

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara Agraris dengan kelimpahan sumber daya alam seperti buah-buahan yang tidak semerta-merta dapat bersaing dengan produk impor dari negara lain dikarenakan kualitas buah-buahan yang tidak memenuhi standar untuk ekspor. Hal ini disebabkan karena minimnya teknologi pascapanen dalam mempertahankan kualitas buah sampai ke tangan konsumen dikarenakan produk non-klimaterik yang memiliki sifat khas yaitu cepat rusak dan masih terus melakukan respirasi setelah dipanen sehingga menyebabkan terjadinya penguraian kandungan nutrisinya. Sehingga diperlukan suatu upaya untuk mempertahankan umur dan kualitas buah dengan cara menghambat laju respirasi sehingga mencegah degradasi nutrisi di dalamnya (Romadhan, 2018).

Adapun beberapa upaya pascapanen yang dapat dilakukan secara konvensional untuk memperlambat pematangan buah dan mempertahankan kualitas buah dengan memperlambat proses respirasi dan menangkap gas etilen yang terbentuk yaitu dengan cara pendinginan dan penyimpanan pada kondisi atmosfer terkendali serta pengemasan dengan plastik (Salsabilah, 2017).

Akan tetapi metode ini masih memiliki kelemahan yaitu pendingin memerlukan energi yang tinggi dan menghasilkan CFC yang berbahaya bagi lingkungan. Sedangkan pengemasan dengan plastik mengakibatkan kerusakan pada buah karena tidak tahan panas dan mudah terjadi pengembunan uap air di dalamnya. Oleh karena itu, metode yang tepat untuk menurunkan tingkat kerusakan buah-buahan yaitu menggunakan edible coating. Hingga saat ini masih

perlu dikembangkan lagi untuk menghasilkan edible fil yang sifat fisis, mekanik maupun termal yang hampir mendekati pelapis konvensional yang berasal dari lilin/wax. Hal ini dikarenakan proses manufaktur yang masih mahal, memiliki kekuatan mekanik yang rendah, tidak tahan terhadap kelembaban dan panas, dan *lifetime* yang singkat (Fauziati, 2016).

Pisang merupakan salah satu buah klimaterik, yaitu buah yang akan tetap mengalami proses pematangan walaupun telah dipanen dan diikuti dengan proses kerusakan karena buah tetap melangsungkan proses respirasi dan metabolisme. Buah pisang merupakan salah satu jenis produksi pertanian yang mudah rusak sehingga terbatas umurnya. Pisang biasanya dipanen saat tua dan belum matang, sehingga untuk pematangannya bisa secara alami dan buatan. Kebanyakan petani pisang di Indonesia menyimpan hasil panennya di udara terbuka, dikarenakan tidak tersedianya ruangan khusus (Palupi, 2012).

Hal ini dapat mengakibatkan buah pisang cepat mengalami pematangan dan cepat mengalami pembusukan. Umumnya hasil hortikultura setelah dipanen proses respirasinya masih tetap berlangsung, sehingga perlu penanganan yang tepat agar produk bisa bertahan lebih lama.

Dalam penelitian, edible bio-nanokomposisi yang akan diusung yaitu memanfaatkan zat kutikula daun kelor/kitosan/nanopartikel cangkang telur yang diperkuat dengan *carboxymethyl cellulose* (CMC) dari pelepah kelapa sawit sebagai material pelindung hasil pertanian hortikultura dengan menggunakan metode *spray coating*. Kelayakan pelepah kelapa sawit sebagai bahan matriks edible bio-nanokomposit dikarenakan jumlah yang setiap tahun pelepah yang harus dipangkas mencapai 8,6 ton/ha memiliki  $\alpha$ -selulosa 34,89% dengan tingkat

kemurnian yang sangat tinggi dan berpotensi dikonversi menjadi CMC yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya retrogradasi (Maghfiroh, 2018).

Kemudian difortifikasi dengan ekstrak daun kelor yang memiliki kandungan kutikula (kutin) dan berperan sebagai zat anti air dan anti penguapan dan juga senyawa *polifenol epigallocatechin gallate* (EGCG) sebagai zat antioksidan serta zat flavanoid tannin terpolimerisasi sebagai zat antibakteri (Justina, 2019).

