

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Buah Tomat

Salah satu buah yang paling penting bagi manusia adalah tomat. Dalam upaya pemenuhan permintaan pasar, Indonesia berusaha untuk meningkatkan kualitas produksi tomat setiap tahunnya. Peningkatan produksi tomat dilakukan dengan memperluas budidaya tomat. Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan bahwa penjualan tomat Indonesia sekitar 1,11 juta ton saat 2021. Keseluruhan ini naik 2,72 persen dari 1,08 juta ton pada tahun sebelumnya. Tahun lalu, penjualan tomat juga mencapai tahap tertinggi dalam sepuluh tahun terakhir. Dengan 292.309 ton, Jawa Barat merupakan daerah penghasil tomat terbesar di Indonesia yang diikuti oleh Jawa Tengah dengan 77.297 ton. Sedangkan sebanyak 66.711 ton diproduksi di Sulawesi Utara.



Gambar 2.1. Buah Tomat  
(Sumber: Hasil dokumentasi pribadi)

Tomat hanya dapat dipanen sekali karena tomat ditanam setahun sekali,. Tanaman ini berbentuk semak atau perdu yang dapat tumbuh hingga 2 meter. Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum*) diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok berikut (Aprilah, 2016):

Kingdom : *Plantae*  
 Divisio : *Spermatophyta*  
 Classis : *Dycotiledone*  
 Ordo : *Tubiflorae*  
 Familia : *Solanaceae*  
 Genus : *Lycopersicon*  
 Spesies : *Lycopersicon esculentum* Mill.

Tomat hadir dalam berbagai bentuk, warna, rasa, dan tekstur. Bentuk buah pada **Gambar 2.1.** tomat Ada yang lonjong, pipih, keriting, atau berbentuk bola lampu bergantung pada pigmen yang dominan, buah yang matang bisa berwarna kuning, oranye, atau merah. Selain itu, rasanya bisa berkisar dari asam hingga manis. Seluruh buahnya berdaging dan mengandung banyak air. Funiculus, pericarp, plasenta, dan biji adalah bagian-bagian dari buah tomat. Pericarp terdiri atas eksokarp, mesokarp, dan endokarp. Dinding perikarp dan kulit buah yang membentuk eksokarp merupakan lapisan terluar buah yang mengandung warna buah. Lapisan terdalam adalah mesokarp yang merupakan membran yang terdiri atas parenkim dengan kumpulan pembuluh darah (jaringan tertutup) dan lapisan lokula bersel tunggal. Biji, plasenta, dan kolumela membentuk endokarp merupakan lapisan paling dalam (Rancic *et al.*, 2010).

Salah satu pangan fungsional masyarakat yang dapat diolah maupun dimakan tanpa diolah adalah buah tomat. Buah tomat menurut Usman (2020) mengandung nutrisi seperti pada di **Tabel 2.1.** yang terdiri dari likopen, vitamin A, vitamin C, solanin, sapomin, asam malat, asam sitrat, asam folat, bioflavonoid, dan histamin, selain sebagai sumber protein, lemak, vitamin, dan mineral. Di samping itu, tomat mempunyai antioksidan yang secara efektif mengendalikan radikal bebas, sehingga mencegah penyakit kardiovaskular.

Tabel 2.1 Nilai Nutrisi Per 100 Gram Tomat

<b>Nutrisi</b>	<b>Satuan</b>	<b>Kandungan</b>
Vitamin C	Mg	22,8
Vitamin B-6	G	0,078
Vitamin A	IU	489
Vitamin E	Mg	0,56
Vitamin K	Mg	2,8
Asam Folat	µg	13
Lycopene	Mg	3,041
B-carotene	Mg	293
Lutein	Mg	94

Sumber : *Nutrient Data Laboratory 2001*

Tomat kaya akan zat bergizi yang digunakan dalam tumbuh kembang dan kesehatan manusia. Buah tomat ini bermanfaat untuk meningkatkan kekebalan tubuh, pembentukan sel darah merah, membantu penyerapan makanan dalam pencernaan serta menurunkan tekanan darah, mencegah penyakit kanker prostat. Oleh karena itu, mempelajari lebih lanjut tentang efek tomat terhadap kanker prostat akan sangat menarik. Kandungan likopen pada tomat bermanfaat dalam pencegahan penyakit-penyakit dan bermanfaat untuk pertumbuhan (Novaldy, 2016).

