

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Edible Film

Edible film merupakan lapisan tipis yang membungkus bahan makanan yang aman untuk dikonsumsi, dan dapat terurai secara alami oleh lingkungan. Selain bersifat terurai secara biologis, film makanan dapat dikombinasikan dengan bahan tertentu yang dapat meningkatkan nilai fungsional dari kemasan itu sendiri seperti film makanan yang mengandung antioksidan (Kusumawati dan Putri, 2013). Pembuatan edible film melibatkan pemanfaatan bahan utama yang terdiri dari biopolimer, termasuk protein, karbohidrat, lipid, dan kombinasi dari ketiganya. Biopolimer adalah senyawa organik yang dapat ditemukan di alam dan dapat terurai secara alami. Protein, sebagai salah satu biopolimer, sering diambil dari sumber seperti gelatin, patatin, atau protein nabati lainnya yang dapat diekstrak dari bahan pangan. Protein memberikan stabilitas dan sifat mekanis pada film, memastikan kekokohan dan keelastisan film tersebut. Sumber karbohidrat, seperti selulosa atau pektin, juga sering dijadikan bahan dasar dalam pembuatan edible film. Karbohidrat memberikan struktur dan sifat perekat pada film, sehingga film dapat membungkus makanan dengan baik dan memiliki daya tahan yang cukup. Selain itu, lipid atau lemak juga dapat ditambahkan ke dalam komposisi untuk meningkatkan sifat penghalang terhadap uap air dan lemak, serta memberikan karakteristik sensoris tertentu pada film seperti minyak nabati atau lilin, gliserol murni, dan asam lemak (Gennadios, A. 2012).

Edible film adalah lapisan tipis yang dapat dimakan dan biasanya digunakan untuk membungkus makanan. Edible film dapat membungkus makanan, melindunginya dari kontaminasi, menjaga kelembaban, dan meningkatkan daya simpan. Selain sifat fungsionalnya, edible film juga dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik aplikasi, termasuk penambahan bahan antimikroba atau antioksidan untuk meningkatkan keamanan pangan. Dengan kemampuannya untuk berdegradasi secara alami, edible film menjadi alternatif yang menarik dalam upaya mengurangi dampak lingkungan dari limbah plastik (Baldwin, E. A. 2017).

Edible film dapat diproduksi dari bahan yang memiliki kemampuan untuk membentuk lapisan tipis. Dalam proses pembuatannya bahan pembuat film harus terlarut dan terdispersi dalam suatu pelarut seperti air, alkohol, campuran air-

alkohol, atau campuran pelarut lainnya. Pemlastis, zat antimikroba, zat warna, dan zat perasa dapat ditambahkan dalam proses pembuatannya. Dalam pengaplikasiannya pada makanan, larutan ini dapat digunakan dengan beberapa metode seperti pencelupan, penyemprotan, dan penyepuhan yang diikuti dengan pengeringan.

Edible Film memiliki kemampuan untuk mengendalikan kelembaban, oksigen, karbon dioksida, rasa, dan aroma yang berpindah antara komponen makanan atau lingkungan sekitarnya. Edible film dapat digunakan sebagai pembungkus makanan yang bertindak sebagai sistem kemasan baru dan mengontrol pelepasan senyawa aktif seperti antioksidan, rasa, dan agen antimikroba. Penggunaan film yang dapat dimakan dalam perlindungan dan pelestarian makanan semakin meningkat karena film ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan sintetis, seperti biodegradable dan ramah lingkungan. Namun, terdapat beberapa persyaratan yang harus dipertimbangkan dalam pembuatan film yang dapat dimakan, seperti sifat gas dan penghalang air yang sesuai, kekuatan mekanik yang baik, adhesi yang kuat, kemampuan untuk melawan mikroba, stabilitas biokimia dan fisikokimia, bahan pembawa yang efektif untuk antioksidan, rasa, warna, aditif gizi, atau antimikroba, serta aman untuk dikonsumsi oleh manusia (bebas dari mikroorganisme patogen dan senyawa berbahaya). Film yang dapat dimakan juga harus memiliki karakteristik sensorial yang diterima, bahan baku yang murah, serta teknologi produksi yang sederhana (Du dkk, 2011).

2.1.1 Fungsi Edible Film

Fungsi utama dari edible film adalah untuk melindungi makanan, memperpanjang masa simpan, dan meningkatkan karakteristik sensorik makanan. Fungsi utama dari edible film dalam industri makanan sebagai pelindung Makanan yang dapat membantu melindungi makanan dari kerusakan fisik, kontaminasi, dan oksidasi (Abdu, E. 2014). Edible film juga dapat memperpanjang masa simpan produk makanan dengan membantu mengurangi paparan makanan terhadap oksigen, air, dan mikroorganisme. Ini membantu mengurangi pembusukan dan kerusakan produk. Edible film juga dapat digunakan untuk membungkus produk makanan secara individual, membuatnya lebih mudah untuk distribusi dan konsumsi. Contohnya, edible film digunakan dalam permen karet untuk melindungi

isi dari paparan udara. Edible film sering juga digunakan untuk meningkatkan tampilan dan daya tarik produk makanan. Edible film juga memungkinkan inovasi dalam pengembangan produk makanan. Edible film dapat digunakan untuk menghantarkan zat-zat aktif seperti antioksidan, antimikroba, atau rasa tambahan ke dalam makanan. Ini dapat meningkatkan keamanan dan kualitas produk. Penggunaan edible film dapat membantu mengurangi limbah plastik karena dapat dimakan atau terurai dengan lebih mudah daripada bahan kemasan plastik tradisional (Huri, D. 2014).

Penggunaan edible film tergantung pada jenis makanan dan tujuan tertentu dalam industri makanan. Berbagai bahan termasuk pati, protein, dan polisakarida, sehingga sifat-sifat dapat disesuaikan dengan kebutuhan khusus produk makanan (Murni, 2015).

