perlu dikembangkan sebagai solusi dari dampak negatif plastik sintetik. Ada banyak cara untuk membuat plastik *biodegradable*, salah satunya adalah dengan menggunakan bahan berpati atau selulosa untuk biosintesis.

Dalam produksi plastik *biodegradable* harus ditambahkan *Plasticizer* agar plastik yang dihasilkan lebih elastis, fleksibel dan tahan air (Darni *et al.*, 2008). Plastik *biodegradable* yang dihasilkan umumnya masih bersifat kaku, rapuh dan belum dapat dimanfaatkan untuk pengemas, sehingga diperlukan penambahan

plasticizer (Vieira *et al.*, 2011; Deepa *et al.*, 2016; Suppakul *et al.*, 2006; Thea *et al.*, 2009). *Plasticizer* menurunkan kekuatan inter dan intra molekular dan meningkatkan mobilitas dan fleksibilitas film (Sanchez *et al.*, 1998). Semakin banyak penggunaan *plasticizer* maka akan meningkatkan kelarutan. Begitu pula dengan penggunaan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik juga akan meningkatkan kelarutannya di dalam air. Penggunaan gliserol memberikan kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan sorbitol pada *bioplastik* berbasis pati (Bourtoom, 2008). Jenis dan konsentrasi dari *plasticizer* akan berpengaruh terhadap kelarutan dari film berbasis pati.

Pati alami memiliki kelemahan sebagai bahan baku industri yaitu karakteristiknya (viskositas, kelarutan, dan ukuran) tidak sesuai dengan kebutuhan industri. Hal tersebut yang mendorong para pelaku industri dan peneliti untuk terus mengembangkan aplikasi pati dalam dunia industri dalam rangka meningkatkan nilai tambah. Salah satu upaya meningkatkan nilai tambah pati adalah memodifikasinya dalam bentuk pati nanopartikel. Teknologi nanopartikel akan memperbaiki karakteristik pati sehingga memiliki viskositas suspensi rendah pada konsentrasi yang relatif tinggi dan mempunyai kekuatan pengikatan yang tinggi karena luas permukaan aktif yang besar (Maryam *et al.*, 2018).

Aplikasi pati nanopartikel dalam berbagai bidang telah banyak diteliti. Beberapa peneliti menggunakan pati nanopartikel sebagai pengisi (*filler*) komposit yang bisa meningkatkan sifat mekanik dan biodegradabilitas komposit. Pati nanopartikel juga sangat potensial digunakan dalam industri kertas sebagai *surface sizing*, *coating* atau perekat *biodegradable*. Namun aplikasi pati nanopartikel dalam industri saat ini masih terbatas.

Bioplastik berbasis pati merupakan alternatif yang baik untuk meningkatkan daya tahan dan kualitas bahan pangan selama penyimpanan, selain lebih aman bagi kesehatan juga aman terhadap lingkungan. Aplikasi bioplastik secara komersial masih belum banyak dikembangkan. Teknologi nanopartikel dikembangkan untuk meningkatkan karakteristik adalah penambahan materi berukuran nano (nanopartikel) ke dalam formula bioplastik yang menghasilkan nanokomposit. Penambahan nanopartikel akan meningkatkan karakteristik bioplastik, seperti kekuatan, sifat penahanan, antimikroba, dan stabilitas terhadap panas dan dingin.

Perbaikan sifat nanokomposit adalah dengan meningkatkan ketahanan/keawetan karena peningkatan kekuatan (Wang *et al.*, 2003), memperbaiki sifat-sifat penghalang sebagai pengemas (*barrier*) (Alexandra and Dubois, 2000), mempunyai sifat optis yang lebih baik karena ukurannya nano (sangat kecil) (Wang *et al.*, 2003), lebih mudah diproses karena viskositasnya lebih rendah (Schartel *et al.*, 2005), dan sifat daur ulang yang baik (Glashan and Halley, 2003).

Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan sebagai pembuatan bioplastik adalah *starch nanoparticle* dari tapioka ubi kayu cap pak tani gunung dengan proses *ultrasonic system probe*. Dari penjelasan tersebut, penelitian ini difokuskan pada proses pembuatan film plastik dari *starch nanoparticle* dan tapioka dengan menambahkan gliserol sebagai *Plasticizer*.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini yaitu :

1. Mensintesis plastik *biodegradable* berbasis pati dan *starch nanoparticle*.
2. Menganalisis karakteristik plastik *biodegradable* berbasis pati dan *starch nanoparticle*.
3. Mendapatkan konsentrasi gliserol optimal yang akan menghasilkan plastik *biodegradable* dengan karakteristik terbaik.

