



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Teori Umum

Biopolimer alami cenderung lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan biopolimer yang dibuat secara sintesis. Biopolimer alami seperti pati dipilih karena harganya yang ekonomis, tersedia secara luas, memiliki sifat termoplastik, dan dapat terdegradasi secara alami. Biopolimer ini tidak memiliki rasa, bau, atau warna, dan efektif dalam mencegah transfer oksigen, sehingga cocok digunakan dalam bahan kemasan makanan, seperti film. Meskipun film berbasis pati memiliki keunggulan tertentu, namun memiliki keterbatasan dalam hal sifat mekanik dan kemampuan penghalang yang relatif rendah. Kekurangan ini dapat diatasi dengan menambahkan zat aditif ke dalam matriks biopolimer, terutama plasticizer, untuk meningkatkan sifat film. Kegunaan plasticizer ini bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas film dengan mengurangi gaya intra-molekul dalam polimer, dan banyak plasticizer kelas makanan, seperti gliserol dan sorbitol, dapat digunakan dengan aman dan kompatibel dengan film biopolimer yang bersifat hidrofilik, khususnya film berbasis pati (Nazri *et al.*, 2019).

##### II.1.1 *Edible Straw*

Sedotan yang dapat dimakan adalah sedotan yang terdiversifikasi dengan bahan yang fleksibel, ringan, karakteristik transparan, mudah dibentuk, tahan air dan benturan, serta aman dikonsumsi. Bioplastik terdiri dari beberapa komponen yang dapat dijadikan sedotan yang dapat dimakan. Polisakarida adalah sumber hidrokoloid yang merupakan bahan utama bioplastik. Bahan ini mempunyai struktur yang kompleks dan cenderung memiliki sifat mekaniknya lebih sedikit dibandingkan penggunaan protein hidrokoloid (Jongjareonrak *et al.*, 2006).

##### II.1.2 Pati

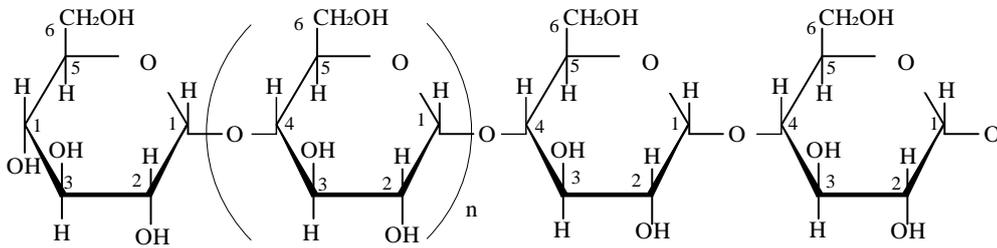
Pati adalah cadangan karbohidrat utama pada tanaman. Pati dapat ditemukan di berbagai bagian tanaman, seperti endosperm, akar, daun, dan pulp buah. Berbeda dengan selulosa yang terdapat dalam serat makanan, pati dicerna oleh manusia dan merupakan salah satu sumber energi utama untuk menunjang kehidupan. Roti,

---

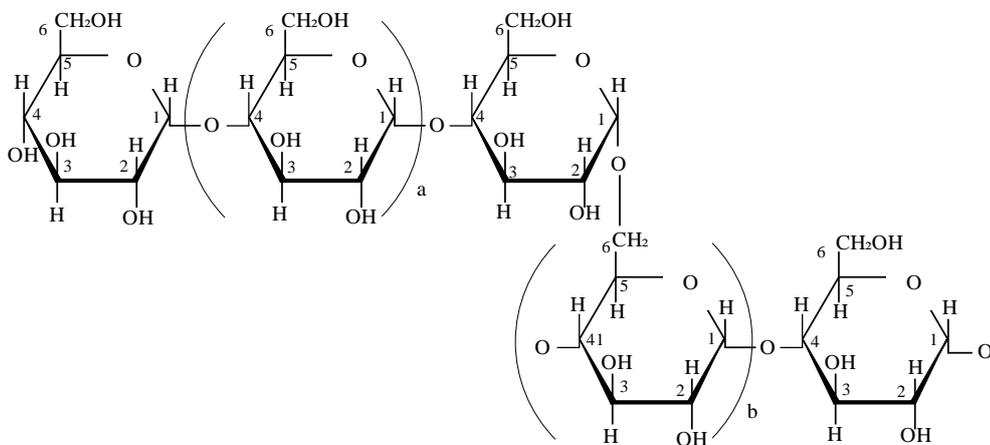


kentang, beras, dan pasta adalah contoh pentingnya pati dalam kehidupan sehari-hari. Pati juga sangat penting selama berabad - abad dalam banyak aplikasi non makanan, misalnya, sebagai lem untuk kertas dan kayu. polisakarida mewakili biopolimer paling melimpah di bumi, dengan selulosa, kitin, dan pati mendominasi. Pati tentu salah satu bahan yang paling serbaguna untuk potensi penggunaan teknologi polimer (Carvalho, 2013). Pati adalah polisakarida penyimpan energi utama dalam tanaman fotosintesis. Kebanyakan pati memiliki dua bentuk struktur yang berbeda—amilosa, suatu polimer linier yang memiliki derajat polimerisasi antara 100 dan 6000, dan amilopektin dengan konsentrasi tinggi, suatu fraksi yang sangat bercabang. Cabang pada amilopektin memiliki panjang 12 hingga 15 residu glukosa dan terjadi pada setiap residu tulang punggung keenam hingga kedua belas. Amilosa terdiri dari unit glukosa berikatan 1,4 dibandingkan dengan glukosa berikatan 1,4 & dalam selulosa. Di dalam air, amilosa membentuk konformasi heliks (Fried, 2005).