2.1.2 Bahan Pembuatan Edible Film

Komponen yang digunakan untuk membuat edible film terbagi kedalam tiga kategori utama yaitu: bahan dasar (seperti pati, protein, dan polisakarida), zat penguat (seperti gliserol, sorbitol, dan glukosa), zat adiktif dan zat aktif (seperti pewarna alami, antioksidan, rasa tambahan, dan antimikroba) (Nurmilla, 2021).

(a) Bahan Dasar

Pati adalah bahan dasar yang umum digunakan untuk membuat edible film. Pati dari berbagai sumber seperti jagung, kentang, atau singkong dapat digunakan. Setelah itu ada protein dari berbagai sumber seperti kasein (dari susu), gelatin (dari kolagen hewan), atau protein nabati (misalnya, protein kedelai) dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk edible film. Polisakarida selain pati seperti alginat (dari alga coklat), agar-agar (dari alga merah), atau karagenan (dari alga merah) dapat digunakan dalam pembuatan edible film (Astuti, A.W. 2011). Polisakarida sebagai bahan dasar edible film dapat dimanfaatkan untuk mengatur udara disekitarnya dan memberikan ketebalan atau kekentalan pada larutan edible film. Pemanfaatan dari senyawa barantai panjang ini sangat penting karena tersedia dalam jumlah banyak, harganya murah dan bersifat non toksik.

(b) Zat Penguat

Zat penguat dapat digunakan sebagai lapisan pelindung terdiri dari glukosa, sorbitol dan glukosa. Gliserol sering digunakan untuk meningkatkan fleksibilitas

dan ketahanan terhadap pecah pada edible film. Sorbitol adalah bahan yang juga digunakan untuk meningkatkan elastisitas film. Glukosa atau sirup glukosa dapat digunakan sebagai zat penguat dan pengemulsi dalam pembuatan edible film (Astuti, A.W. 2011).

(c) Zat Aditif dan Zat Aktif

Zat aditif dan zat aktif terdiri dari pewarna alami, antioksidan, rasa tambahan, dan antimikroba. Pewarna alami seperti ekstrak tanaman atau buah-buahan digunakan untuk memberikan warna pada edible film. Zat-zat antioksidan seperti asam askorbat atau tokoferol dapat ditambahkan untuk memperpanjang masa simpan makanan yang dibungkus oleh edible film. Rasa tambahan dapat ditambahkan untuk memberikan cita rasa tertentu pada makanan yang dibungkus oleh edible film. Bahan antimikroba dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan makanan dengan menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

Kombinasi dari bahan-bahan di atas akan menghasilkan edible film dengan karakteristik tertentu, seperti ketebalan, elastisitas, kekuatan, dan sifat lainnya yang sesuai dengan aplikasi spesifik dalam industri makanan. Proses pembuatan dan formulasi edible film dapat bervariasi tergantung pada tujuan dan jenis produk yang diinginkan.

2.1.3 Karakteristik Edible Film

Sifat fisik film meliputi sifat mekanik dan penghambatan, sifat mekanik yang cukup untuk melindungi dan melapisi makanan. Kekuatan ini mencakup kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan ketahanan terhadap sobekan dalam melindungi produk yang dikemas dengan menggunakan film tersebut. Beberapa edible film harus cukup elastis untuk dapat melapisi makanan dengan baik dan beradaptasi dengan bentuknya tanpa pecah. Elastisitas yang baik dapat membantu mencegah kerusakan saat pengemasan dan penyimpanan. Beberapa aplikasi mungkin memerlukan film tipis, sementara yang lain mungkin memerlukan film lebih tebal untuk memberikan perlindungan yang cukup. Edible film sering digunakan untuk melindungi makanan dari oksigen, uap air, cahaya, dan aroma asing. Oleh karena itu, mereka harus memiliki sifat-barier yang baik terhadap zat-zat ini. Edible film harus aman untuk dikonsumsi dan tidak boleh mengandung zat berbahaya. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan edible film harus memenuhi persyaratan

regulasi keamanan pangan. Beberapa edible film dapat memberikan rasa atau aroma tambahan pada makanan yang dibungkus. Ini dapat digunakan untuk meningkatkan karakteristik sensorik produk. Edible film dapat diformulasikan untuk melepaskan zat-zat aktif seperti antimikroba atau bahan rasa tambahan ke dalam makanan yang dibungkus. Beberapa edible film dapat dirancang agar dapat terurai secara alami, yang membantu mengurangi dampak lingkungan jika digunakan sebagai bahan kemasan.

Karakteristik-karakteristik ini dapat disesuaikan melalui formulasi bahan, metode produksi, dan perlakuan khusus untuk memenuhi kebutuhan khusus dari produk makanan tertentu. Edible film berkualitas dapat berperan penting dalam menjaga kualitas, keamanan, dan daya tarik produk makanan (Luthana, 2011).

(a) Ketebalan Film (mm)

Ketebalan film merupakan sifat fisik yang dipengaruhi oleh konsentrasi padatan terlarut dalam larutan film dan ukuran plat pencetak. Ketebalan film akan mempengaruhi laju transmisi uap air, gas dan senyawa volatil (Luthana, 2010). Ketebalan film dipengaruhi juga oleh bahan penyusunnya. Ketebalan edible film pada umumnya berkisar antara 0,1 mm-0,5mm.

(b) Tensile strength (MPa) dan Elongasi (%)

Pemanjangan didefinisikan sebagai prosentase perubahan panjang film pada saat film ditarik sampai putus. Kekuatan regang putus merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film dapat tetap bertahan sebelum film putus atau robek. Pengukuran kekuatan regang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area film untuk merenggang atau memanjang.

(c) Kelarutan Film

Persen kelarutan edible film adalah persen berat kering dari film yang terlarut setelah dicelupkan di dalam air selama 24 jam. Proses pengukuran kelarutan ini dapat memberikan gambaran seberapa baik atau seberapa buruk film tersebut dapat mempertahankan integritasnya saat berinteraksi dengan kelembaban. Persen kelarutan yang tinggi mungkin menunjukkan bahwa film tersebut cenderung larut atau terurai dalam air, sementara persen kelarutan yang rendah menunjukkan stabilitas yang lebih baik terhadap pengaruh lingkungan tersebut. Oleh karena itu

salah satu fungsi edible film adalah untuk menahan migrasi uap air harus serendah mungkin (Gómez-Guillén, M. 2011).