Kitosan memiliki gugus hidroksil (-OH) dan gugus amino (-NH<sub>2</sub>) dengan nilai viskositas >2000 cps sehingga memiliki sifat hidrofobik dan anti air dengan keelastisitas tinggi (Rochima, 2018). Sedangkan nanopartikel cangkang telur sebagai doping dikarenakan memiliki gugus aktif karbonat (-CO<sub>3</sub>) dan sistin disulfida (-SH) yang dapat membentuk jembatan dikarbonat/disulfida (C=O dan -S-S-) sehingga kekuatan mekanik lebih optimal dan bersifat superhidropobik (Zhang, 2020). Diharapkan nantinya dengan inovasi edible bio-nanokomposit ini dapat menjadikan suatu solusi mempertahankan kualitas buah sehingga dapat diekspor.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi chitosan pada pembuatan larutan chitamor sebagai edible Bio-Nanokomposit dalam memperpanjang masa simpan buah pisang barangan (*Musa acuminata Linn*).

## **1.3 Kegunaan Penelitian**

1. Untuk memperoleh data sebagai bahan penulisan skripsi.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menciptakan pelindung produk pertanian yang *eco-friendly* yang memiliki ketahanan terhadap panas, kelembaban, mikroba, gesekan dan meningkatkan umur simpan dan kualitas gizi buah.

## **1.4. Hipotesis Penelitian**

1. Diduga ada pengaruh konsentrasi chitosan pada pembuatan larutan chitamor sebagai edible Bio-Nanokomposit dalam memperpanjang masa simpan buah pisang.
2. Diduga ada pengaruh lama penyimpanan yang berbeda terhadap pematangan buah pisang.
3. Diduga ada pengaruh interaksi perlakuan yang berbeda terhadap pematangan buah pisang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Pisang (*Musa sp.*)

Pohon pisang adalah tanaman tidak bercabang yang termasuk dalam kelas monokotil. Bagian yang menyusun tumbuhan adalah batang semu, meliputi pelepah daun yang tersusun teratur, meristem pada ujung yang panjang digunakan untuk bercabang menjadi kelompok tumbuhan (putik sulit dipengaruhi), pembungaan dan pembuahan. Benih di ujung batang pisang tumbuh sebagai umbi dan disebut umbi. tunas samping dihasilkan dari tunas berbonggol yang kemudian berkembang menjadi tanaman pisang. (Kaleka, 2013).

Pisang adalah salah satu suku *Musaceae* berasal dari Kawasan Asia Tenggara. Tanaman pisang ini cocok untuk tumbuh di daerah tropis serta merupakan tanaman yang tidak musiman tetapi dapat berubah sepanjang tahun. Tanaman pisang merupakan salah satu kekayaan Indonesia dengan nama latin *Musa sp*, dimana memiliki keragaman jenis antara lain pisang kepok, pisang ambon, pisang raja, pisang badak, pisang susu, pisang nangka dan sebagainya. (Amilda, 2014).

Besarnya volume produksi nasional pisang jika dibandingkan dengan buah yang lainnya mampu menjadikan buah pisang sebagai tanaman unggulan di Indonesia. Namun, pengelolaan pisang di Indonesia kurang dikelola secara intensif (Budianto, 2010).

Batangnya mencapai ketinggian 2 hingga 8 meter, tergantung varietas dan kondisinya, serta memiliki gundukan pendek. Puncuk memiliki tunas dan menghasilkan rimpang dan akar pendek (pengumpul) pada tanaman induk. Batang

adalah batang semu yang muncul sebagai lapisan daun yang menutupi daun baru dan akhirnya menonjol dari pusat bunga. (Mudita, 2012).

Setiap tandan bunga disebut sarang dan tersusun berkelompok, jumlah sel betina berkisar antara 5-15 buah. Pisang disusun dalam tandan, setiap tandan terdiri dari banyak tandan dan setiap tandan pisang terdiri dari 6-22 tandan atau tergantung varietasnya. Panjang potongan pisang bervariasi antara 10-18 cm dan diameter sekitar 2,5-4,5 cm. Buahnya memiliki 3-5 lekukan, membengkokkan ujung yang miring atau membentuk leher botol. Daging buah (mesocarp) tebal dan lunak. Polong muda (putik) berwarna hijau, tetapi pada buah yang lebih tua (matang) menguning, strukturnya berubah dari tebal menjadi tipis. (Ningsih, 2013).