Pati adalah biopolimer alami murah yang benar-benar dapat terurai secara hayati di berbagai lingkungan. Pendekatan yang berbeda telah diadopsi untuk menggunakan pati, dalam kombinasi dengan polimer termoplastik sintetik lainnya, untuk produksi bahan yang dapat terbiodegradasi seluruhnya atau sebagian. Pati alami menunjukkan struktur makromolekul yang jelas sehingga cocok untuk produksi bioplastik. Namun, sebelum produksi bahan tersebut, struktur pati asli harus dimodifikasi sesuai kebutuhan. Hal ini diperlukan karena pati merupakan polimer multi hidroksil. Terdapat ikatan hidrogen antarmolekul dan intramolekul yang sangat besar dalam pati sehingga pati asli dianggap bukan termoplastik sejati. Namun dengan adanya bahan pemlastis pada suhu tinggi (90-180°C) dan pada kondisi geser, bahan ini mudah meleleh dan mengalir, sehingga memungkinkan penggunaannya sebagai bahan injeksi, ekstrusi, atau cetakan tiup, mirip dengan sebagian besar polimer termoplastik sintetik konvensional (Cordoba, 2008).



Gambar II.1 Struktur Amilosa



Gambar II.2 Struktur Amilopektin

Amilosa adalah polimer yang memiliki ikatan  $\alpha$ -(1,4) antara unit-unit glukosa, dengan setiap rantai mengandung 500 hingga 2000 unit D-glukosa, membentuk rantai lurus yang sering disebut sebagai linier pada pati. Amilosa dalam cenderung membentuk koil panjang dan fleksibel yang selalu bergerak berputar. Struktur ini yang memungkinkan terjadinya interaksi dengan iodine, menghasilkan warna biru. Amilosa memberikan efek kekerasan pada pati dalam proses memasak. Rantai amilosa biasanya membentuk struktur linear, seperti yang dapat dilihat pada Gambar II.1.

Amilopektin merupakan polimer bercabang yang terdiri dari ikatan  $\alpha$ -(1,4)-glikosidik serta ikatan  $\alpha$ -(1,6)-glikosidik pada titik percabangannya. Setiap cabang umumnya mengandung 25 hingga 30 unit D-glukosa. Selain perbedaan dalam struktur, panjang rantai polimer, dan jenis ikatan, amilopektin dan amilosa juga memiliki perbedaan dalam interaksinya dengan iodin. Amilosa membentuk kompleks berwarna biru saat bereaksi dengan iodin, sedangkan amilopektin

menghasilkan warna ungu-coklat. Struktur amilopektin memiliki banyak percabangan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.2, dengan sekitar 4–5% dari total ikatannya berupa ikatan percabangan. Secara umum, setiap rantai amilopektin terdiri dari 1000 atau lebih unit glukosa, dengan berat molekul yang bervariasi tergantung pada sumbernya. Pada pati yang berasal dari umbi-umbian, amilopektin juga mengandung sejumlah kecil ester fosfat yang terikat pada atom karbon ke-6 dalam cincin glukosa (Zulaidah, 2012).

### II.1.3 Talas Kimpul

Talas kimpul berasal dari kawasan hutan hujan tropis lembap di Asia Tenggara termasuk India. Talas termasuk dalam aroid family (*Aracaceae*) dan dalam genus *Colocasia*.



Gambar II.3 Talas Kimpul

Tanaman ini dapat dimakan dengan daun besar dan satu atau lebih penyimpanan makanan di batang bawah tanah. Tanaman talas paling baik ditanam di tanah dengan pH sekitar 5,5-5,6 dan di lingkungan yang tinggi kelembaban dengan tingkat curah hujan 1000 mm setiap tahun dan suhu optimal sekitar 21-27 °c. Talas budidaya diklasifikasikan sebagai *Colocasia esculenta*, tetapi spesies ini dianggap polimorf (Temesgen and Retta, 2015). Talas mengandung berbagai komponen utama seperti karbohidrat dan protein, bersama dengan beragam senyawa sekunder seperti saponin, steroid, tanin, dan flavonoid (Ladeska, Am and Hanani, 2021). Umbi kimpul memiliki kadar fenol 0,32 gram per 100 gram. Umbi talas mengandung 13-29% pati dan sisanya adalah berupa zat riboflavin, vitamin C, dan abu serta kurang dari 4% lipid dan protein. Talas memiliki kandungan pati yang