Parameter Mutu edible film hingga saat ini masih mengacu pada Japanese Industrial Standard (JIS) 1975 terdiri atas ketebalan (mm), kuat Tarik, elongasi dan laju transmisi uap air ($\text{g/m}^2/24$ jam), secara rinci seperti yang disajikan pada Tabel 1. Seiring dengan pengembangan hasil-hasil penelitian, karakteristik edible film mengalami penambahan seperti persentase kelarutan (sifat fisik), water activity (sifat kimia), dan fungsional antioksidan (Santoso, B. 2020).

Tabel 1. Parameter mutu edible film berdasarkan Japanese Industrial Standard (JIS) 1975.

Parameter	Standart
Ketebalan	< 0,25 mm
Kuat Tarik	Min. 0,39 Mpa
Elongasi	< 10% Buruk 10% - 50% Bagus > 50% Sangat bagus
WVTR	< 7 $\text{g/m}^2/24$ jam

Sumber : Japanese Industrial Standard (1975)

2.1.4 Mekanisme Pembentukan Edible Film

Pembentukan edible film dari pati dan kitosan melibatkan prinsip gelatinisasi molekul yang merupakan tahapan penting dalam proses pembuatan film. Gelatinisasi merupakan perubahan fase dari pati yang awalnya dalam bentuk granula menjadi larutan kental yang lebih homogen akibat penambahan panas dan air. Pada awalnya, pati dan kitosan dalam bentuk padatan akan mengalami pemanasan. Panas yang diberikan menyebabkan pati mengalami gelatinisasi, di mana granula pati melebur dan membentuk larutan kental. Sementara itu, kitosan akan larut dalam lingkungan asam atau basa yang ada selama proses. Setelah proses gelatinisasi, larutan kemudian dicetak atau diaplikasikan dalam bentuk larutan tipis pada permukaan yang diinginkan dan dibiarkan mengering. Selama pengeringan, air dalam larutan akan menguap, menyebabkan molekul pati dan kitosan membentuk film tipis. Proses ini menghasilkan edible film yang memiliki sifat mekanis dan fungsional tertentu, seperti kekuatan, elastisitas, dan ketahanan

terhadap pengaruh lingkungan. Edible film yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan kemasan pangan yang ramah lingkungan dan dapat terurai secara alami, sambil memberikan perlindungan dan mempertahankan kualitas produk makanan (Astuti, A.W. 2011). Prinsip pembentukan edible film, melalui tahap-tahap sebagai berikut:

(a) Pensuspensian bahan ke dalam pelarut

Pembentukan larutan film dimulai dengan mensuspensikan bahan ke dalam pelarut, pelarut disini menggunakan air yang dipanaskan.

(b) Penambahan kitosan

Penambahan kitosan akan menghasilkan film yang bersifat selektif permeabel terhadap gas - gas (CO_2 dan O_2)

(c) Pengaturan suhu

Pengaturan suhu mempunyai tujuan untuk mencapai suhu gelatinisasi pati, sehingga pati dapat tergelatinisasi sempurna dan diperoleh film yang homogen serta utuh. Gelatinisasi merupakan peristiwa pembentukan gel yang dimulai dengan hidrasi pati, yaitu penyerapan molekul-molekul air oleh molekul - molekul pati. Apabila tanpa adanya pemanasan, kemungkinan terjalin interaksi intermolekuler sangat kecil, sehingga pada saat dikeringkan film menjadi retak. Gelatinisasi dapat terjadi apabila air melarutkan pati yang dipanaskan sampai suhu gelatinisasinya.

(d) Penambahan Plasticizer

Plasticizer merupakan substansi non volatil yang ditambahkan ke dalam suatu bahan untuk memperbaiki sifat fisik dan atau sifat mekanik bahan tersebut. Plasticizer yang digunakan pada penelitian ini gliserol dan sorbitol.

2.2 Pati

Pati adalah polimer kompleks yang terdiri dari rantai panjang molekul glukosa yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik yang ditemukan dalam berbagai sumber tumbuhan dan berperan penting dalam makanan dan industri lainnya (Ginting, M. 2014).

Pati dapat dibedakan menjadi dua tipe utama yaitu amilosa dan amilopektin (Suhardi. 2017). Pati merupakan sumber energi utama bagi tanaman. Pati adalah komponen utama dalam biji-bijian seperti gandum, jagung, dan kentang, serta dalam umbi-umbian seperti singkong. Granula pati terdapat pada biji (jagung,

gandum, beras, sorghum, kacang-kacangan), akar (garut, ubi, singkong), batang (sagu), umbi (kentang), buah, dan daun (tembakau).