1.3 Kerangka Pemikiran

Penggunaan plastik sebagai kemasan semakin meningkat dan menyebabkan penumpukan sampah plastik. Hal ini berdampak pada pencemaran lingkungan karena sampah plastik merupakan sampah yang sulit diurai oleh mikroorganisme. Berdasarkan data yang dikumpulkan setiap tahun, antara 500 miliar dan satu triliun kantong plastik digunakan di seluruh dunia. Diperkirakan setiap orang menghabiskan 170 kantong plastik setiap tahun, dan setiap tahun lebih dari 17 miliar kantong plastik diberikan secara gratis oleh supermarket di seluruh dunia (Margianto, 2010).

Plastik merupakan bahan kimia sintesis yang ringan, kuat, dan elastis. Namun, plastik juga memiliki sifat tidak dapat terurai secara hayati, sehingga mencemari lingkungan jika tidak ditangani dengan benar. Berbagai upaya dan

inovasi saat ini terus dilakukan untuk mengurangi dampak sampah plastik, antara lain proses daur ulang plastik dan pengembangan plastik ramah lingkungan (Darni dan Utami, 2010).

Rata-rata, sampah plastik menyumbang sekitar 10% dari total jumlah sampah. Sampah membutuhkan waktu 300-500 tahun untuk terdekomposisi atau terurai sempurna. Setelah terurai, partikel plastik akan mencemari tanah dan air tanah. Pembakaran plastik juga bukan pilihan yang baik. Plastik yang tidak terbakar sempurna pada suhu 800°C membentuk dioksin yang berbahaya (Vedder, 2008).

Pengembangan plastik *biodegradable* telah dipromosikan secara luas, terutama dengan bahan alami mengandung pati. Pati merupakan bahan yang dapat atau akan mudah terdegradasi menjadi senyawa yang ramah lingkungan. Bahan alami yang biasa digunakan untuk penelitian adalah umbi-umbian. Pembuatan plastik *biodegradable* dari campuran pati ubi jalar dan singkong memiliki ketahanan panas maksimum, dari film plastik *biodegradable* yang dihasilkan menunjukkan hasil yang cukup baik yaitu 100°C (Huda dan Firdaus, 2007).

Pati merupakan bahan baku yang banyak digunakan di Indonesia. Pati diperoleh dengan mengekstraksi bahan tanaman yang mengandung karbohidrat seperti biji-bijian dan berbagai umbi-umbian. Sumber karbohidrat yang tinggi pati antara lain jagung, sagu, singkong, beras, ubi jalar, sorgum, talas, dan garut. Sifat fungsional yang unik dari pati memungkinkan pati dapat digunakan untuk berbagai keperluan, baik sebagai bahan makanan maupun non-makanan (Koswara, 2009). Pati juga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi plastik *biodegradable* (bioplastik). Industri dari berbagai negara telah mengembangkan pati sebagai bahan bioplastik. Jenis pati yang banyak digunakan adalah pati jagung dan pati kentang. Jenis pati dari kedua bahan baku ini banyak digunakan oleh industri bioplastik di beberapa negara Eropa dan Australia. Di Thailand, pati singkong digunakan sebagai bahan baku bioplastik.

Pati untuk produk pertanian lebih kompetitif dan melimpah sebagai bahan baku plastik *biodegradable*. Menurut Swamy and Singh (2010), permintaan terbesar untuk bioplastik adalah berbasis pati. Penggunaan pati alami dalam pembuatan bioplastik membuatnya rapuh dan rentan terhadap kerusakan saat diberikan beban. Salah satu cara untuk meningkatkan sifat pati alami dalam

produksi bioplastik adalah dengan memodifikasi pati. Salah satu modifikasi pati yang dapat memperbaiki sifat alami pati adalah modifikasi pati melalui hidrolisis asam dan ultrasonik. Hidrolisis asam pati termodifikasi merupakan salah satu modifikasi kimia pati. Menambahkan bahwa penggunaan pati termodifikasi bertujuan untuk memperbaiki sifat pati alami sekaligus meningkatkan sifat *bioplastik* yang dihasilkan.