Tanaman pisang merupakan salah satu tanaman dari jenis buah-buahan yang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai penunjang ketahanan pangan. Buah pisang memiliki keunggulan diantaranya nutrisi pelengkap, memiliki kemampuan untuk mengatasi tekanan dalam bertahan hidup. (Blandina., *et.al*,2019).

## **2.2 Pisang Barangan**

Varietas pisang sangat banyak, salah satunya pisang barangan (*Musa Acuminata Linn*), merupakan pisang yang memiliki nilai komersial dan potensi pertumbuhan yang tinggi. Pisang barangan merupakan pisang khas yang tersebar luas di Indonesia. Pisang barangan sangat populer di kalangan penduduk setempat karena rasanya yang enak dan manis. Pisang barangan berpotensi menjadi pohon buah yang lebih berkualitas melalui studi pemuliaan (Sunyoto, 2011).

Meskipun pisang barangan lebih mahal dari pisang lainnya, namun pisang barangan merupakan salah satu pisang yang paling diminati konsumen. Permintaan pisang barangan terus meningkat, namun belum dibarengi dengan peningkatan kualitas buah dan kualitas tanah (Putri., *et.al*,2015). Varietas pisang barangan unggul diharapkan memiliki hasil yang tinggi, kualitas yang baik, umur genjah, tahan terhadap hama dan penyakit, dan toleran terhadap kondisi lingkungan yang keras.

Menurut Badan Pusat Statistik (2015) daerah yang menjadi sentra penghasil tanaman pisang di Sumatera Utara dengan presentase produksi masing-masing adalah Kabupaten Langkat (27,90%), Tapanuli Utara (14,91%), Simalungun (12,28%), Dairi (6,08%), Asahan (5,81%), Serdang Bedagai (5,73%), dan Deli Serdang (5,69%). Kabupaten/kota lainnya memberikan kontribusi produksi 21,60% terhadap total produksi tanaman pisang di Sumatera Utara. Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara sudah Terkenal sebagai penghasil pisang barangan dan merupakan komoditi unggulan di Sumatera Utara. Pisang barangan disebut juga dengan nama pisang Medan dan pemasarannya sudah sampai keluar Sumatera Utara seperti ke Riau, Jambi, Batam dan Jakarta (Napitupulu, 2010).

### **2.2.1 Manfaat Buah Pisang dan Kandungan Gizi**

Pisang mengandung nutrisi tingkat tinggi, yaitu rendah kolesterol dan kadar vitamin B6, vitamin C yang tinggi. Nutrisi terbesar dalam pisang matang adalah kalium, dengan 373 miligram per 100 gram pisang. Pisang juga merupakan sumber karbohidrat, vitamin A dan C, dan mineral yang baik. Komponen karbohidrat terbesar dalam pisang adalah pati dalam daging buahnya, yang diubah

menjadi sukrosa, glukosa dan fruktosa (15-20%) saat pisang matang (Suhartanto, 2012).

Kandungan energi pada pisang merupakan energi langsung yang dapat diperoleh dengan mudah dalam waktu singkat sehingga berguna untuk memenuhi kebutuhan kalori yang mendesak. Karbohidrat dalam buah pisang merupakan simpanan energi yang dapat digunakan dengan sangat baik dan cepat oleh tubuh, sehingga dapat dijadikan alternatif suplemen gizi (Ambarita., *et.al*,2015).

Pemanfaatan pohon pisang tidak hanya untuk memberikan nutrisi saja, selain itu pohon pisang juga memiliki fungsi lain yaitu getah buahnya dapat digunakan sebagai obat luka luar. Sebelum dilakukan penelitian tentang pemanfaatan getah pisang, masyarakat pedesaan banyak yang menggunakan getah pisang sebagai obat luka luar (Ningsih, 2013).