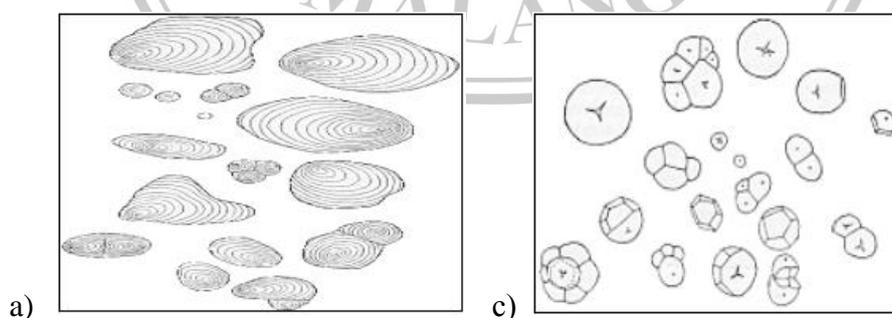
Pati komersial dapat dibedakan menjadi tiga kelompok besar berdasarkan sifat fungsional dan cara produksinya. Ketiga kelompok pertama adalah Pati Tepung yang diperoleh dengan menggiling dan mengeringkan akar, umbi, atau biji-bijian yang kaya akan pati, seperti pati jagung, pati kentang, atau pati gandum. Pati tepung sering digunakan sebagai pengental dalam produk makanan, sebagai bahan baku dalam industri pangan, dan dalam aplikasi teknis lainnya. Kelompok kedua adalah Pati modifikasi mengacu pada pati yang telah mengalami modifikasi struktur kimianya untuk meningkatkan atau mengubah sifat fungsionalnya. Modifikasi dapat melibatkan proses fisik, kimia, atau enzimatik. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kestabilan, kekuatan gelling, resistensi terhadap panas atau pengolahan, dan sifat lainnya. Pati modifikasi sering digunakan dalam industri makanan, farmasi, dan teknis. Kelompok ketiga adalah Pati pengikat atau sering disebut sebagai pati hidrokoloid, digunakan untuk memberikan tekstur dan viskositas pada produk makanan dan minuman. Pati ini biasanya ditambahkan dalam jumlah kecil untuk memberikan kekentalan atau mengontrol tekstur. Contoh pati pengikat meliputi guar gum, xanthan gum, dan carrageenan (Suhardi. 2017).

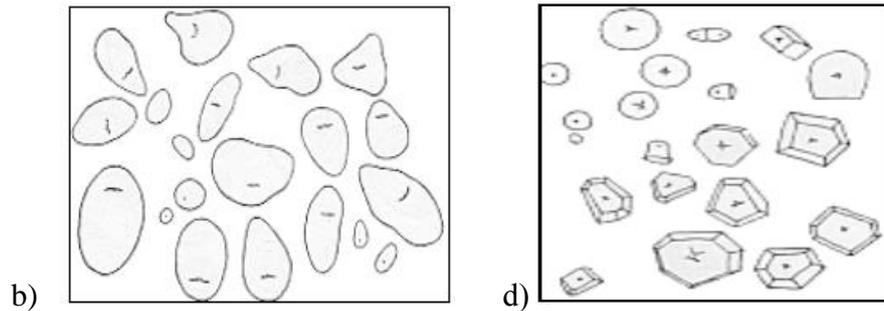
1. Granula Pati

Granula pati adalah bentuk pati yang sering digunakan dalam aplikasi makanan dan industri. Granula pati adalah pati yang dihasilkan dalam bentuk butiran atau granul, granula pati memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda satu sama lain. Perbedaan ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi sumber pati, dengan menggunakan mikroskop polarisasi. Menurut Subagio, A. (2016.), Ukuran granula pati dapat bervariasi. Ukuran granula pati mempengaruhi sifat fungsionalnya dalam aplikasi pangan. Granula yang lebih besar cenderung memberikan tekstur lebih kenyal, sedangkan granula yang lebih kecil dapat memberikan tekstur yang lebih halus dan kental. Selain itu, ukuran granula juga mempengaruhi kemampuan pati untuk membentuk gel dan kemudahan pencernaan dalam proses pengolahan makanan. Beberapa granula pati memiliki sifat gelembung, yang berarti mereka dapat mengembang saat dipanaskan. Granula pati memiliki beragam aplikasi di berbagai industri, terutama dalam industri pangan dan

farmasi. Dalam industri pangan, granula pati sering digunakan sebagai pengental untuk produk seperti saus, selai, dan sup. Saat dipanaskan, granula pati menyerap air dan membentuk gel, memberikan tekstur yang diinginkan pada produk tersebut. Selain itu, granula pati juga digunakan sebagai pengikat dalam produk daging olahan dan sosis, meningkatkan daya rekat dan tekstur. Dalam pembuatan kue dan roti, granula pati dapat berfungsi sebagai pembentuk adonan, meningkatkan elastisitas dan struktur. Dalam industri farmasi, granula pati digunakan sebagai bahan pembantu dalam pembuatan tablet dan kapsul. Sifat granula pati bisa memengaruhi berapa lama pati memerlukan pemanasan untuk mencapai viskositas atau pembentukan gel. Pati dengan granula yang lebih besar mungkin memerlukan waktu lebih lama untuk mengembang dan membentuk gel daripada pati dengan granula yang lebih kecil. Beberapa granula pati telah dipregelatinisasi atau dipanaskan dan diolah sebelum digunakan. Ini dapat mempengaruhi sifat viskositas dan kemampuan pengentalan pati (Subagio, A. 2016).

Granula pati adalah struktur kompleks yang terdiri dari daerah-daerah kristalin dan tidak kristalin, atau amorfus. Transisi antara daerah kristalin dan amorfus terjadi secara gradual. Struktur kristalin dalam granula pati terbentuk melalui gaya ikatan hidrogen yang menghubungkan molekul-molekul pati yang sejajar satu sama lain (Puspita, S., dan Achmad, S. 2016). Keunikan granula pati mengungkapkan bahwa strukturnya yang rumit terdiri dari wilayah kristalin dan non-kristalin, atau amorfus. Perubahan antara kedua jenis struktur ini terjadi secara halus dan bertahap. Lebih menarik, pembentukan struktur kristalin dalam granula pati didorong oleh kekuatan gaya ikatan hidrogen yang menyatukan molekul-molekul pati, menciptakan suatu keteraturan yang mempesona dan kompleks.