---



lebih tinggi jika dibanding dengan tanaman umbi lainnya seperti ubi, kentang, dan singkong. Tingginya kandungan pati dalam talas menjadikan talas sebagai sumber pati di industri yang memiliki tingkat swelling dan viskositas tinggi. Karena granula patinya kecil, gel talas juga berukuran lebih kecil. Kemurnian pati talas yang diekstraksi adalah 96,68% (basis kering). Secara umum, pati mengandung lebih banyak amilopektin dibandingkan amilosa. Rasio antara kedua komponen ini berpengaruh terhadap kelarutan dan tingkat gelatinisasi pati. Semakin tinggi kandungan amilosa, pati akan semakin kering dan kurang lengket. Dalam pembuatan plastik biodegradable, kestabilannya dipengaruhi oleh amilopektin, sementara amilosa berperan dalam menentukan kekompakan material. Amilopektin sendiri memiliki peran utama dalam proses gelatinisasi. Kandungan amilosa dan amilopektin dalam pati talas kimpul lebih tinggi dari umbi lainnya, misalnya pada umbi garut yang mengandung amilosa sebanyak 19,4% dan amilopektin sebesar 59,35%, sementara itu pada ubi kayu mengandung amilosa sebanyak 18% dan amilopektin sebesar 60,15%. Pati talas kimpul mengandung amilosa sebesar 15,8% dan amilopektin sebesar 81,47%.

Tabel II.1 Perbandingan Kadar Amilosa dan Amilopektin Berbagai Umbi

Jenis pati	Kadar Amilosa (%)	Kadar Amilopektin (%)
Ubi kayu	18	60,15
Garut	36	63
Ganyong	52	47
Kimpul	15,8	81,47

Talas menjadi bahan baku potensial karena mengandung pati yang tinggi. Secara umum, pati tidak dapat dilarutkan dalam air dingin karena struktur kristal pati. Melalui peningkatan suhu, molekul pati mulai hancur dalam air. Kelarutan pati meningkat, jika amilosa dan amilopektin terdisosiasi dalam suspensi. Hidrasi ini turut menyebabkan pembengkakan pati yang tidak larut. Pati talas membentuk lapisan-lapisan yang kaku. Pati talas memiliki kekuatan gel yang tinggi, viskositas tinggi, dan kekuatan penyerapan air. Pati talas juga dianalisis sebagai pengganti lemak dan zat pengisi film polietilen biodegradable. Karakteristik pati talas memiliki pH sekitar 7,81, kandungan kelembaban 13,78%, kandungan protein 5,61%, dan kapasitas hidrasi 1,70 yang berarti mampu menyerap 1,7 kali berat

---



airnya sendiri. Sementara memiliki densitas 1,81, dan kapasitas sorpsi kelembaban 15% menunjukkan sensitivitas kelembaban material. Pati talas kurang larut di bawah suhu gelatinisasi. Kelarutan pati talas kurang dari 10% pada suhu 50°C hingga 70°C, tetapi meningkat hingga 29,2% pada suhu 80°C (Siskawardani *et al.*, 2020).

#### **II.1.4 Gelatin**

Sumber yang paling umum dari film yang dapat dimakan adalah biopolimer yang dibentuk oleh protein, karbohidrat, lipid atau kombinasi. Gelatin adalah salah satu protein yang paling penting, memiliki berbagai aplikasi dan sifat fungsional dengan kemampuannya untuk membentuk film padat. Sumber gelatin industri utama adalah tulang dan kulit hewan. Film yang dapat dimakan berbasis gelatin dapat digunakan untuk melindungi makanan terhadap oksigen dan cahaya selama masa simpan. Hal ini karena ketersediaannya yang mudah, biokompatibilitas yang tinggi, biodegradabilitas dan antigenitas yang rendah (Sert *et al.*, 2021) dan murah (Ma *et al.*, 2012). Gelatin dapat larut dalam air dan pelarut alcohol seperti propilen glikol dan sorbitol. Gelatin mudah larut pada suhu 71,1°C dan cenderung membentuk gel pada suhu 48,9°C.





Gambar II.5 Ikan Patin (*Pangasius* sp.)

*Pangasius* adalah salah satu ikan segar dengan pertumbuhan tercepat di dunia spesies air dalam budidaya perairan (Jeyakumari et al., 2016). Industri fillet ikan patin menghasilkan produksi yang besar jumlah produk sampingan kulit dan tulang yang mana merupakan sumber gelatin potensial yang tinggi protein berkualitas. Gelatin ikan mengandung sekitar 20% lebih banyak asam amino prolin dan hidroksiprolin dibandingkan dengan gelatin sapi dan babi yang berkontribusi pada titik leleh yang lebih tinggi dan kekuatan gel. Kulit ikan umumnya digunakan sebagai alternatif untuk sumber gelatin yang diharapkan akan diproduksi secara komersial. Gelatin dibuat dari limbah kulit ikan yang diharapkan mengurangi pencemaran sekaligus meningkatkan nilai tambah limbah industri perikanan. Marsaid dan Atmaja (2011) juga mendukung gagasan bahwa kulit ikan dapat digunakan sebagai sumber gelatin alternatif yang berasal dari kulit ikan dari limbah industri pengolahan ikan. Kulit ikan patin *pangasius* dapat digunakan dalam produksi gelatin.

Pembanding dengan gelatin sapi, gelatin yang diperoleh dengan cara ekstraksi dari kulit ikan patin *pangasius* yang dimiliki jauh lebih tinggi kualitas sifat fisikokimianya. Viskositas gelatin yang diperoleh dengan cara ekstraksi dari kulit ikan patin adalah (4,67 mPa s) lebih tinggi dibandingkan komersial gelatin diekstraksi dari kulit sapi (3,17 mPa s) (Mahmoodani, 2014). Jika dibandingkan dengan produk gelatin ikan lainnya, viskositasnya ekstrak gelatin dari kulit ikan patin *pangasius* memiliki nilai relatif lebih tinggi dibandingkan dengan gelatin ikan lainnya termasuk ikan gabus (3,82 mPa s), nila merah (1,73 mPa s) dan ikan air dingin (1,55 mPa s) (See dkk. 2010).