Pemanenan pada buah tomat ini dapat dilakukan satu persatu setiap buah yang akan siap dipetik dan dipilih sesuai dengan kriteria buah tomat yang masak. Kriteria dari buah tomat yang optimal dapat dilihat dari ukuran buah tomat, warna dari buah tomat yang kulit buahnya berubah warna hijau menjadi kekuningan atau kemerahan. Keadanan tepi daun yang kering serta batang dari tanaman tomat mulai mengering. Kegiatan memanen pada buah tomat dapat dilakukan dengan menggunakan alat panen seperti pisau agar pada saat memanen tomat tidak menghancurkan buah tomat. Pemanenan buah tomat harus diperhatikan dengan baik dan dilakukan dengan cara yang benar agar tidak menurunkan kualitas hasil

panen tomat karena jika pemanenan tidak dilakukan dengan baik akan menyebabkan mutu hasil panen turun sebesar 10% (Yanti *et al.*, 2016)

Tomat dapat dipanen 60 hingga 90 hari setelah ditanam. Pemetikan buah pada saat dipanen sebaiknya saat pagi maupun sore sebab tanaman tomat berfotosintesis pada siang hari. Saat buah tomat dipanen untuk diproses, buah tomat harus dalam keadaan segar, dipetik dari buah tomat yang sudah matang di pohon dan berwarna merah seperti buah tomat pada umumnya. Apabila tomat digunakan untuk pemasaran jarak jauh, tomat harus dipetik ketika buah tomat masih berwarna hijau. Sedangkan untuk pemasaran dekat, tomat harus dipetik ketika buah tomat sudah berwarna kekuningan (Manurung, 2015).

Tabel 2.2 Pengelompokan Standar Mutu Tomat

Kualitas buah	Keterangan
Tomat ukuran besar	>150 gram/buah
Tomat ukuran sedang	100-150 gram/buah
Tomat ukuran kecil	< 100 gram/buah

Sumber SNI 01-3162-1992.

Pengelompokan standar mutu buah tomat dilihat dari buah yang masih utuh, segar, dan bersih dianggap sebagai buah tomat segar, menurut Standar Mutu Indonesia pada **Tabel 2.2** tomat yang berukuran besar memiliki berat >150 gram/buah, tomat yang berukuran sedang memiliki berat 100-150 gram/buah dan tomat yang berukuran kecil besar memiliki berat <100gram/buah. Macam-macam tomat dianggap seragam jika buah tomat berbentuk khas, misalnya bulat, elips, bulat rata, lonjong dan berlekuk, serta warna kulit buah berwarna hijau, kuning, atau kemerahan. Ketika buah tomat telah matang dengan sempurna, maka tekstur daging buah akan menjadi lembut.

## B. Fisiologi Pasca Panen Buah Tomat

Kerusakan dapat terjadi pada tanaman hortikultura seperti tomat. Ini adalah hasil dari proses metabolisme yang terus berlangsung bahkan setelah tomat dipanen atau disimpan. Interaksi ini akan menghasilkan siklus pelemahan yang menyebabkan buah cepat membusuk. Oleh karena itu, penting untuk memperhitungkan elemen-elemen yang dapat meningkatkan kualitas dan potensi penyimpanan buah tomat. Menurut perkiraan dari 20% hingga 50%, penanganan yang salah menyebabkan kerusakan pascapanen pada buah tomat (Prasotio, 2015).

Susilowati *et al.*, (2017) menyatakan bahwa tanaman yang mengalami pergerakan protein dan korosif askorbat pada tanaman tersebut akan mengalami penurunan kadar asam L-askorbat. Sayuran dan buah-buahan yang diproduksi adalah contoh makhluk hidup. Akibatnya, setelah dipanen, proses metabolisme akan terus berlangsung sehingga menyebabkan perubahan komposisi dan kualitas. Air, mineral, dan cairan tanaman yang mengandung bahan fotosintesis dapat menggantikan kehilangan yang disebabkan oleh transpirasi pada tanaman yang masih hidup. Setelah terkumpul dan tidak ada substitusi, kekurangan substrat dan air dapat digantikan dan sistem yang melemah dimulai. Tidaklah mengherankan jika kualitas menurun karena kerusakan atau penuaan. Bagaimanapun, siklus disintegrasi membuat item lebih rentan terhadap serangan mikroorganisme.

Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) selama proses pematangan akan melunak. Hal ini secara langsung berkaitan dengan bagaimana dinding sel berubah saat buah matang, mengubah susunan dinding sel. Komponen agar-agar yang ditemukan di dinding sel dan lamela yang tidak larut dalam air selama proses

pematangan, akan diubah menjadi komponen agar-agar yang larut dalam air oleh katalisator protopektinase. Pertumbuhan sel dan penurunan turgor juga merupakan faktor dalam modifikasi kekerasan ini, selain perubahan pada dinding sel (Pujimulyani, 2009).

Masalah mendasar pada tomat adalah tomat cepat rusak akibat benturan mekanis dan memiliki kadar air yang tinggi yang memungkinkan katalis dan mikroba pembusuk untuk bekerja. Setelah panen, penanganan yang memadai diperlukan karena kulit tomat sangat rentan terhadap kerusakan akibat gesekan atau goresan (Rahmawati *et al.*, 2011). Tomat rentan terhadap kerusakan karena kadar airnya yang tinggi yang dapat mempercepat kerusakan dan menyebabkan tomat memiliki masa simpan yang pendek, cepat berubah warna dan bentuk, serta lebih rentan terhadap serangan mikroba (Breemer *et al.*, 2017).

Buah-buahan dapat menyusut secara fisik (dalam hal berat), kualitatif (dalam hal bentuk, warna, dan tekstur), dan nutrisi (dalam hal jumlah asam organik dan vitamin) setelah dipanen atau disimpan. Tomat memiliki keunikan tersendiri karena tidak tahan terhadap penyimpanan, sehingga diperlukan penanganan yang tepat untuk menjaga kualitasnya. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mempertahankan sifat alami makanan berdaun termasuk: hasil panen harus ditangani dengan benar, suhu tempat penyimpanan harus dikontrol, lilin harus dioleskan pada kulit buah, bahan kimia harus digunakan untuk membersihkan, kelembaban harus dikontrol, dan atmosfer harus dikontrol (Breemar *et al.*, 2017).

### ***C. Edible Coating***

Kualitas dan kuantitas kerusakan akan berkurang dengan penanganan setelah pemanenan. Cara yang tepat untuk menangani paska pemanenan memiliki tujuan untuk menjaga hasil panen baik dan layak dimakan atau diproses menjadi bahan baku. Nilai jual dapat ditingkatkan, masa simpan dapat diperpanjang, produk dapat dilindungi dari kerusakan, dan konsumen dapat tertarik. Metode pelapisan yang dapat dimakan merupakan cara yang digunakan dalam pencegahan rusaknya buah (Siburian, 2015).

Kinasih (2019) mendefinisikan *edible coating* sebagai lapisan tipis yang tersusun dari sesuatu yang bisa dimakan. Lapisan yang dapat dikonsumsi dapat membingkai batas pertahanan pada makanan karena berfungsi sebagai penghalang yang dapat menahan kelembaban, dapat ditembus oleh gas tertentu, dan memiliki kontrol atas pergerakan bagian yang larut dalam air yang dapat menyebabkan perubahan pada kreasi yang bergizi. Buah dan sayuran dilapisi dengan pelapis yang dapat dimakan untuk mengurangi kelembaban, memperbaiki penampilan, mencegah pertukaran gas antara produk dan lingkungan atau sebaliknya, dan memberikan sifat antijamur dan antimikroba.

*Edible coating* dapat terurai secara hayati, dapat dimakan, dan biokompatibel. Selama pengangkutan dan penyimpanan, pelapis yang dapat dimakan yang terbuat dari protein, lipid, polisakarida (karbohidrat), dan oksigen juga dapat bertindak sebagai penghalang. Anugrah (2013) mengatakan bahwa pelapis *edible coating* polisakarida memperlambat laju respirasi pada buah dan sayuran dengan bertindak sebagai membran permeabel yang hanya memungkinkan pertukaran gas  $O_2$  dan  $CO_2$ .

Terlepas dari manfaatnya, *edible coating* yang dapat dimakan memiliki kekurangan. Karena ketahanannya yang rendah terhadap air dan sifat penghalang yang rendah terhadap uap air, film pati, misalnya, rentan terhadap kerusakan dan sobekan. Film pati juga memiliki sifat mekanik yang buruk karena elastisitasnya yang rendah. Pati biasanya dikombinasikan dengan biopolimer hidrofobik atau bahan kedap air seperti kitosan untuk meningkatkan sifat-sifatnya (Garcia *et al.*, 2011).