### 2.2.2 Kandungan Gizi Pisang Barangan

Dilansir dari sunpride.co.id kandungan nutrisi pada pisang barangan sebagai varietas unggul di Sumatera Utara mencukupi kebutuhan gizi untuk tubuh dalam 100 gram nya yaitu :

Tabel 2.1 Komposisi zat gizi pisang barangan (per 100 gram)

No	Zat Gizi	Komposisi
	Energi	110 kal
	Karbohidrat	25,8 gr
	Protein	1,2 gr
	Vitamin C	3 gr

### 2.3 Edible Bio-Nanokomposit

Bio-nanokomposit yang dapat dimakan adalah lapisan tipis dari bahan yang dapat dimakan yang terbentuk pada bahan makanan yang berfungsi sebagai penghambat perpindahan massa (kelembaban, oksigen, minyak dan zat terlarut)

dan pembawa untuk suplemen atau aditif makanan dan untuk meningkatkan penanganan makanan. Edible coating dapat dikombinasikan dengan bahan tambahan makanan dan zat lain untuk memperbaiki warna, aroma dan tekstur produk, mengontrol pertumbuhan mikroba dan memperbaiki penampilan secara keseluruhan, menjadikannya pelapis yang dapat dimakan (Fauziati, 2016).

Pelapisan yang dapat dimakan adalah teknik pelindung/pelapisan dengan potensi untuk menunjukkan kualitas produk yang dikemas secara positif. Kemasan aktif biasanya mengandung penyerap O<sub>2</sub>, penyerap atau penambah O<sub>2</sub>, diffuser etanol, penyerap etilen, penyerap air, zat antibakteri, penyerap, bau dan zat penghambat cahaya. Bahan ini diterapkan pada permukaan atau di antara produk dengan membungkus, mencelupkan, menyikat atau menyemprot untuk memberikan penolak gas dan kelembaban selektif dan perlindungan terhadap kerusakan mekanis (Maulizar, 2018).

## **2.4 Komponen Penyusun Edible Bio-Nanokomposit**

### **2.4.1 Chitosan atau Kitosan**

Chitosan adalah zat gula yang diekstraksi dari kerangka atau cangkang hewan laut. Zat tersebut banyak digunakan sebagai bahan pembuatan obat-obatan dan berbagai perlengkapan kesehatan seperti lensa kontak dan pembalut luka. Ini juga dapat dikonsumsi sebagai suplemen kitosan. Kitosan tidak ditemukan secara alami dalam makanan, melainkan diperoleh dengan membuang zat dari cangkang krustasea seperti udang, kerang, kepiting, dan lobster (Mahatmanti, 2014).

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu krustasea yang banyak dikonsumsi dan dibudidayakan di Indonesia yang menghasilkan limbah yang banyak. Limbah tersebut dapat mengakibatkan terjadinya

permasalahan terhadap lingkungan seperti pencemaran. Disisi lain kulit udang mengandung zat yang dapat dijadikan sebagai bahan baku kitosan yang dapat dimanfaatkan sebagai pembuatan membrane dan keperluan dalam bidang Kesehatan (Imtihani dan Permatasari, 2020).

Chitin dan Chitosan merupakan biopolimer yang diperoleh dari limbah cangkang krustasea (udang, kepiting, kepiting), alga, jamur dan ragi. Kitosan adalah turunan asetat alami dari kitin yang dapat terurai secara hayati, tidak beracun, tidak menyebabkan alergi, dan merupakan solusi ramah lingkungan (Agustina, 2015).

Penggunaan kitosan dalam bidang pertanian adalah dapat digunakan sebagai perangsang pertumbuhan tanaman, biopestisida alami untuk melindungi tanaman dari serangan bakteri dan jamur, sekaligus sebagai bahan pelapis untuk berbagai jenis bibit tanaman, dan memiliki terbukti efektif terhadap penetrasi benih tanaman patogen. Selain itu juga penggunaan kitosan bertindak sebagai sumber karbon untuk bakteri tanah, mempercepat konversi senyawa organik menjadi senyawa anorganik dan membantu sistem akar tanaman menyerap lebih banyak nutrisi dari tanah (Hilma dan Dwi, 2018).

Kitin dan kitosan memiliki manfaat yang sangat luas dalam kehidupan sehari-hari, misalnya sebagai adsorben limbah logam berat dan zat pewarna, pengawet, zat anti jamur, kosmetik, obat-obatan, koagulan, anti-inflamasi, kanker dan agen antibakteri. Kitosan dapat berperan sebagai pembawa dan pelindung senyawa antibakteri lainnya seperti minyak atsiri. Minyak atsiri telah menunjukkan aktivitas antibakteri tetapi sangat mudah menguap. Dimasukkannya kitosan sebagai pelapis dapat memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap

surfaktan dan melindungi molekul aktif dengan konsentrasi tinggi. (Bastaman, 2022).