---



Tabel II.2 Perbandingan Viskositas Gel Berbagai Gelatin Ikan

Jenis ikan	Viskositas gel (Mpa s)
Nila merah	1,73
Gabus	3,82
Cold water	1,55
Patin	4,67

Trakul dan Patcharin (2013) menyelidiki kondisi optimal untuk ekstraksi gelatin dari ikan Thailand *Pangasius* (*Pangasius bocourti* Sauvage) kulit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimal untuk ekstraksi gelatin dari kulit ikan *Pangasius* itu pada 55°C selama 1 jam pada pH 4,55 yang merespons Rendemen 20,22%, kekuatan gel 506,55 g, 42,22 ringan ( $L^*$ ), 3,56 kroma ( $C^*$ ) dan 43,35° sudut rona ( $h^0$ ). Hasil gelatin dari kulit ikan lele *Pangasius* adalah 23,61% (b/b) yang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan gelatin dari ikan lainnya spesies seperti: nila hitam (5,4%), merah nila (7,8%), kakap mata besar (4%), megrim (7,4%), sol (8,3%), cod (7,2%) dan hake (6,5%). Gelatin yang bersumber dari kulit ikan patin dipilih karena kekuatan gel gelatin dengan ekstraksi cara basanya bernilai sedang, berkisar antara 100 dan 200 Bloom menurut Haug & Draget (2011). Kekuatan gel gelatin ekstraksi cara basa ini lebih tinggi daripada gelatin ikan kod yaitu 90 gram (Gudmundsson, 2002), salmon yaitu 108 gram (Arnesen & Gildberg, 2007), ikan lele melalui proses basa yaitu 82,1 gram (Yang et al., 2008) dan gelatin dari cold water fish skin yaitu 3,91 g.

### II.1.6 Plasticizer

Plasticizer umumnya diperlukan untuk membuat film dan pelapis yang dapat dimakan, terutama untuk protein dan polisakarida. Karena interaksi yang luas antara molekul polimer, struktur film ini sering rapuh dan kaku. Plasticizer adalah agen dengan berat molekul rendah yang dimasukkan ke dalam bahan untuk membentuk film polimer untuk meningkatkan termoplastikitas polimer. Plasticizer memiliki kemampuan untuk memosisikan molekulnya di antara molekul polimer dan mengganggu interaksi dari polimer-polimer yang kemudian meningkatkan mobilitas dan fleksibilitas proses. Sifat-sifat tersebut menunjukkan bahwasanya plasticizer menurunkan suhu transisi dan mengurangi rasio daerah kristal terhadap daerah amorf. Tidak hanya modulus elastis dan sifat mekanik lainnya yang

dipengaruhi oleh penambahan plasticizer, tetapi juga ketahanan film dan pelapis yang dapat dimakan terhadap permeasi uap dan gas. Sebagian besar plasticizer sangat hidrofilik dan higroskopis, yang memungkinkan mereka untuk menarik molekul air dan membentuk kompleks plasticizer hidrodinamik yang besar. Dengan mengganggu ikatan hidrogen antar-dan intramolekul, plasticizer meningkatkan jarak antara molekul polimer dan mengurangi jumlah kristal yang terlibat dalam daerah amorf. Plastik dibuat oleh molekul air dalam film. Meskipun air adalah plasticizer yang sangat baik, air dapat dengan mudah hilang karena dehidrasi pada kelembaban rendah. Oleh karena itu, menambah plasticizer kimia hidrofilik pada film dapat membantu mengurangi kehilangan air melalui dehidrasi, meningkatkan jumlah air yang terikat, dan mempertahankan aktivitas air yang tinggi. Air, sorbitol, gliserol, dan polihidroksi berat molekul rendah lainnya adalah plasticizer yang umum digunakan saat membuat film pati. (Han, 2014).

### II.1.7 Sorbitol

Sorbitol atau D-glusitol adalah alkohol heksahidrat yang berhubungan dengan manitol dan manosa.



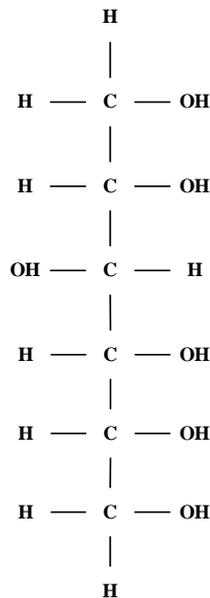
Gambar II.6 Plasticizer Sorbitol

Sorbitol adalah bubuk kristal higroskopis yang tidak berbau, putih atau hampir tidak berwarna. Satu bentuk sorbitol amorf dan empat polimorf kristal telah diidentifikasi memiliki sifat fisik yang sedikit berbeda, termasuk titik leleh. Sorbitol tersedia dalam berbagai bentuk polimorfik, termasuk pelet, bubuk, atau butiran yang memiliki kecenderungan untuk menggumpal lebih sedikit daripada bubuk dan memiliki tingkat kompresi yang lebih baik. Sorbitol memiliki rasa yang enak, sejuk,

---



dan manis, dan memiliki antara 50 hingga 60 persen manis dari sukrosa. Dengan meningkatkan jumlah air, sorbitol berfungsi sebagai pemlastis (Allen, 2009).