Gambar 1 Granula : a) Pati Kentang, b) Pati Garut , c) Tapioka, d) Pati Jagung

Sumber : Puspita, S., dan Achmad, S. (2016)

Daerah kristalin pada kebanyakan pati tersusun atas fraksi amilopektin. Sedangkan fraksi amilosa banyak terdapat pada daerah amorphus. Kompleks amilosa-lipid adalah suatu bentuk ikatan antara amilosa (komponen pati) dengan molekul lipid. Pada pati serealia, terutama pada pati dari biji-bijian seperti gandum, jagung, dan beras, kompleks amilosa-lipid dapat ditemukan dalam granula pati. Kompleks amilosa lipid memperkuat struktur granula pati yang berakibat dapat menghambat pengembangan granula (Azudin, M.N. 2017). granula pati mampu merefleksikan cahaya polarisasi dan menunjukkan pola kristal gelap terang (biru-kuning) dapat dijelaskan melalui fenomena optis yang disebut birifringensi Menurut Azudin, M.N. (2017), Birifringensi granula pati adalah fenomena yang umumnya diamati dalam mikroskopi cahaya polarisasi dan dapat memberikan informasi tentang struktur kristalin dan orientasi molekular dalam granula pati. sifat birefringence pati disebabkan karena granula pati memiliki derajat keteraturan molekular yang tinggi. Intensitas birefringence pati sangat tergantung dari derajat dan orientasi kristal. Pati yang mempunyai kadar amilosa tinggi, intensitas sifat birefringence-nya lemah jika dibandingkan dengan pati dengan kadar amilopektin tinggi.

2. Komposisi kimia pati

Komposisi penyusun utama pati adalah glukosa. Kadar air dalam pati dapat bervariasi, tetapi secara umum, pati mengandung sekitar 10-20% air secara berat (w/w). Kadar air ini dapat mempengaruhi sifat fungsional pati, seperti kemampuannya untuk membentuk gel saat pemanasan dan beberapa elemen minor seperti lemak, protein dan mineral. Menurut Risnoyatiningsih, Sri, (2011) Ketika pati diisolasi dari sumbernya, seperti biji-bijian atau umbi-umbian, beberapa

komponen minor tersebut dapat hadir tergantung pada jenis dan sumber pati tersebut. meskipun elemen minor tersebut terdapat dalam jumlah yang sangat kecil, namun keberadaannya dapat berpengaruh terhadap karakteristik pati. Pati sereal memiliki kandungan lemak lebih tinggi dibandingkan pati non sereal.

Pati sereal mengandung sekitar 0,5-0,8 % lemak sedangkan pati kentang dan tapioka hanya mengandung kurang lebih 0.1% lemak. Lemak terdapat dalam bentuk kompleks dengan amilosa. Komplek lemak-amilosa bersifat tidak larut dalam air, namun akan terdisosiasi apabila dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu. Keberadaan lemak dalam pati dapat berpengaruh terhadap sifat fisik pati. Komplek lemak-amilosa cenderung menghambat pengembangan dan kelarutan pati (Nurhaeni. 2018).

Jenis lemak dalam pati umumnya termasuk dalam jenis lemak polar. Pati dari umbi umumnya cenderung memiliki kandungan lemak yang lebih rendah dibandingkan dengan pati dari biji-bijian. Kandungan protein pada pati sangat kecil. Kandungan protein tapioka dan pati kentang hanya sekitar 0.1% (w/w) sedangkan kandungan protein sereal berkisar 0,3-0,5%. Kandungan mineral pati juga sangat rendah. Kandungan mineral yang banyak terdapat pada pati komersial adalah sodium, kalium, magnesium, kalsium dan fosfor (Fathurrizqiyah, R. 2010).

2.2.1 Komponen Pati

Pati tersusun atas dua jenis unit polimer glukosa yaitu amilosa dan amilopektin. Kedua fraksi tersebut menyusun pati dalam rasio dan struktur yang berbeda antar sumber pati. Amilosa dikenal sebagai fraksi linier, sedangkan amilopektin dikenal sebagai fraksi bercabang. Menurut Kusnandar, F. (2010) struktur dan komposisi kedua fraksi tersebut berperan penting dalam menentukan sifat pati. Keduanya adalah fraksi utama yang membentuk struktur pati, yang merupakan karbohidrat kompleks yang berfungsi sebagai sumber energi penyimpanan pada tanaman. Beberapa tanaman memiliki pati dengan lebih banyak amilosa, sementara yang lain memiliki komposisi yang lebih seimbang atau lebih banyak amilopektin. Kandungan amilosa dalam kebanyakan pati berkisar antara 20% hingga 30%, tetapi nilai ini dapat bervariasi tergantung pada jenis tanaman dan sumber pati. Beberapa jenis tanaman dapat menghasilkan pati dengan kandungan amilosa yang lebih tinggi atau lebih rendah (Kusnandar, F. 2010).

1. Amilosa

Amilosa pada umumnya diasumsikan sebagai bentuk linier dari polimer glukosa. Strukturnya terdiri dari rantai panjang glukosa yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik $\alpha(1\rightarrow4)$. Tidak semua amilosa terdapat dalam bentuk linier, sebagian amilosa juga bercabang. Namun cabang pada amilosa sangat panjang dan sangat sedikit, sehingga molekul amilosa dianggap berperilaku sebagai kesatuan yang tidak bercabang (Kusnandar, F. 2010). Struktur linier amilosa bisa tersusun dari lebih dari 6000 unit glukosa. Sedangkan amilosa yang bercabang biasanya mengandung 3- 20 cabang dengan panjang rata-rata cabang berkisar 500 unit glukosa.

Bobot molekul amilosa sendiri berkisar antara 250.000. Bobot molekul amilosa bervariasi antar spesies bahkan dalam satu spesies dan sangat tergantung dari tingkat kematangan tanaman (Kusnandar, F. 2010). Struktur amilosa yang panjang dan linier memberikannya beberapa karakteristik yang unik. Amilosa mampu membentuk kompleks dengan alkohol organik, iodin, dan asam. Amilosa membentuk kompleks yang tidak larut dengan alkohol dan iodin. Kompleks amilosa dan iodin memberikan warna biru. Kompleks warna biru yang terbentuk sering dijadikan indikator keberadaan pati yang mengandung amilosa. Rantai amilosa cenderung membentuk struktur heliks, di mana molekul-molekul glukosa terpilin satu sama lain. Struktur heliks ini membuat amilosa lebih mudah membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air dan membentuk gel. Amilosa juga memiliki peran dalam stabilitas dan konsistensi produk pangan. Selain itu, amilosa dapat menjadi target untuk modifikasi pati dalam bidang industri pangan untuk meningkatkan sifat-sifat tertentu, seperti daya ikat air, daya serap lemak, dan stabilitas termal. Amilosa dapat stabil dalam larutan bila pH larutan dipertahankan dalam kondisi basa. Hal ini disebabkan adanya muatan positif yang diinduksi grup OH, dan muatan ini pada rantai berdekatan menolak satu sama lain (Fathurizqiyah, R. 2010).