Penggunaan kitosan dalam penelitian ini bertujuan sebagai bahan pengawet yang memiliki sifat anti mikroba karena dapat menghambat bakteri pathogen yang berperan sebagai pelindung lapisan Edible Bio-Nanokomposit, serta memiliki sifat mudah terurai secara hayati dan bahan yang tidak berbau.

#### **2.4.2 Struktur Kitosan**

Kitosan adalah produk alamiah dari turunan polisakarida kitin. Nama kimia dari kitosan adalah [Poli-(1-amino-2-deoksi- $\beta$ -(1-4-D-glukopiranososa)]. Kitosan berbentuk padatan amorf bewarna putih dengan struktur kristal dari bentuk kitin murni. Kitosan tidak bisa diletakkan pada wadah yang terbuka dalam jangka waktu yang lama, karena itu akan mengakibatkan kitosan terkontaminasi dengan udara terbuka yang akan mengakibatkan terjadinya dekomposisi, perubahan warna menjadi kekuningan dan viskositas larutan akan berkurang (Nurhikmawati et al., 2014).

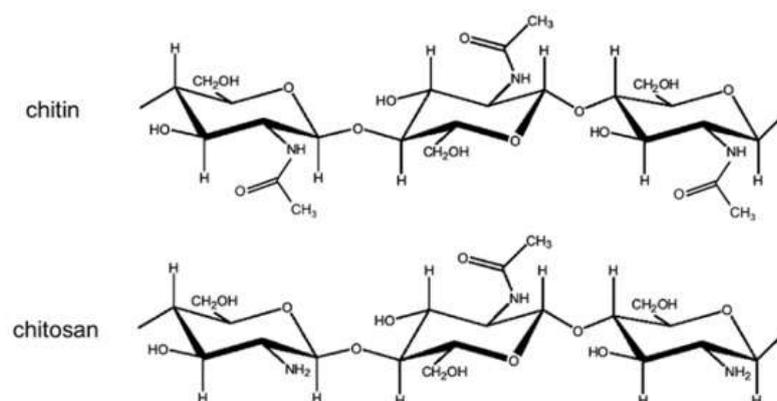
Dari kitin dapat diproses menjadi kitosan. Kitosan merupakan polimer berantai lurus dengan monomer berupa D-glukosamin yang dihubungkan dengan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik (Minda, 2010). Kitosan diperoleh dari proses diesetilasi kitin (senyawa yang terdapat pada kulit hean crustacean), yaitu proses pengubahan gugus asetamida menjaddi gugus amino dengan melepaskan gugus asetil.

Kitosan adalah biopoliaminosakarida, polimer kationik yang diperoleh dari kitin melalui tahapan deasetilasi basa dan ditandai dengan kehadiran sejumlah besar kelompok amino pada rantai. Kitosan tidak larut dalam air, larut dalam larutan asam asetat, sitrat, dan tartrat pada pH kurang dari 6,5. Namun, pada

kondisi larutan asam fosfat dan sulfat, kitosan tidak larut. Selain itu, saat  $\text{pH} > 6,5$  terbentuk endapan polisakarida dalam larutan air dengan bentuk seperti agar-agar (Salsabilah et al., 2017).

Kitosan memiliki sifat antimikroba karena dapat menghambat bakteri patogen dan mikroorganisme pembusuk, termasuk jamur, bakteri gram positif, dan bakteri gram negatif (Damayanti et al., 2016). Mekanisme kitosan sebagai bahan pengawet yaitu kitosan memiliki afinitas yang kuat dengan DNA mikroba sehingga berikatan dengan DNA yang kemudian mengganggu mRNA dan sintesa protein. Kitosan dapat berinteraksi langsung dengan membran sel sehingga mengganggu permeabilitas membran dan menyebabkan kebocoran materi protein sel.

Kitosan memiliki sifat *biocompatible* dan *biodegradable*, bahkan di bumi terhitung sebagai senyawa *biodegradable* yang sangat melimpah dengan hasil biodegradasinya terdapat di air dan tanah. Karakteristik kitosan ditandai oleh derajat deasetilasi (DA), kemurnian setelah dilarutkan dalam asam organik, derajat polimerisasi. Besaran harga serta kualitas dari kitosan umumnya sejalan dengan besaran derajat deasetilasi (Minda, 2010). Struktur kimia kitin dan kitosan dicirikan oleh derajat deasetilasi (DA) ditunjukkan pada Gambar 2.4.1.