Gambar II.7 Struktur Sorbitol

Karena sifatnya yang stabil dan tidak beracun, sorbitol sering digunakan sebagai plasticizer. Plasticizer dapat meningkatkan permeabilitas dan fleksibilitas uap air dan gas (Gontard et al., 1992; Vieira et al., 2011). Plasticizer sorbitol meningkatkan fleksibilitas, ketahanan, dan menurunkan kerapuhan film, terutama ketika disimpan pada suhu rendah. Menurut Mchugh & Krochta (1994) plasticizers seperti sorbitol juga dapat mengurangi ikatan hidrogen internal serta meningkatkan jarak intermolekul. Sorbitol dikenal sebagai plasticizer yang lebih baik daripada jenis plasticizer lainnya karena menghasilkan film dengan permeabilitas oksigen yang lebih rendah. Penambahan sorbitol berkorelasi positif dengan persentase strain atau elongation. Dengan kata lain, nilai persentase strain atau elongation meningkat dengan penambahan sorbitol (Sanyang dkk., 2015). Jumlah maksimum sorbitol yang dapat ditambahkan dalam suatu produk adalah sebesar 500 mg/kg hingga 200.000 mg/kg (BSN, 2004). Sementara jumlah minimum agar sorbitol dapat berfungsi sebagai pemlastis adalah sekitar >0,5% (v/v) (Quluby, 2022).



## II.2 Landasan Teori

### II.2.1 Metode Pembuatan *Edible Straw*

Film dapat dicetak dari lelehan atau larutan atau diekstrusi dari cetakan celah, tetapi sebagian besarnya film diproduksi dengan meniupkan ekstrudat tubular hangat ke udara. Banyak proses berbeda yang digunakan untuk mengaplikasikan lapisan tipis polimer leleh cair atau larutan polimer (atau dispersi) termasuk penggulungan, penyemprotan, kalender, dan penyikatan. Contoh aplikasi pelapis industri pada bahan film dan lembaran yaitu proses pelapisan umum. Lembaran yang bergerak disebut jaring. Pada pelapis gulungan, roller bawah mengambil bahan pelapis dan kemudian memindahkannya ke roller kedua, dan akhirnya ke salah satu permukaan matras. Jarak roller, viskositas larutan polimer dalam tangki celup, serta kecepatan dan ukuran roller mengontrol ketebalan lapisan yang diterapkan (Carragher, 2003). Teknik paling sederhana, dan yang menghasilkan polimer dengan kemurnian tertinggi, adalah polimerisasi massal. Hanya monomer, inisiator yang larut dalam monomer, dan mungkin agen transfer rantai untuk mengontrol berat molekul yang digunakan. Keuntungan dari teknik ini meliputi hasil yang tinggi per volume reaktor, perolehan kembali polimer yang mudah, dan pilihan untuk menuang campuran polimerisasi ke dalam bentuk produk akhir yaitu polimerisasi tuang. Di antara keterbatasan polimerisasi massal adalah kesulitan menghilangkan sisa monomer dan masalah pembuangan panas yang dihasilkan selama polimerisasi. Selain itu, terdapat teknik molding. Pencetakan adalah salah satu operasi pemrosesan paling awal dan terpenting. Ini termasuk kompresi, transfer, injeksi, injeksi reaksi, thermoforming, blow, dan cetakan rotasi, yang termasuk dalam bagian ini. Operasi pemrosesan polimer penting lainnya adalah pencetakan injeksi. Prinsip di balik pencetakan injeksi dimulai pada tahun 1856 ketika E. Pelouze dari Amerika Serikat mengembangkan mesin die-casting untuk memaksa logam cair menjadi cetakan dengan cara mekanis atau hidrolik. Perkembangan mesin cetak injeksi pertama untuk termoplastik, salah satu jenis operasi pencetakan injeksi modern, menggunakan sekrup bolak-balik untuk melelehkan volume umpan terukur yang dimasukkan melalui hopper. Setelah waktu yang cukup berlalu untuk membentuk lelehan homogen, putaran sekrup

---



berhenti, dan lelehan tersebut dimasukkan ke dalam cetakan di bawah tekanan tinggi dengan gaya dorong sekrup yang digerakkan secara hidrolik (Fried, 2005).