2. Amilopektin

Amilopektin adalah komponen utama dari pati. Sifat utama Amilopektin adalah bentuk bercabang dari polimer glukosa. Strukturnya juga terdiri dari rantai glukosa, tetapi memiliki percabangan melalui ikatan glikosidik $\alpha(1\rightarrow6)$ yang

menghubungkan rantai-rantai glukosa utama dengan rantai-rantai cabang yang lebih pendek. Rantai cabang ini terdiri dari ikatan alfa (1->4) (Boediono, M. 2012).

Amilopektin memberikan tekstur dan kekenyalan pada makanan yang mengandung pati, terutama setelah proses pemanasan dan pendinginan. Ini terkait dengan kemampuannya membentuk gel yang lebih lentur dibandingkan dengan amilosa. Sifat bercabangnya juga memengaruhi sifat reologi pati, seperti viskositas dan kemampuan pembentukan film, yang penting dalam industri pangan. Pati yang mengandung lebih banyak amilopektin cenderung memberikan tekstur yang lebih kenyal dan lembut pada produk makanan, seperti kue, roti, dan mie. Dalam pati secara keseluruhan, amilopektin dan amilosa saling berinteraksi untuk membentuk struktur granula pati yang kompleks (Supriyadi, D. 2012).

2.2.2 Sifat Pati

Rasio amilosa dan amilopektin pada pati memegang peranan penting dalam penentuan sifat pati. Identifikasi sifat pati penting dalam menentukan proses, kondisi penyimpanan, atau pemilihan jenis pati yang tepat untuk diaplikasikan.

1. Gelatinisasi

Gelatinisasi merupakan istilah yang digunakan untuk menerangkan serangkaian kejadian tidak dapat balik yang terjadi pada pati saat dipanaskan dalam air. Syarat utama terjadinya gelatinisasi adalah adanya pati, air, dan pemanasan. Namun tidak semua kombinasi ketiga faktor tersebut menghasilkan gelatinisasi. Terdapat minimum jumlah air dan suhu pemanasan tertentu yang harus tercapai. Pati murni bersifat tidak larut dalam air dingin atau air dengan suhu di bawah suhu gelatinisasinya. Saat pati ditambahkan pada air dingin, molekul air akan berpenetrasi secara bebas ke dalam granula pati. Dalam kondisi ini, pati hanya mampu menyerap air sebanyak 30% dari bobot keringnya. Secara umum, kemampuan pati untuk menyerap air dikaitkan dengan sifat-sifat hidrofiliknya. Namun, tingkat penyerapan air dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk jenis pati, suhu, dan kondisi lingkungan lainnya. Beberapa pati mungkin memiliki kapasitas penyerapan air yang lebih tinggi, sementara yang lain mungkin memiliki kapasitas yang lebih rendah (Ayu, H. 2015). Granula pati hanya akan sedikit mengembang dalam air dingin (sekitar 10-15% dari diameter semula). Pengembangan granula pati dalam air dingin bersifat dapat balik. Jika pati

dikeringkan kembali, granula akan menyusut dan kembali ke ukuran semula. Ketika granula pati dipanaskan dalam air, air memasuki granula pati dan terjadi pembengkakan serta penyerapan air oleh pati. Selama proses ini, suhu yang diperlukan untuk memicu gelatinisasi pati disebut sebagai suhu awal gelatinisasi (Haryanto. 2013).

Pada suhu awal gelatinisasi, granula pati mulai membengkak karena air masuk ke dalam struktur pati. Pembengkakan ini terjadi karena ikatan-ikatan antar rantai glukosa dalam amilosa dan amilopektin menjadi lebih fleksibel. Granula pati menyerap lebih banyak air selama pemanasan. Pengembangan pertama terjadi di daerah amorphous, karena ikatan hidrogen pada daerah ini lebih lemah dibandingkan daerah kristalin. Selanjutnya pengembangan granula mulai mengganggu keteraturan struktur granula pati, yang menyebabkan mulai hilangnya sifat birefringence. Menurut Kalsum, N. dan Surfiana (2013). suhu dimana sifat birefringence granula pati mulai menghilang dihitung sebagai suhu awal gelatinisasi. Seiring mengembangnya ukuran granula pati, fraksi amilosa mulai keluar dari granula. Namun granula pati belum pecah karena masih tertahan oleh misel yang belum terganggu atau rusak oleh hidrasi air dan pemanasan. Viskositas larutan meningkat karena semakin banyak air yang terperangkap dalam granula. Hidrasi air berkelanjutan mulai merusak struktur kristalin. Rusaknya struktur kristalin menyebabkan hilangnya ikatan yang mampu menahan struktur granula pati. Sifat birefringence hilang, granula pati mulai pecah, dan viskositas larutan akan menurun. Secara singkat perubahan fisik yang terjadi selama gelatinisasi adalah mengembangnya granula pati yang diiringi dengan meningkatnya kekentalan, terlarutnya fraksi amilosa pati (bobot molekul rendah).