Plasticizer berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas dan permeabilitas terhadap uap air dan gas (Gontard *et al.*, 1993). Beberapa jenis *plasticizer* yang dapat digunakan adalah gliserol dan sorbitol (Rindlav-Westling *et al.*, 1998). Sorbitol dan gliserol berfungsi mengurangi ikatan hidrogen internal, yang akan meningkatkan jarak intermolekul sehingga membuat lebih fleksibel (Mchugh and Krochta, 1994).

Gliserol memberikan kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan sorbitol pada *bioplastik* berbasis pati (Bourtoom, 2008). Konsentrasi Gliserol 10% dan konsentrasi karagenan 3% menghasilkan bioplastik dengan ketebalan $78,52 \pm 5,12$ μm , kadar air $18,84 \pm 0,18\%$, daya larut $64,95 \pm 9,65\%$, kuat tarik $4,65 \pm 1,42$ MPa, dan pemanjangan $16,67 \pm 0,58\%$ (Rusli *et al.*, 2017). Penambahan Gliserol 1,5% pada pati garut butirrat menghasilkan bioplastik dengan karakteristik lebih baik dibandingkan dengan penambahan sorbitol dan sirup glukosa (Damat, 2008). Penggunaan sorbitol 9% sebagai *plasticizer* pada serat dari nata de cassava menghasilkan warna transparan berserabut putih dengan kuat tarik 11,76 MPa, persen perpanjangan 13,28%, dan kelarutan 72,08% (Hidayati *et al.*, 2015).

1.4 Hipotesis

Pada penelitian ini akan dimodifikasi proses rekayasa sintesis plastik *biodegradable* dari pati tapioka dan *starch nanoparticle* metode ultrasonik dengan variasi konsentrasi penambahan gliserol. Dengan harapan dapat dihasilkan karakteristik terbaik. Presentase penambahan gliserol berpengaruh pada karakteristik plastik *biodegradable* seperti kuat tarik, elongasi, ketahanan air, biodegradasi, kelarutan, dan ketebalan.

1.5 Kontribusi

Adapun kontribusi dari penelitian ini yaitu :

1. Bagi penulis, melatih dan mengembangkan kemampuan dalam bidang penelitian, serta menambah wawasan dan pengetahuan tentang pembuatan dan karakteristik plastik *biodegradable* berbasis pati tapioka dan *starch nanoparticle*.
2. Bagi pembaca, memberikan informasi mengenai proses pembuatan dan karakterisasi plastik *biodegradable* berbasis pati tapioka dan *starch nanoparticle*.
3. Bagi Politeknik Negeri Lampung, sebagai sumber referensi dan pembelajaran mahasiswa/i mengenai proses pembuatan dan karakterisasi plastik *biodegradable* berbasis pati tapioka dan *starch nanoparticle*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. (Mujiarto, 2005). Bahan kemasan plastik dibuat dan disusun melalui proses yang disebut polimerisasi dengan menggunakan bahan mentah monomer, yang tersusun sambung-menyambung menjadi satu dalam bentuk polimer. Dalam plastik juga terkandung beberapa aditif yang diperlukan untuk memperbaiki sifat-sifat fisik kimia plastik itu sendiri. Bahan aditif yang ditambahkan tersebut disebut komponen nonplastik yang berupa senyawa anorganik atau organik yang memiliki bobot molekul rendah. Bahan aditif dapat berfungsi sebagai pewarna, antioksidan, penyerap sinar UV, anti lekat dan masih banyak lagi (Nurminah, 2002).

Sampah plastik menjadi masalah lingkungan berskala global. Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, karena mempunyai keunggulan-keunggulan seperti kuat, ringan dan stabil. Namun plastik yang beredar di pasaran saat ini merupakan polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi yang sulit terurai di alam. Akibatnya semakin banyak yang menggunakan plastik, akan semakin meningkat pula pencemaran lingkungan seperti pencemaran tanah. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mengatasi masalah lingkungan ini. Pengembangan bahan plastik *biodegradable* menggunakan bahan alam yang terbarui (*renewable resources*) sangat diharapkan (Herawan, 2015).

Tabel 1. Jenis Plastik Berdasarkan Klasifikasi Bahan Baku dan Kemampuan Degradasi

Jenis bahan baku	Biodegradabilitas	
	<i>Biodegradable</i>	<i>Non-biodegradable</i>
Terbarukan	Bahan berbasis pati, bahan berbasis selulosa, Poli dan poli hidroksi alkanat.	Polietilen (PE), poliamida dan Polivinil klorida (PVC).
Tidak terbarukan	Polikaprolakton (PCL) dan Polibutilena suksinat (PBS).	Poli propilena (PP).