Prinsip gelatinisasi digunakan untuk membuat straw yang dapat dimakan dengan bahan dasar pati (starch). Pati ditambahkan dengan jumlah air kemudian dipanaskan sampai suhu tertentu sehingga kandungan air menguap dan meninggalkan lapisan film yang kaku dan stabil. Pembentukan gel yang disebut gelatinisasi dimulai dengan mengembangnya granula pati karena penyerapan air selama proses pemanasan. Mengembangnya granula pati bersifat reversible ketika berada di bawah suhu gelatinisasi, tetapi irreversible ketika mencapai suhu gelatinisasi bahkan di atasnya. Dalam pati, suhu gelatinisasi berkisar antara 64 dan 72 derajat Celcius. Suhu ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk pH, laju pemanasan, metode preparasi bahan, dan keberadaan garam serta gula (deMan, 1997). Ketika pati direndam dalam air bersuhu tinggi, proses gelatinisasi pati ini terjadi. Air meresap ke dalam granula pati secara bertahap dan berulang, menyebabkan kerusakan pada ikatan double helix amilopektin serta memutuskan ikatan hidrogen antar molekul dalam granula pati. Semakin tinggi suhu air, semakin banyak ikatan hidrogen yang terputus, sehingga lebih banyak air yang terserap ke dalam granula. Akibat hilangnya sifat birefringence, yang memungkinkan granula memantulkan cahaya terpolarisasi, granula mengalami perkembangan yang sangat cepat. Selanjutnya, granula mulai pecah, menyebabkan amilosa keluar dan membuat struktur granula menjadi lebih terbuka, memungkinkan lebih banyak air masuk. Di dalam granula, molekul air kemudian membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil dari molekul amilopektin dan sebagian amilosa. Seiring meningkatnya jumlah amilosa yang keluar dari granula dan membentuk lapisan transparan, jumlah molekul air bebas yang bergerak di permukaan granula berkurang. Hal ini mengakibatkan peningkatan viskositas serta transparansi pasta pati (Imanningsih, 2012).

### **II.2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembuatan Edible Straw**

#### 1. Temperatur

Kadar air juga mempengaruhi gelatinisasi pati asli. Dalam kelebihan air, seiring dengan kenaikan suhu, kristal pati meleleh secara kooperatif

---



sebagai puncak tunggal pada suhu gelatinisasi yang lebih tinggi (Tp1). Dalam air yang terbatas, sebagian kristal pati meleleh, dan kristal yang tersisa menghasilkan puncak kedua pada suhu yang lebih tinggi (Tp2). Sebuah penelitian melaporkan bahwa pati menunjukkan suhu gelatinisasi berkisar antara 58,9 dan 72,4 °C. Selanjutnya, pati yang telah diolah terlebih dahulu dengan panas-air akan mengalami peningkatan suhu gelatinisasi (Chakraborty, 2022).

## 2. Kelembaban

Jika pati dipisahkan dan ditambahkan ke dalam formulasi, maka secara umum diperlukan perbandingan w/s sekitar 1,5:1 untuk gelatinisasi sempurna (kelembaban 60%, bahan basah) dan perbandingan 0,3:1 (kelembaban sekitar 25%, bahan basah). dasar) akan diperlukan untuk gelatinisasi apa pun. Maka dari itu, dalam proses gelatinisasi diperlukan minimal air 25% dari total bahan.

## 3. Komposisi Pati

Semakin meningkat jumlah pati yang terdapat dalam suatu film, maka semakin banyak pula kadar amilosa yang terkandung dalam straw film. Hal tersebut menghasilkan lebih banyak polimer matriks, ikatan antar polimer yang kuat, dan meningkatnya kuat tarik yang dihasilkan. Straw film yang memiliki komposisi hidrokoloid seperti pati tidak dapat sepenuhnya menahan uap air karena bersifat hidrofilik namun dapat mengatur perpindahan penguapan air dan berfungsi sebagai barrier yang baik terhadap lipid, karbondioksida, dan oksigen. Peningkatan jumlah pati juga diikuti oleh peningkatan jumlah amilosa yang dapat meningkatkan jumlah kelompok hidroksil bebas yang juga dapat meningkatkan laju transmisi uap air (Warkoyo, 2014).

## 4. Komposisi Gelatin

Gelatin memiliki sifat hidrokoloid yang menyebabkan penambahan gelatin dapat membentuk film yang bersifat transparan, mudah untuk dicerna, dan fleksibel. Semakin tinggi konsentrasi gelatin yang ditambahkan maka kadar air bebas yang berada dalam lapisan film

---



berkurang, hal tersebut disebabkan karena gelatin mampu mengikat molekul air dengan ikatan hidrogen yang cukup kuat. Besarnya konsentrasi gelatin dalam suatu film juga menyebabkan peningkatan jumlah polimer yang menyusun film serta nilai viskositasnya. Meningkatnya jumlah polimer dalam film juga akan meningkatkan jumlah padatan dalam bahan sehingga akan terjadi penurunan kadar air dalam produk.

#### 5. Plasticizer

Plasticizer berguna untuk menurunkan tingkat kerapuhan dan menaikkan fleksibilitas dan ketahanan straw film. Terdapat beberapa jenis plasticizer yang umum digunakan dalam pembuatan lapisan film yaitu gliserol, sorbitol, dan propilen glikol. Dalam penelitian ini dipilih plasticizer jenis sorbitol. Penambahan jumlah sorbitol dalam bahan berbanding lurus dengan nilai dari ketebalan produknya. Semakin besar konsentrasi sorbitol yang ditambahkan pada bahan maka ketebalan produk semakin meningkat. Peningkatan konsentrasi dari sorbitol juga dapat menyebabkan peningkatan nilai elongasi produk. Peningkatan jumlah plasticizer dapat mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas polimer film. Hal ini terjadi karena plasticizer memperlebar jarak antar ikatan hidrogen dalam molekul polimer yang berdekatan, sehingga gaya tarik-menarik intermolekul dalam rantai polimer film melemah. Menurut Di Gioia dan Guilbert (1999), mekanisme kerja plasticizer dalam polimer akibat penambahannya melibatkan beberapa tahap, yaitu adsorpsi, pemecahan, difusi, pemutusan pada bagian amorf, serta modifikasi struktur polimer.