2. Suhu Gelatinisasi

Gelatinisasi terjadi jika suhu gelatinisasi telah tercapai. Suhu gelatinisasi pati bervariasi tergantung pada jenis pati dan sumber tumbuhan dari mana pati tersebut berasal. Suhu gelatinisasi juga dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk tingkat kelembaban dan konsentrasi pati dalam larutan. Suhu gelatinisasi juga dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk tingkat kelembaban dan konsentrasi pati dalam larutan (Palupi. 2015). Menurut Hariyanto, B. (2014), Suhu gelatinisasi juga dipengaruhi oleh associative force dalam granula pati. Asosiasi

molekuler dalam granula pati melibatkan interaksi antara molekul-molekul pati, termasuk amilosa dan amilopektin. Ukuran granula pati dan ketebalan dinding granula juga dapat memengaruhi suhu gelatinisasi. Granula yang lebih besar atau dengan dinding yang lebih tebal mungkin memerlukan suhu yang lebih tinggi untuk memulai gelatinisasi. Semakin tinggi suhu gelatinisasi suatu jenis pati menunjukkan semakin tinggi gaya ikat dalam granula pati tersebut. Kekuatan asosiatif antara molekul-molekul pati dapat mempengaruhi sejauh mana granula pati harus diubah menjadi bentuk gelatin pada suhu tertentu.

Suhu gelatinisasi tidak mempunyai hubungan jelas dengan kandungan amilosa pati, karena pati normal dan pati dengan kandungan amilosa yang sangat rendah dari spesies yang sama dapat memiliki rentang suhu gelatinisasi yang serupa. Ini menunjukkan bahwa faktor-faktor lain, seperti struktur granula pati, distribusi berat molekul, dan jenis ikatan dalam pati, juga dapat berperan dalam menentukan suhu gelatinisasi (Hartiati, A. 2019). Tetapi setelah mencapai suhu gelatinisasi sifat pati tergelatinisasi tergantung pada fraksi pati yaitu amilosa dan amilopektin. Baik amilosa maupun amilopektin memiliki peran yang signifikan dalam proses gelatinisasi pati. Misalnya, pati dengan kandungan amilosa yang tinggi cenderung memiliki suhu gelatinisasi yang lebih rendah (Nisah, K. 2018). Suhu gelatinisasi untuk beberapa jenis pati umum adalah pati jagung suhu gelatinisasi biasanya berkisar antara 60 °C hingga 72 °C. Pati Kentang suhu gelatinisasi berkisar antara 58 °C hingga 65 °C. Pati Tapioka suhu gelatinisasi berkisar antara 62 °C hingga 72 °C.

3. Retrogradasi

Retrogradasi adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan fenomena rekristalisasi pati yang tergelatinisasi. Beberapa perubahan sifat reologi yang terjadi karena proses retrogradasi antara lain adalah meningkatnya kekerasan atau kerapuhan. Selama penyimpanan, retrogradasi dapat terlihat dari hilangnya sifat pengikatan air dan terbentuknya kembali fraksi kristalin. Berbeda dengan fraksi kristalin pada pati yang utamanya tersusun oleh amilopektin, penyusun utama struktur kristalin pati teretrogradasi adalah amilosa. Fenomena yang terjadi akibat retrogradasi. Fenomena-fenomena tersebut antara lain: 1). meningkatnya viskositas, 2). meningkatnya kekeruhan, 3). terbentuknya lapisan tak larut pada pasta panas,

4). terbentuknya endapan partikel pati yang tidak larut, 5). terbentuknya gel, dan 6). keluarnya air dari pasta (sineresis). Retrogradasi adalah fenomena yang terjadi pada pati setelah mengalami gelatinisasi dan kemudian didinginkan. Ini melibatkan pengaturan kembali rantai glukosa dalam pati yang sebelumnya terbentuk menjadi bentuk gelatin, sehingga kembali menjadi struktur yang lebih padat. Retrogradasi dapat memengaruhi tekstur dan sifat fungsional produk yang mengandung pati. Beberapa faktor yang mempengaruhi peristiwa retrogradasi adalah tipe pati, konsentrasi pati, prosedur pemasakan, suhu, waktu penyimpanan, pH, prosedur pendinginan, dan keberadaan komponen lain. Pemahaman retrogradasi pati penting dalam industri pangan untuk mengelola sifat-sifat produk yang berkaitan dengan tekstur dan stabilitas. Beberapa teknologi formulasi dan pengolahan dapat digunakan untuk mengurangi dampak retrogradasi pada produk pangan (Faridah dan Jenie. 2016).

Retrogradasi lebih mudah terjadi pada suhu rendah dan konsentrasi pati tinggi. Kecepatan retrogradasi optimum pada pH 5-7 dan menurun pada pH dibawah atau diatas rentang pH tersebut. Retrogradasi tidak terjadi pada pH diatas 10 dan sangat lambat pada pH dibawah 2. Fraksi pati yang berperan pada peristiwa retrogradasi adalah fraksi amilosa. Fraksi amilosa yang terlarut dapat berikatan satu sama lain membentuk agregat yang tidak larut air. Dalam larutan (konsentrasi pati rendah), agregat amilosa akan membentuk endapan. Pada konsentrasi pati lebih tinggi agregat amilosa akan memerangkap air dan membentuk gel. Ukuran fraksi amilosa juga berperan penting terhadap laju retrogradasi. Retrogradasi akan optimum pada fraksi amilosa pada derajat polimerisasi 100-200 unit glukosa. Fraksi amilopektin kurang berperan dalam peristiwa retrogradasi. Amilopektin bisa mengalami retrogradasi pada kondisi ekstrim, misalnya pada konsentrasi pati tinggi, atau pada suhu pembekuan. Peristiwa staling pada roti adalah salah satu contoh retrogradasi yang disebabkan oleh amilopektin. Jenis pati juga berpengaruh terhadap laju retrogradasi. Pati sereal lebih cepat mengalami retrogradasi dibandingkan pati kentang atau tapioka (Faridah dan Jenie. 2016).