(Sumber: Widyasari, 2010)

Sifat-sifat plastik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia dan *Japanese Industrial Standard* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Standar Nasional Indonesia (SNI) Plastik (SNI 7188.7: 2016)

No	Karakteristik	Nilai
1	Kuat Tarik (Mpa)	24,7 - 302
2	Persen Elongasi (%)	21 - 220
3	Hidrofobisitas (%)	99

(Sumber: Darni dan Utami, 2010)

Tabel 3. *Japanese Industrial Standard* (JIS) : 1975

No	Karakteristik	Nilai
1	Ketebalan	Maks. 0,25 mm
2	Kuat tarik	Min. 3,92266 N/mm ²
3	% <i>Elongation</i>	Buruk <10% Baik >50%
4	<i>Modulus Young</i>	Min. 0,35 Mpa
5	Laju Transmisi Uap Air	Maks. 10 g/m ² h

(Sumber: Krochta *et al.*, 1997)

2.1.1 Plastik Termoplastik dan Plastik Termoseting

Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu: plastik termoplastik dan plastik termoseting. Plastik termoplastik adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas. Contoh plastik termoplastik antara lain: PE, PP, PS, ABS, SAN, nylon, PET, BPT, *Polyacetal* (POM), PC dan lain-lain. Plastik termoseting adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali. Contohnya plastik termoseting adalah: PU (*Poly Urethane*), UF (*Urea Formaldehyde*), MF (*Melamine Formaldehyde*), *polyester*, epoksi dan lain-lain. (Mujiarto, 2005)

2.1.2 Plastik *Biodegradable*

Plastik *biodegradable* adalah plastik yang terbuat dari sumber terbarukan dan mempunyai sifat dapat terdegradasi secara alami. Hal ini menjadi salah satu poin penting karena plastik akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi air dan gas CO₂ setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Salah satu bahan dasar yang dapat digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable*

adalah pati yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, baik dari bagian daging, buah, umbi, maupun kulit buah (Hardjono *et al.*, 2016).

Plastik *biodegradable* berbahan dasar pati/amilum dapat didegradasi 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 aldehyd yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Plastik berbahan dasar pati/amilum aman bagi lingkungan. Hasil degradasi plastik ini dapat digunakan sebagai makanan hewan ternak atau sebagai pupuk kompos. 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 (Ummah, 2013).

Komponen utama plastik *biodegradable* terbagi menjadi tiga kategori yaitu hidrokoloid, lipid dan material komposit. Hidrokoloid yang sesuai termasuk senyawa protein, polisakarida, alginat, pektin dan pati. Komponen dasar protein dapat berasal dari jagung, kedelai, kasein, kolagen, gelatin, dan gluten. Polisakarida yang digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* adalah selulosa dan turunannya, pati dan turunannya, pektin, ekstrak rumput laut, gum, xanthan gum dan kitosan. Lipid yang umum digunakan adalah gliserol, lilin, asilgliserol dan asam lemak, sedangkan bahan komposit tersusun dari kombinasi dua atau lebih bahan penyusunnya. Pencampuran yang tidak homogen, sifat mekanik setiap bahan cetakan berbeda (Donhowe, 1994).

2.1.2.1 Hidrokoloid

Hidrokoloid yang digunakan untuk membuat *biodegradable* adalah protein dan karbohidrat. Film yang dibentuk oleh karbohidrat dapat berupa pati, gusi (alginat, pektin, dan gom arab), atau pati yang dimodifikasi secara kimiawi. Untuk pembentukan film berbasis protein, kasein, protein kedelai, gluten gandum, dan zein dapat digunakan. Film berbahan hidrokoloid sangat cocok sebagai penghambat oksigen, karbon dioksida dan transfer lemak. Film ini memiliki sifat mekanik yang sangat baik, sehingga cocok untuk memperbaiki struktur film, agar tidak mudah hancur (Nahwi, 2016). Sebagai bahan dasar film yang dapat dimakan, polisakarida

dapat digunakan untuk mengatur udara di sekitarnya dan memberikan ketebalan dan viskositas untuk larutan film yang dapat dimakan. Penggunaan *bioplastik* penting dilakukan karena tersedia dalam jumlah banyak, murah dan tidak beracun (Bourtoom, 2008).