Plasticizer Sorbitol dipilih karena dapat menghasilkan produk yang secara keseluruhan kualitasnya baik, mulai dari meningkatnya kuat tarik, meningkatnya elongasi, serta memiliki nilai baik dalam uji swelling dan uji biodegradasi jika dibandingkan dengan plasticizer lain yang memiliki beberapa kekurangan di suatu uji karakteristik (Krisnadi, 2019).



### II.2.3 Karakteristik dan Parameter Mutu *Edible Straw*

Sifat fisik dan mekanik adalah beberapa ciri yang dapat diamati dari *edible straw*. Sifat fisik film termasuk sifat mekanik dan penghambatan, yang menunjukkan kekuatan film dalam menahan kerusakan selama proses pengolahan. Beberapa sifat fisik film termasuk kekuatan regang putus, ketebalan, permeabilitas uap air, pemanjangan (elongasi), kelarutan, dan daya serap air dari film yang baru terbentuk. Penjelasan tentang sifat fisik dan mekanik film yang dapat dimakan, yaitu

1. Kekuatan regang putus

Tensile strength atau kuat tarik adalah salah satu sifat mekanik pada *edible straw*. Kuat tarik mengacu pada nilai maksimum gaya tarik yang dapat ditahan oleh film sebelum mengalami kerusakan atau putusnya polimer. Pengujian tensile strength dilakukan dengan mengukur daya tahan film terhadap regangan atau pemanjangan pada setiap satuan luas area (Purwanti, 2010).

2. Ketebalan film

*Edible straw* adalah lapisan tipis yang digunakan sebagai pengganti sedotan plastik yang menahan uap air dan gas oksigen dan karbondioksida. Untuk mempertahankan produk dari faktor-faktor eksternal dengan lebih baik dapat dilakukan dengan *straw* yang lebih tebal. Namun, ketebalan film menurut standar industri Jepang (JIS, 1975) tidak boleh melebihi 0,25 mm karena melebihi batas ini akan menyebabkan film mudah pecah. Bahan biopolimer hidrokoloid dan lipida yang digunakan memengaruhi ketebalan film makanan yang dapat dimakan. Namun, kedua bahan ini berbeda dalam hal meningkatkan elastisitas karena hidrokoloid meningkatkan elastisitas, sedangkan lipida melakukan hal yang sebaliknya.

3. Elongasi

Persentase panjang *edible film* yang meningkat setelah penarikan hingga putus disebut persentase pemajangan atau elongasi. Persentase pemajangan berkorelasi dengan elastisitas, dan lebih tinggi persen



pemanjangan, lebih elastis film. Produk film yang dapat dimakan sesuai dengan JIS 1975 akan lebih tahan terhadap tekanan dan kerusakan mekanis lainnya. Jenis dan konsentrasi bahan plastisizer memengaruhi persentase pemanjangan.

#### 4. Kelarutan film

Persentase berat kering dari film yang terlarut setelah dicelupkan di dalam air selama 24 jam disebut dengan persen kelarutan edible film. Cara mengukurnya yaitu satu gram edible film dilarutkan dalam 10 mililiter destilat dengan mengaduk menggunakan magnetic stirrer pada kecepatan skala 3 selama 30 menit. Larutan kemudian disentrifugasi selama 15 menit pada 3000 rpm. Supernatan lalu dibuang dan film yang tidak larut dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 800 C selama 24 jam. Berat kering film yang tidak larut dihitung sebagai persen kelarutan film dalam air.