Kadar amilosa yang tinggi dapat meningkatkan kecenderungan pati untuk mengalami retrogradasi. Amilosa memiliki kecenderungan untuk membentuk struktur kristalin yang lebih padat saat mengalami pendinginan setelah proses

pemanasan. Oleh karena itu, pati dengan kadar amilosa tinggi lebih rentan terhadap fenomena retrogradasi. Ukuran molekul amilosa juga dapat mempengaruhi retrogradasi. Amilosa dengan ukuran molekul kecil, dalam rentang DP (Degree of Polymerization) 200-1200, cenderung lebih mudah membentuk struktur kristalin saat mengalami pendinginan. Kandungan lemak dalam pati dapat memengaruhi proses retrogradasi. Lemak dapat berinteraksi dengan pati, menghambat pembentukan struktur gelatin pati, dan pada gilirannya, meningkatkan kecenderungan retrogradasi. Selain itu, lemak juga dapat membentuk kompleks dengan amilosa, yang dapat memengaruhi sifat-sifat gelatin pati. Faktor lain, seperti suhu dan kelembaban penyimpanan, juga dapat mendukung terjadinya retrogradasi. Penyimpanan pada suhu rendah dan kondisi kelembaban tertentu dapat meningkatkan kecenderungan pati untuk mengalami retrogradasi (Haryadi, dan Cahyo, M.N., 2015).

2.2.3 Pati Sebagai Bahan Baku Edible

Pati adalah zat karbohidrat yang melimpah di alam dan berfungsi sebagai sumber energi utama bagi tumbuhan, hewan, dan manusia. Pati terkandung dalam sel tumbuhan dalam bentuk granula mikroskopis yang terdiri dari dua jenis polimer glukosa, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa adalah elemen minor dari pati dan memiliki struktur linear yang dibentuk oleh ikatan $-1,4$ glikosidik dengan derajat polimerisasi antara 100-1000 unit glukosa. Amilopektin juga dibentuk oleh ikatan $-1,4$ glikosidik namun memiliki cabang pada ikatan $-1,6$ glikosidik. Rasio amilosa dan amilopektin dalam pati sangat bervariasi dan sangat mempengaruhi kelarutan, kekentalan, pembentukan gel, dan suhu gelatinisasi dari pati (Martinez dkk., 2014).

2.3 Pati Jagung Dalam Pembuatan Edible Film

Pati merupakan jenis polisakarida yang potensial untuk membuat edible dengan karakteristik fisik yang mirip plastik, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Bahan pembuat film edible yang terbuat dari pati telah banyak dilakukan, seperti menggunakan pati aren, jagung, ubi jalar, dan talas (Pangesti dkk., 2014). Penggunaan pati sebagai bahan baku pembuat edible memiliki kemampuan yang baik untuk melindungi produk dari oksigen, karbondioksida, minyak, dan meningkatkan kesatuan struktur produk. Namun, kelemahan pati adalah sifat hidrofiliknya yang membuat film yang dihasilkan menjadi rapuh, permeabilitas uap

air tinggi, dan kurang fleksibel. Oleh karena itu, diperlukan usaha untuk memperbaikinya (Warkoyo dkk., 2014).

Dari berbagai jenis pati, pati jagung merupakan salah satu jenis pati yang mengandung komponen hidrokoloid yang dapat dimanfaatkan untuk membentuk matriks film. Pati jagung memiliki kadar amilosa yang tinggi sekitar 25%, sehingga mengembangkan potensi kapasitas pembentukan film dan menghasilkan film yang lebih kuat dari pati yang mengandung lebih sedikit amilosa (Kusumawati dkk., 2013). Pati jagung dipilih sebagai bahan utama pembentuk film karena sifat higroskopisnya lebih rendah pada RH 50% sekitar 11%, dibandingkan dengan pati singkong (13%), pati beras (14%), maupun pati kentang (18%). Selain itu, pati jagung mengandung amilosa sebesar 27%, sementara pati kentang hanya 22% dan pati singkong hanya 17%. Amilosa berperan dalam kelenturan dan kekuatan film pada sediaan edible (Amaliya dkk., 2014).

2.4 Alginate Dalam Pembuatan Edible Film

Edible film adalah suatu lapisan yang tipis dan dapat berfungsi sebagai pengemas atau pelapis pada makanan yang juga dapat dimakan bersama dengan produk yang dikemas. Film ini dibuat dari bahan yang dapat dikonsumsi dan aditif pangan yang bersertifikat. Bahan yang digunakan dalam pembuatan film ini adalah protein, polisakarida (karbohidrat dan gum), atau lipid yang biasa ditemukan pada makanan sehari-hari. Edible film dapat digunakan sebagai pengemas bahan pangan dan produk pangan. Salah satu bahan yang sering digunakan adalah alginat yang diambil dari rumput laut jenis *sargassum* sp. Selain itu, tepung rumput laut *gracilaria* juga digunakan karena memiliki kandungan selulosa yang tinggi sehingga dapat menghasilkan Edible film dengan kekuatan yang baik. Keuntungan menggunakan rumput laut sebagai bahan pembuatan adalah dapat diproduksi dalam jumlah banyak, harga yang terjangkau, dan bersifat non-toksik sehingga dapat menghasilkan kemasan yang mirip dengan kemasan konvensional.

2.5 Jahe Emprit Dalam Pembuatan Edible Film

Edible film merupakan kemasan yang dapat digunakan untuk melindungi produk pangan dan aman untuk dikonsumsi karena terbuat dari bahan alami. Kemasan ini juga bersifat biodegradable dan bertindak sebagai penghalang terhadap transfer uap air dan oksigen. Pati jagung, yang mengandung komponen

hidrokoloid, dapat membentuk matriks film. Kandungan amilosa yang tinggi sekitar 25% pada pati jagung meningkatkan kapasitas pembentukan film dan menghasilkan film yang lebih kuat daripada pati yang mengandung lebih sedikit amilosa (Kusumawati dkk., 2013). Zat aktif yang dapat berfungsi untuk meningkatkan stabilitas dan mempertahankan nutrisi produk pangan dengan melindungi produk dari ketengikan oksidatif. Jahe emprit merupakan sumber antioksidan alami yang banyak mengandung komponen fenolik aktif seperti sogaol, gingerol, dan gingerone. Komponen ini memiliki efek antioksidan yang lebih besar dari Vitamin E dan bersifat antikanker (Hidayat dan Rodame, 2015).