2.1.2.2 Lipid

Biodegradable yang berasal dari lipid biasanya digunakan sebagai penghambat uap air atau sebagai bahan pelapis untuk meningkatkan kilap pada produk kembang gula. Film yang terbuat dari lemak murni dibatasi karena kekuatan film strukturalnya yang buruk. Lipid yang sering digunakan sebagai *bioplastik* antara lain lilin, asam lemak, monogliserida dan resin (Nahwi, 2016). Lipid juga ditambahkan ke membran yang dapat dimakan karena berperan dalam memberikan sifat hidrofobik (Bourtoom, 2008).

2.1.2.3 Komposit

Komposit *biodegradable* tersusun dari lipid dan hidrokoloid. Aplikasi membran komposit adalah *bilayered*, di mana satu lapisan hidrokoloid dan lapisan lainnya adalah lipid, atau bisa juga kombinasi lipid dan hidrokoloid dalam satu unit membran. Gabungkan keduanya dengan menggunakan komponen lipid dan hidrokoloid. Diketahui bahwa lipid meningkatkan ketahanan terhadap penguapan air, sedangkan hidrokoloid sendiri dapat memberikan ketahanan. Membran pengikat antara lipid dan hidrokoloid dapat digunakan sebagai pelapis buah atau sayuran (Nahwi, 2016).

2.2 Pati

Pati adalah karbohidrat yang merupakan polimer glukosa, dan terdiri atas amilosa dan amilopektin (Jacobs *and* Delcour 1998). Pati dapat diperoleh dari biji-bijian, umbi-umbian, sayuran, maupun buah-buahan. Sumber alami pati antara lain adalah jagung, labu, kentang, ubi jalar, pisang, barley, gandum, beras, sagu, amaranth, ubi kayu, ganyong, dan sorgum.

2.2.1 Pati Alami

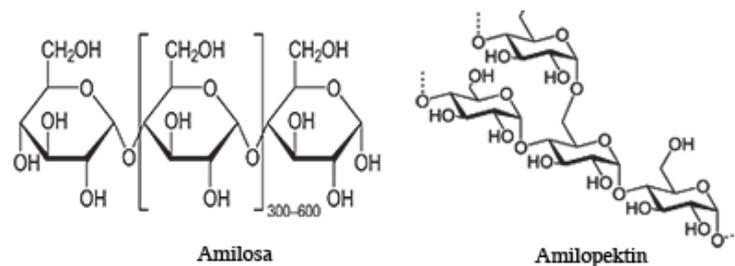


Gambar 1. Tapioka Ubi Kayu
(Sumber : *boladeli.id*)

Pada tahun 2012, kebutuhan pati untuk memenuhi kebutuhan industri mencapai 22 – 25 juta ton (Schrijver *and* Homburg, 2013) dengan output \$ 48.8 milyar. Saat ini, penggunaan utama pati sekitar 60 % digunakan untuk industri pangan (food) dan 40 % untuk aplikasi industri lain (non-food).

Jenis industri yang memanfaatkan pati seperti industri pangan, kimia, farmasi, kertas, tekstil dan kosmetik. Pati alami memiliki kelemahan sebagai bahan baku industri yaitu karakteristiknya (viskositas, kelarutan, dan ukuran) tidak sesuai dengan kebutuhan industri. Hal tersebut yang mendorong para pelaku industri dan peneliti untuk terus mengembangkan aplikasi pati dalam dunia industri dalam rangka meningkatkan nilai tambah. 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 (Liu *et al.*, 2005).

Amilosa dan amilopektin adalah dua komponen utama pati, amilosa adalah rantai lurus dan memiliki rangkaian panjang unit α -D-glukosa yang dihubungkan bersama melalui ikatan α -1,4-glikosidik, sedangkan amilopektin adalah α -1,4-glikosida. memiliki struktur rantai bercabang karena adanya ikatan dan ikatan α -1,6-glikosidik bercabang (Dureja *et al.*, 2011). Pati direaksikan dengan iodium menghasilkan warna biru muda. Ini karena ikatan koordinasi antara ion iodida dan pati. Warna biru yang dihasilkan tergantung pada kandungan amilosa pati (Sunarya, 2012). Struktur pati dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Pati
(Sumber: Martinez *et al.*, 2014)