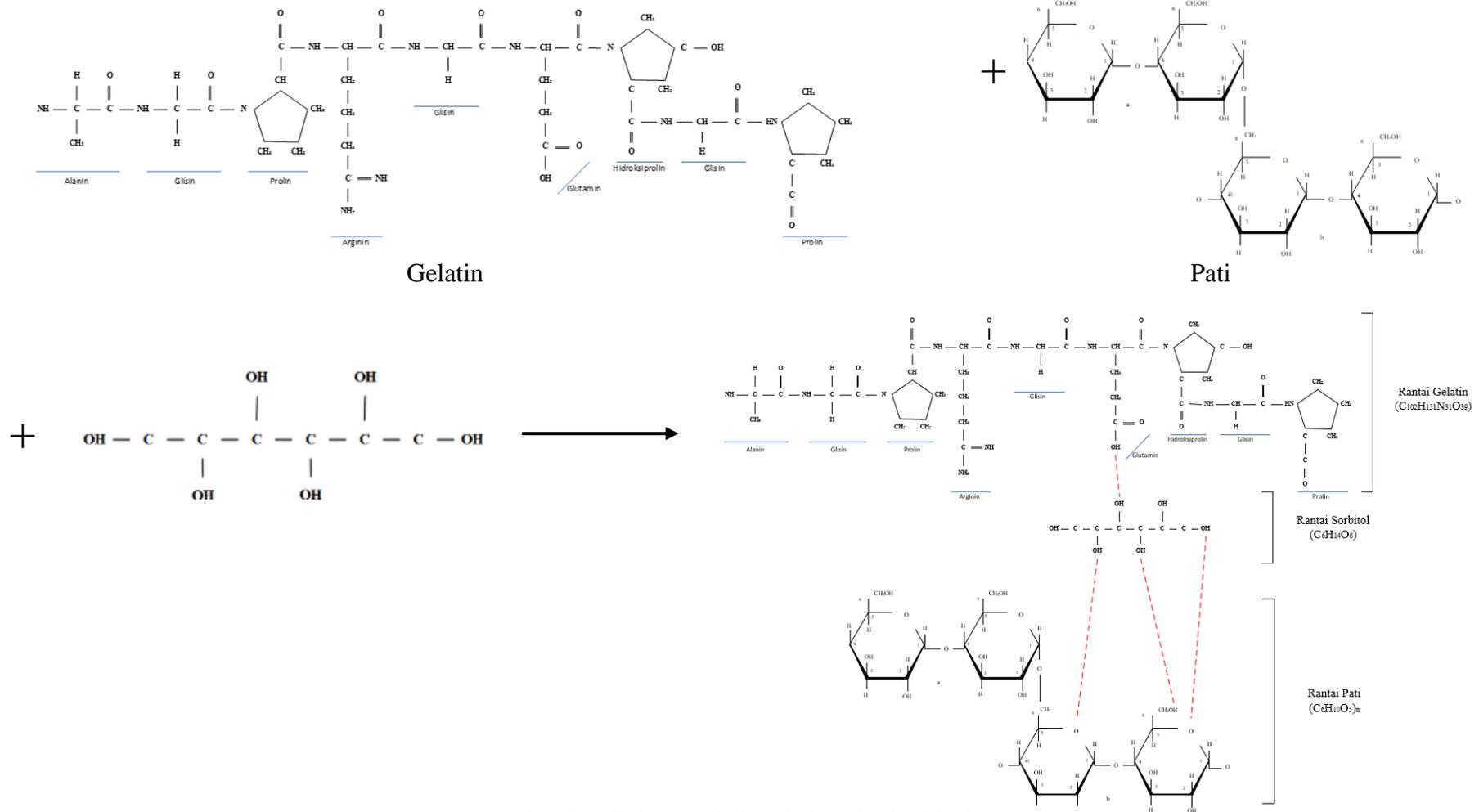
#### 5. Morfologi dengan SEM (Scanning Electron Microscope)

Untuk menganalisis struktur mikro dalam film makanan, dapat digunakan scanning electron microscopy (SEM). SEM adalah teknik umum yang digunakan untuk pencitraan struktur mikro dan morfologi material. Dalam metode ini, berkas elektron berenergi rendah diarahkan ke permukaan sampel untuk memindainya. Ketika sinar elektron mengenai material, terjadi berbagai interaksi yang menyebabkan emisi foton dan elektron dari atau di sekitar permukaan sampel (Sampath Kumar, 2013). Proses pembentukan gambar dalam SEM bergantung pada sinyal yang dihasilkan dari interaksi antara elektron dan sampel, yang kemudian dideteksi menggunakan berbagai jenis detektor sesuai dengan mode SEM yang digunakan. Terdapat beberapa mode SEM yang dapat digunakan untuk karakterisasi material, termasuk pemetaan sinar-X, pencitraan elektron sekunder, pencitraan elektron hamburan balik, penyaluran elektron, serta mikroskop elektron Auger (Sampath Kumar, 2013).



#### II.2.4 Interaksi antara Pati-Gelatin-Sorbitol

Keberadaan pati menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen dengan plasticizer sehingga interaksi antara rantai ikatan biopolimer semakin menurun. Plasticizers seperti sorbitol dapat mengurangi ikatan hidrogen internal dan meningkatkan jarak intermolekul (Mchugh&Krochta, 1994). Sorbitol dikenal lebih baik sebagai plasticizer karena menghasilkan film dengan permeabilitas oksigen yang lebih rendah. Ada kemungkinan pati yang terkandung akan tergelatinisasi sepenuhnya jika sorbitol ditambahkan. Selain itu, sorbitol mampu untuk mengurangi ikatan hidrogen pada pati. Plasticizer sorbitol masuk ke dalam molekul pati dan membentuk ikatan hidrogen antara gugus hidroksil molekul pati dengan molekul sorbitol, meningkatkan fleksibilitas molekul. Sementara itu, gelatin berfungsi sebagai agen hidrokoloid berbasis protein yang umum digunakan karena memiliki struktur unik dan memiliki ikatan antar molekul yang kuat. Salah satu jenis gelatin yang baik digunakan dalam sintesis edible straw adalah gelatin yang berasal dari ikan. Hal tersebut karena ikan memiliki protein miofibriler, sarkoplasma, dan asam amino glysin yang meningkatkan kemampuan dalam membentuk gel (Santoso, 2020).



Gambar II.8 Interaksi Pati-Gelatin-Sorbitol



### II.3 Hipotesis

Dalam penelitian ini, digunakan variasi rasio antara pati dengan gelatin dan konsentrasi sorbitol. Diharapkan penambahan sorbitol dapat meningkatkan fleksibilitas, kuat tarik, dan kelarutan sehingga dapat memenuhi Japanese Industrial Standard (JIS). Selain itu penggunaan variasi rasio antara pati dengan gelatin diharapkan dapat menunjukkan kondisi optimum dari sintesis edible straw sehingga dapat diperoleh hasil terbaik yang sesuai dengan Japanese Industrial Standard (JIS) dan teori yang ada.