Selama pengangkutan dan penyimpanan, pelapis yang dapat dimakan yang terbuat dari protein, lipid, polisakarida (karbohidrat), dan oksigen juga dapat bertindak sebagai penghalang. Anugrah (2013) mengatakan bahwa pelapis edible coating polisakarida memperlambat laju respirasi pada buah dan sayuran dengan bertindak sebagai membran permeabel yang hanya memungkinkan pertukaran gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>.

Dengan mengontrol bagian gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> di lingkungan dalam, aplikasi pelapis polisakarida memiliki kontrol atas kekeringan, oksidasi lemak, permukaan yang gosong, dan laju napas. Keuntungan yang berbeda dari pelapis berbasis polisakarida adalah rasa, permukaan, dan variasi yang dikembangkan lebih lanjut, kesehatan yang diperluas selama kesepakatan dan kapasitas, penampilan yang dikembangkan lebih lanjut, dan tingkat kerusakan yang lebih rendah namun memiliki kekurangan seperti adanya pengotor yang terikut dalam larutan (Afiqoh, 2018).

Menurut Warsiki dan Nurmala (2013) *edible coating* yang terbuat dari bahan polimer memiliki sifat yang aman dan dapat dikonsumsi. *Edible coating* ini

yang dibentuk dengan membungkus produk di antara komponen produk yang bertindak sebagai penghalang perpindahan massa untuk uap air, gas, zat terlarut, cahaya, dll. *Edible coating* merupakan salah satu metode pengawetan makanan yang lebih baru menggunakan bahan kemasan yang aman.(Winarti *et al.*, 2012).

Ukuran efektivitas *edible coating* ialah sejauh mana mampu berfungsi sebagai penghalang buatan yang menciptakan kondisi yang memperlambat perubahan kualitas produk merupakan. Banyak modifikasi pada berbagai faktor organoleptik dan kualitas produk lainnya. Karakteristik organoleptik suatu produk sangat penting karena terkait dengan persetujuan konsumen (Herliany *et al.*,2013).

Pada penelitian kali ini pembuatan larutan *edible coating* menggunakan gelatin dan kitosan yang diperoleh dari limbah sisik ikan gurami. Menggunakan beberapa perbandingan konsentrasi yang beracuan pada studi sebelumnya yang dilaksanakan oleh Erizal, *et al.* (2013) yaitu dengan ukuran pembanding persen volume (mL/mL) gelatin (G) pada kitosan (Ks) yaitu 1:0 ; 3:1 ; 1:1 ; 1:3 dan 0:1. Dan menggunakan waktu pencelupan yang bervariasi buah tomat selama 5, 10, dan 15 menit yang sesuai dengan studi terdahulu oleh Novita, *et al.*, (2012) dan Dewanti (2016).

#### **D. Sisik Ikan Gurame**

Limbah filet ikan gurami terdiri dari sisik, kepala, tulang, sirip, dan jeroan. Menurut Nur dan Asy'ari (2020), sisik ikan gurami mengandung air, protein, abu, lemak dan kitin. Ekstrak sisik ikan gurami mengandung kolagen yang merupakan bagian derivat dari protein. Kolagen dari sisik ikan gurami mudah dicerna dan diserap (Krismariono *et.al.*, 2020). Lebih lanjut Bargowo *et.al.*, (2021)

menyebutkan bahwa kolagen tipe I dapat ditemukan dalam ekstrak sisik gurami. Kolagen hasil ekstraksi sisik gurami yang didenaturasi pada suhu 36,5°C sangat mirip dengan kolagen mamalia. Kolagen dari sisik gurami bersifat biokompatibel, *biodegradable*, dan porositasnya tinggi (Tanggih, *et.al.*, 2021).



Gambar 2.2 Sisik Ikan Gurami  
(Sumber: Hasil dokumentasi pribadi)

Menurut Aziz, *et al.*, (2017) sisik ikan adalah komponen dari sistem integumen, yang melindungi hewan dari lingkungannya. Lapisan kulit paling bawah mengandung sisik. Ikan dilindungi oleh lapisan lendir antiseptik di samping sisiknya. Pada **Gambar 2.2**, sisik ikan gurami memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda dan dapat dipisahkan menjadi 4 jenis, yaitu ganoid, sikloid, ctenoid, dan plasoid. Alkaloid, steroid, saponin, fenol, proksimat, kalsium, kitin, dan zat-zat lain telah ditemukan dalam sisik ikan. Sisik ikan gurami mengandung 33,4% air, 22,5% abu, 0,55% lemak, dan 35,35% protein, menurut sebuah penelitian pada tahun 2016. Sisik ikan dapat digunakan untuk mengekstrak kitosan.