Oleh karena itu, adanya ikatan hidrogen inter molekul dan antar molekul pada gugus hidroksil dari molekul pati menunjukkan bahwa pati bersifat hidrofilik dan mudah didegradasi oleh mikroorganisme. Pati adalah bahan baku yang baik digunakan dalam produksi bioplastik, salah satunya adalah dengan memanfaatkan pati ubi jalar untuk membuat plastik *biodegradable*, seperti yang telah dilakukan oleh (Ardiansyah, 2011). Karakteristik pati dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik Pati

Rumus Kimia	$(C_6H_{10}O_5)_n$
Massa Molekul	162 g/mol
Densitas	1,500 kg/m ³
Cp (25°C)	0,234 kkal/gr °C
ΔH_f° (25°C)	- 229,24 kkal/mol

(Sumber: Widyasari, 2010)

2.2.2 Starch nanoparticle

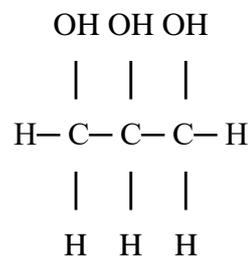
Salah satu upaya meningkatkan nilai tambah pati adalah memodifikasinya dalam bentuk pati nanopartikel. Teknologi nanopartikel akan memperbaiki karakteristik pati sehingga memiliki viskositas suspensi rendah pada konsentrasi yang relative tinggi dan mempunyai kekuatan pengikatan yang tinggi karena luas permukaan aktif yang besar. Penelitian teknologi produksi nanopartikel pati sudah cukup berkembang. Secara umum produksi nanopartikel dilakukan dengan dua metode yaitu memecah partikel sampai ukuran nanometer (*top down*) dan mensintesa materi berukuran sangat kecil (atom-atom atau molekul-molekul) untuk dirakit (*assembly*) menjadi berukuran nanometer yang dikehendaki (*bottom up*).

Preparasi pati dalam ukuran nano mudah dilakukan karena granula pati secara inheren tersusun atas bloklet kristalin nano (Lin *et al.*, 2011), sehingga dapat

membentuk nanopartikel secara spontan (*self assembly*). Struktur pati memiliki ukuran mulai 1 – 100 μm dan bentuk yang berbeda tergantung jenisnya. Pati memiliki rumus kimia $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ yang tersusun dari amilosa dan amilopektin. Molekul amilosa dan amilopektin menyusun granula pati dengan pola tertentu. Granula pati terdiri atas lapisan amorf dan semi kristalin yang tersusun berselang-seling dalam leukoplas.

2.3 Gliserol

Gliserol merupakan senyawa yang banyak ditemukan pada lemak hewani maupun lemak nabati sebagai ester gliseril pada asam palmitat dan oleat. Gliserol adalah senyawa yang netral, dengan rasa manis tidak berwarna, cairan kental dengan titik lebur 20°C dan memiliki titik didih yang tinggi yaitu 290°C . Gliserol mempunyai rumus kimia $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ dan dapat larut sempurna dalam air dan alkohol, tetapi tidak dalam minyak oleh karena itu Gliserol merupakan jenis pelarut yang baik (Ummah, 2013).



Gambar 3. Struktur Kimia Gliserol

(Sumber Ummah, 2013)

Gliserol juga salah satu senyawa poliol yang banyak digunakan sebagai plastisizer karena tanpa penggunaan Gliserol, film plastik yang dihasilkan keras dan kaku (Puspita, 2013). Gliserol adalah rantai alkohol trihidrik dengan susunan molekul $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$ nama Gliserol diartikan sebagai bahan kimia murni, namun dalam dunia perdagangan dikenal dengan nama gliserin (Widyasari, 2010). Menggunakan Gliserol sebagai *Plasticizer* menghasilkan film yang berbeda dari keadaan awalnya. plastik *edible* yang dibentuk dari polimer murni bersifat rapuh sehingga digunakan *Plasticizer* untuk meningkatkan fleksibilitasnya (Apriyanti *et al.*, 2013).

Tabel 5. Karakteristik Gliserol

No	Sifat	Nilai
1	Massa Molar	92.09382 g/mol
2	Densitas	1.261 g/cm ³
3	Titik Cair	18 C (64.4°F)
4	Titik Didih	290 C (554°)
5	Viskositas	1.5 Cp

(Sumber: Widyasari, 2010)

2.4 Kitosan

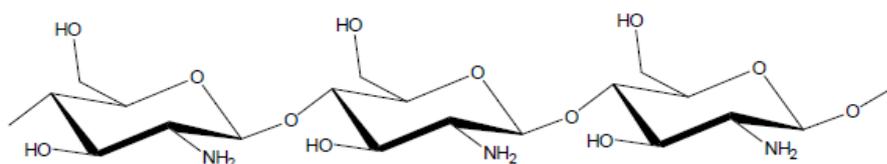
Kitosan merupakan produk biologis yang bersifat kationik, nontoksik, *biodegradable* dan biokompatibel. Kitosan memiliki gugus amino (NH₂) yang relatif lebih banyak dibandingkan kitin sehingga lebih nukleofilik dan bersifat basa. Kitosan juga merupakan biopolimer yang sumbernya melimpah dan dapat terbarukan sehingga termasuk sumber daya alternatif yang harus dimanfaatkan semaksimal mungkin. Sifat polikationik kitosan menjadi dasar pemanfaatan kitosan dalam berbagai bidang. Kitosan dimanfaatkan dalam bidang pertanian karena sifatnya yang *biodegradable*. Tanaman yang diperlakukan dengan kitosan memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan jamur (Wiyarsi dan Erfan, 2011). Kitosan merupakan senyawa polimer dari 2-amino-2dioksida-glukosa yang dapat dihasilkan dari kitin yang dihilangkan gugus asetilnya dengan menggunakan asam pekat (Ummah, 2013).

Kitosan telah menarik perhatian sebagai bahan tambahan makanan alami karena sifatnya yang tidak beracun, antibakteri, antioksidan, pembentuk film, biokompatibilitas dan biodegradabilitas. Banyak penelitian yang menggabungkan antara kitosan dengan bahan baku lain untuk membuat plastik, misalnya menggabungkan antara kitosan dengan pati (Apriyanti *et al.*, 2013). Kitosan mempunyai aktivitas antimikroba karena sifat-sifat yang dimilikinya yaitu dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme perusak dan sekaligus melapisi produk yang diawetkan sehingga terjadi interaksi yang minimal antara produk dan lingkungannya (Apriyanti *et al.*, 2013).

Pelarut terbaik yang digunakan dalam proses pembuatan membran polimer berbahan dasar kitosan adalah pelarut asam asetat. Pelarut yang umum digunakan untuk melarutkan kitosan adalah asam asetat dengan konsentrasi 1 – 2 %. (Astuti,

2008). Asam asetat adalah cairan tidak berwarna dengan karakteristik bau yang tajam, berasa asam, serta larut dalam air, alkohol dan Gliserol. Rumus empiris asam asetat adalah $C_2H_4O_2$ dan rumus strukturnya CH_3COOH (Astuti, 2008).

Kitosan berbentuk spesifik dan mengandung gugus amino dalam rantai panjangnya. Kitosan adalah gula yang unik, karena polimer ini mempunyai gugus amino bermuatan positif, sedangkan polisakarida lain umumnya bersifat netral atau bermuatan negatif. Kitosan telah dimanfaatkan dalam berbagai keperluan industri seperti industri kertas dan tekstil sebagai zat aditif, industri pembungkus makanan berupa film khusus, industri metalurgi sebagai absorban untuk ion-ion metal (Astuti, 2008). Penambahan kitosan selama pembuatan film *biodegradable* menyebabkan tambahan ikatan hidrogen, yang membuat ikatan lebih kuat dan lebih sulit diputuskan karena membutuhkan banyak energi. Hal ini sesuai dengan fungsi kitosan sebagai pengawet dan pengikat selulosa (Wiyarsi dan Priyambodo, 2009). Struktur kitosan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur Kitosan
(Sumber: Wiyarsi dan Priyambodo, 2009)

Tabel 6. Sifat Fisika Kitosan

No	Spesifikasi	
	Penampilan	Putih atau Kuning
1	Bau	Tidak berbau
2	Kelembaban	Max. 12 %
3	De-asetilasi	Min. 70%
4	Viskositas	Max. 50 cps
5	Transparansi	Min. 30 cm
6	pH	6,5 - 7,5
7	Ukuran Partikel	20 - 30 mesh
8	Kelarutan	Min. 99% dalam H

(Sumber: Radhiyatullah *et al.*, 2015)