Sisik ikan memiliki kesamaan dengan struktur lain seperti gigi, tulang, dan tendon berminyak. Kolagen, mineral (hidroksiapatit), dan air membentuk sebagian besar material (Torres *et al.*, 2007). Jenis sisik ikan memiliki jumlah protein yang

berbeda. Basu *et al.*, (2008) menjelaskan bahwa komponen utama sisik ikan adalah protein dalam bentuk kolagen atau keratin. Terdapat banyak senyawa organik dalam sisik ikan, seperti protein (kolagen dan ichtylepidin) yang berkisar antara 41-44%. Selain itu, Nagai *et al.*, (Menurut sebuah studi tahun 2004, sisik ikan terdiri dari 70% air, 27% protein, 1% lemak, dan 2% abu. Selain itu, menurut Yogaswari (2009), kandungan protein sisik ikan berkisar antara 29,8 hingga 40,9%.

Sisik ikan gurami menjadi pilihan yang dapat dimanfaatkan sebagai kitosan selain dari cangkang hewan *crustacea*. Selama ini sisik ikan hanya dianggap sebagai limbah yang dapat mencemari lingkungan sekitar. Namun penelitian lebih lanjut mengungkapkan bahwa sisik ikan mengandung komponen yang bermanfaat seperti kitosan (Ramadhani *et al.*, 2021). Menurut Rumengan *et al.* (2018) menjelaskan bahwa sisik ikan mengandung kitosan yang dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti bahan pengawet dalam bidang pangan, kesehatan, dan pertanian untuk menurunkan kadar logam dalam air.

Menurut Wijaya *et.al.*, (2021), kolagen dari ikan lebih disukai dalam industri pangan sebab mempunyai aroma kolagen yang lemah. Selain itu, dibandingkan dengan sisik ikan lainnya, komposisi kimiawi sisik dan tulang gurami cukup tinggi, terutama protein. Berdasarkan temuan Nagai *et al.*, (2004), sisik ikan terdiri dari 70% air, 27% protein, 1% lemak, dan 2% abu. Dalam sisik ikan, senyawa organik terdiri dari 40 hingga 90%, dan sisanya adalah kolagen. Penstabil, pengental, pengemulsi, agen pembentuk gel, pelapis yang dapat dimakan, mikroenkapsulasi, dan agen pembusa semuanya dibuat dengan gelatin dalam industri makanan (Atma, 2016).

Produksi turunan peptida bioaktif melalui penggunaan gelatin atau kolagen yang berasal dari limbah ikan, seperti yang dinyatakan oleh Atma (2016). Hal ini jelas menjadikan limbah penanganan ikan sebagai bahan yang potensial karena selain sebagai sumber gelatin (saat ini), limbah ini juga dapat digunakan sebagai sumber peptida bioaktif yang akan dikenal oleh semua kalangan, terutama masyarakat Indonesia.

#### **E. Kitosan**

Kitosan adalah produk yang berasal dari polimer kitin dan sering ditemukan dalam limbah pengolahan industri perikanan. Kandungan kitin pada sisik ikan baru-baru ini telah dipekatkan oleh Rumengan *et al.*, (2017) yang dapat ditingkatkan menjadi kitosan secara intensif melalui siklus deasetilasi. Kitosan memiliki senyawa yang mengandung antimikroba maka dari itu kitosan dapat digunakan sebagai kemasan produk pangan segar. Meng *et al.*, (2010) mengungkapkan bahwa penggunaan pembalut kitosan pasca panen mempengaruhi kerusakan buah pasca panen.

Aktivitas antimikroba kitosan yang dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme berbahaya dan sifat pelapisnya yang sangat baik, yang meminimalkan interaksi produk dengan lingkungannya, diyakini dapat memperpanjang umur simpan produk segar (Kim, 2011). Menurut Nurhayati dan Agusman (2011), kitosan memiliki keunggulan sebagai pelapis, seperti dapat dimakan, biodegradable, dan antimikroba. Kitosan merupakan hasil sampingan dari pengolahan makanan laut seperti kepiting dan udang. Kandungan kitin dalam limbah cangkang udang berkisar antara 15-20%. Kitosan memperlambat penurunan

berat, total padatan terlarut, total asam, dan vitamin C, menurut beberapa penelitian (Novita *et al.*, 2012; Maghfiroh *et al.*, 2018).

Sifat antimikroba yang dimiliki kitosan tersebut dapat menghambat mikroba patogen dan mikroorganisme perusak, termasuk parasit, organisme mikroskopis gram positif, mikroorganisme gram negatif (Hafdani, 2011). Kitosan diaplikasikan sebagai pelapis (film) pada berbagai bahan makanan dengan tujuan untuk mencegah masuknya oksigen dengan baik. Hal ini memungkinkan kitosan digunakan sebagai pengemas berbagai macam bahan makanan dan juga dapat dikonsumsi secara langsung karena sifatnya yang tidak berbahaya. Menurut Henriette (2010), senyawa kitosan dapat mengganggu aktivitas membran luar bakteri gram negatif.

Menurut Setiawan (2012), penggunaan kitosan sebagai bahan pengawet juga tidak mengakibatkan perubahan aroma maupun warna. Karena tidak berbahaya bagi manusia, senyawa kitosan yang berpotensi sebagai bahan antimikroba dapat ditambahkan ke dalam bahan makanan. Kitosan tidak dapat dimakan oleh manusia, tidak memiliki nilai kalori, dan langsung dikeluarkan melalui feses. Menurut Helander (2001), kitosan memiliki sifat penghalang metabolik untuk sel membran luar.

Kitosan dan turunannya banyak digunakan dalam bidang pangan, mikrobiologi, pertanian farmasi, dan banyak bidang lainnya. Kitosan memiliki banyak manfaat, termasuk memiliki desain seperti filamen selulosa yang terlacak pada makanan berdaun. Salah satu manfaat penting lainnya adalah kemampuannya untuk menekan dan membunuh mikroorganisme atau sebagai zat antibakteri,

termasuk di dalamnya adalah kitosan dapat menghambat perkembangan mikroorganisme penyebab penyakit tifus yang kebal terhadap anti-toksin yang ada (Yadaf dan Bhise, 2004 dalam Hardjito, 2006).

Pembuatan kitosan dilakukan melalui proses deasetilasi kitin. Kitin dideasetilasi dengan cara mereaksikannya dengan NaOH 50% selama 60 menit pada suhu 110°C. Ikatan kuat kitin dengan gugus karboksil dan ion nitrogen dapat diputuskan dengan menggunakan NaOH 50% untuk deasetilasi. Deasetilasi kitin menjadi kitosan menggunakan pengaturan NaOH pekat (40-setengah) pada suhu 100°C atau lebih tinggi untuk menghilangkan sebagian atau seluruh gugus asetil dari kitin (Nur *et al.*, 2020).

Tingkat deasetilasi dan viskositas, atau berat molekul, adalah dua karakteristik utama kitosan. Kitosan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi jika kedua parameter ini dikontrol selama proses pengolahan. Kelarutan kitosan sebagian besar dipengaruhi oleh berat molekul dan tingkat deasetilasi, serta kemampuannya untuk berinteraksi dengan molekul lain melalui interaksi isoelektrik. Protein, polisakarida, anionik, lemak tak jenuh, asam empedu, dan fosfolipid hanyalah beberapa contoh zat bermuatan yang dapat berinteraksi dengan kitosan. Kitosan istimewa karena membentuk gel yang stabil dan memiliki muatan dua kutub dengan muatan negatif pada gugus karboksilat dan muatan positif pada gugus NH. Kitosan larut dalam pelarut korosif dan air. Jumlah ionisasi berdampak pada kelarutan kitosan, dan ketika terionisasi penuh, jumlah gugus bermuatan meningkatkan kelarutan dalam air (Wibowo, 2006).

Kitosan mempunyai gugus amina bebas (-NH<sub>2</sub>) yang memiliki muatan positif dan membentuk gugus amina kationik (NH<sub>3</sub>) ketika pH asam. Akibatnya, terbukti bahwa dua kondisi yang disebutkan di atas akan memiliki dampak yang signifikan pada sifat larutan kitosan. Ketika kitosan dilarutkan dalam asam, radikal amina primernya secara proporsional akan melepaskan atom hidrogen sebagai proton, memberikan larutan muatan positif. Kitosan akan beragregasi dan membentuk polikationat dengan adanya molekul lain yang dapat membawa muatan negatif. Menurut Wibowo (2006) larutan protein atau ion mineral bervalensi dua atau larutan protein (sulfat, fosfat, atau polianion) dapat bercampur dengan natrium alginat, molekul pembawa yang bermuatan negatif menghasilkan senyawa kompleks dengan kitosan.