2.5 Penelitian Terkait

Tabel 7. Penelitian Terkait Bioplastik

No.	Nama	Judul dan Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Zulisma Anita, Fauzi Akbar, Hamidah Harahap	Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat mekanik film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong. (2013)	Bioplastik yang optimum terdapat pada komposisi pati kulit singkong sebanyak 12 gram dengan penambahan gliserol 4 ml.
2.	Sari Purnavita, Dyionisius Yoga Subandriyo, Ayu Anggraeni	Penambahan gliserol terhadap karakteristik bioplastik dari komposit Pati aren dan glukomanan. (2020)	Rasio glukomanan dan pati aren dengan penambahan gliserol berpengaruh terhadap karakteristik bioplastik. Pada rasio glukomanan : pati aren tanpa gliserol, ketahanan air yang tertinggi, kuat tariki cukup tinggi, tetapi nilai elongasi rendah. Sedangkan pada perbandingan glukomanan : pati aren sebesar 1:1 menghasilkan nilai elongasi yang tertinggi, namun ketahanan air dan kuat tariknya rendah.
3.	Devi Nurlita, Wikanastri H, Muh. Yusuf	Karakteristik plastik <i>biodegradable</i> berbasis onggok dan kitosan dengan Plastisizer gliserol	Efek penambahan kitosan berpengaruh pada penyerapan air dan biodegradabilitas film plastik yang diproduksi.
4.	Heru Suryanto, Nanang Eko Wahyuningtyas, Reza Wanjaya, Poppy Puspitasari, Sukarni Sukarni	Struktur dan kekerasan bioplastik dari pati singkong. (2016)	Semakin banyak kandungan tepung tapioka maka kekerasan bioplastik semakin meningkat, sedangkan penambahan <i>plasticizer</i> gliserol akan menurunkan kekerasan bioplastik.
5.	Rinaldi Febrianto Sinaga, Gita Minawarisa Ginting, M. Hendra S Ginting, Rosdanelli Hasibuan	Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat kekuatan tarik dan pemanjangan saat putus bioplastik dari pati umbi talas. (2014)	Penambahan volume gliserol berpengaruh terhadap kuat tarik dan elongasi dari bioplastik yang dihasilkan. Seiring bertambahnya volume gliserol, maka kuat tarik akan menurun dan sebaliknya nilai elongasi akan semakin meningkat.
6.	Lailatin Nuriyah, Gancang Saroja, M. Ghufron, Arvi Razanata, Nova Fathur Rosid	Karakteristik kuat tarik dan elongasi bioplastik berbahan pati ubi jalar cilembu dengan variasi jenis pemplastis. (2018)	Variasi jenis pemplastis mempengaruhi nilai kuat tarik dan elongasi bioplastik. Penambahan gliserol dan sorbitol akan menurunkan kuat tarik bioplastik.
7.	Agung Nugroho Catur Saputro Dan	Sintesis dan karakterisasi bioplastik dari kitosan-pati ganyong (<i>canna edulis</i>). (2017)	Hasil penelitian menyimpulkan bahwa bioplastik kitosan-pati ganyong dibandingkan plastik

	Arruum Linggar Ovita		<i>biodegradable</i> komersil menunjukkan kualitas lebih baik.
8.	Ari Santoso, Wemphy Ambalinggi, Helda Niawanti	Pengaruh rasio pati dan kitosan terhadap sifat fisik bioplastik dari pati biji cempedak (<i>artocarpus champeden</i>). (2019)	Berdasarkan hasil uji daya serap air rasio massa pati dan kitosan 1:1 memiliki daya serap yang paling kecil sebesar 23,94% dan untuk hasil uji biodegradasi rasio massa pati dan kitosan 1:3 mengalami degradasi dengan cepat sebesar 35,17%.
9.	Erna Rusliana, Muhamad Saleh, Sri Utami	Karakteristik fisik dan biodegradabilitas bioplastik dari pati kulit pisang mulu bebe dengan penambahan gliserol yang berbeda. (2021)	Penambahan gliserol yang berbeda berpengaruh terhadap kadar air dan daya serap air.
10.	R. Baskara Katri Anandito, Edhi Nurhartadi, Akhmad Bukhori	Pengaruh gliserol terhadap karakteristik edible film berbahan dasar tepung jali (<i>coix lacryma-jobi l.</i>). (2012)	Penambahan gliserol meningkatkan kelarutan dan ketebalan bioplastik, tetapi menurunkan laju transmisi uap air. Penambahan gliserol pada awalnya meningkatkan elongasi dan kuat tarik bioplastik. Ketika kondisi jenuh, elongasi dan kuat tarik kemudian menurun.