Sebagai antibakteri, kitosan mengandung sistem penghambatan di mana ia akan berikatan dengan protein yang terdapat pada lapisan sel, yaitu glutamat tertentu. Kitosan meningkatkan permeabilitas membran dalam (inner membrane) dengan berikatan dengan fosfolipid membran, terutama fosfatidil kolin, selain berikatan dengan protein membran. Perluasan keropos IM akan bekerja dengan masuknya cairan sel. (Hargono dan M. Djaeni, 2010).

## **F. Gelatin**

Menurut lestari *et al.*, (2021) salah satu produk yang dapat dihasilkan dari limbah ikan adalah gelatin. Gelatin adalah protein yang dibuat dengan menghidrolisis sebagian kolagen dari jaringan ikat putih, tulang hewan, atau kolagen kulit. Gelatin dapat larut pada suhu tinggi, termasuk dalam air panas, sehingga memberikan tekstur seperti gel ketika dingin. Kemampuan gelatin untuk

larut dalam air panas dan berubah menjadi gel dalam air dingin adalah hasil dari sifat alami gelatin. Gelatin mempunyai massa molekul antara 20.000 dan 250.000 g/mol.

Menurut Normah dan Fahmi, industri makanan, farmasi, kosmetik, dan fotografi telah memanfaatkan gelatin sejak lama. Penstabil, pengental, pengemulsi, pembentuk gel, pelapis yang dapat dimakan, mikroenkapsulasi dan pembentuk busa, dan pembentuk film adalah aplikasi dari gelatin. Dengan penambahan pektin dan pati yang dimodifikasi, gelatin juga bermanfaat guna membuat lapisan bergetah pada permen dan jeli. Katoda belerang pada baterai litium-belerang juga dapat dibuat dengan gelatin sebagai pengikat.

Kolagen adalah senyawa organik golongan protein yang merupakan komponen utama dari kulit, sisik dan Menurut Marousek J, Marouskova A, Myskova K, Vachal J, dan Vochozka M (2015) tulang organisme hidup mengandung antara 25 hingga 30 persen dari jumlah protein dan sangat vital bagi integritas struktur biologis beberapa jaringan. Gelatin diperoleh dari hasil hidrolisis kolagen dan denaturasi melalui proses pemanasan. Selama proses denaturasi dan hidrolisis intensitas, triple helix kolagen disatukan dengan tiga peptida melalui ikatan kovalen.

Perubahan kolagen saat menjadi gelatin berhubungan erat dengan proses pra perawatan dan siklus ekstraksi. Reaksi yang menghasilkan pembentukan gelatin adalah sebagai berikut.



Kolagen

Air

Gelatin

Panas atau perlakuan dengan asam atau basa akan mendenaturasi tropokolagen. Struktur kolagen akan terpecah menjadi lilitan-lilitan tak menentu yang larut dalam air akibat proses ekstraksi (Munda, 2013).

Atma (2016) menjelaskan bahwa kandungan asam amino pada gelatin sangat berpengaruh terhadap sifat fisiknya, seperti kekuatan gel. Asam amino pada gelatin yang terbuat dari ikan air hangat lebih unggul dibandingkan dengan gelatin yang terbuat dari ikan air dingin. Sejalan dengan itu, kekuatan gelnnya juga akan lebih baik.

Gelatin dimanfaatkan tidak hanya sebagai pelapis yang dapat dikonsumsi (menahan makanan agar tidak mengering dan menjaga agar oksigen dan cahaya tetap keluar), melainkan juga menambahkan suplemen pada pengawet makanan yang tertutup. Kandungan glisin, prolin, dan hidroksiprolin yang tinggi, yang membuatnya lebih fleksibel dan mudah digunakan pada makanan (Wang *et al.*) merupakan dasar pokok pemanfaatan gelatin sebagai bahan dasar produksi *edible film*. 2021). Gelatin dapat mencegah pembusukan makanan karena memiliki kekuatan tarik yang tinggi, permeabilitas uap air yang rendah (WVP), dan sifat antibakteri (Lv *et al.*, 2019).