Gambar 2.1 Struktur Molekul Chitin dan Chitosan

### 2.4.3 Daun Kelor

Kelor dikenal di berbagai daerah di Indonesia yang merupakan jenis tanaman multiguna, hampir semua bagian dari tanaman kelor dapat dijadikan bahan antimikroba. Bagian-bagian tanaman kelor yang telah terbukti sebagai bahan antimikroba di antaranya daun, biji, bunga, akar, dan kulit kayu tumbuhan kelor. (Bukar et al., 2010). Selain itu kelor memiliki fungsi sebagai tumbuhan berkhasiat yang sudah dikenal sejak lama oleh masyarakat di lingkungan pedesaan.

Menurut Utami (2013), manfaat dari daun kelor antara lain sebagai anti peradangan, hepatitis, memperlancar buang air kecil, dan anti alergi. Daun kelor (*Moringa oleifera*) banyak digunakan dan dipercaya sebagai obat infeksi, anti bakteri, infeksi saluran urin, luka eksternal, antihipersensitif, anti anemik, diabetes, colitis, diare, disentri, dan rematik.

Daun kelor (*Moringa oleifera*) banyak mengandung nutrisi kalsium, besi, protein, vitamin A, vitamin B, dan vitamin C serta juga mineral, asam amino esensial, antioksidan seperti flavonoid, tanin dan masih banyak (Winarno, 2018).

Daun kelor juga mengandung antioksidan yaitu senyawa yang bertindak melawan radikal bebas didalam tubuh manusia, Tubuh yang terindikasi memiliki kadar radikal bebas yang tinggi akan mudah terkena penyakit kronis. Selain vitamin C dan beta-karoten, daun kelor mengandung antioksidan seperti *quercetin* yaitu antioksidan kuat yang dapat membantu menurunkan tekanan darah dan asam klorogenik yang dapat membantu menurunkan kadar gula darah.

Selain itu, pada permukaan daun kelor memiliki lapisan kutikula yang mengandung zat kutin pada permukaan epidermis daun yang berfungsi sebagai

anti air yang tidak mudah menyerap kelembaban. Kutikula tersusun atas polimer struktural dan kutin yang berasosiasi menjadi lapisan lilin yang sangat hidrofobik. Kutikula pada bagian adaksial yang lebih tebal berfungsi untuk mengurangi hilangnya air yang berlebih pada saat stomata membuka untuk pertukaran gas (Edwinanto, 2018).

Penggunaan daun kelor pada penambahan penelitian ini bertujuan sebagai penyempurnaan Edible Bio-Nanokomposit yang memiliki sifat antioksidan tinggi sebagai penghalang oksigen yang dapat menjadikan larutan memiliki sifat antimikroba.

#### **2.4.4 CMC (*Carboxymethyle Cellulose*)**

Karboksimetil selulosa (CMC) merupakan bahan tambahan pangan dengan kode E 466 yang mempunyai peranan sebagai penstabil pangan yang dapat larut air dalam kondisi suhu panas maupun suhu dingin yang disintesa dari bahan nabati khususnya dari 89% selulosa pelepah kelapa sawit sehingga status kehalalannya bisa lebih dipertanggung jawabkan. Selulosa merupakan bahan utama sintesa karboksimetil selulosa.

CMC merupakan eter polimer selulosa linear dan berupa senyawa anion yang bersifat biodegradable, tidak berbau, tidak berwarna, tidak beracun, butiran atau bubuk yang larut dalam air, memiliki rentang pH sebesar 6,5 sampai 8,0 dan stabil pada rentang pH 2 – 10, transparan serta tidak bereaksi dengan senyawa organik. CMC berasal dari selulosa kayu yang diperoleh dari reaksi antara selulosa dengan asam monokloroasetat, dengan katalis berupa senyawa alkali. Karboksimetil selulosa juga merupakan senyawa serba guna yang memiliki sifat penting seperti kelarutan, reologi dan adsorpsi di permukaan (Martinni, 2016).

Penambahan CMC pada larutan Edible Bio-Nanokomposit pada penelitian ini bertujuan sebagai penstabil larutan karena CMC mudah larut dalam air dan salah satu pengental yang aman untuk dikonsumsi sehingga film yang dihasilkan menjadi ramah lingkungan.

#### **2.4.5 Nanopartikel Cangkang Telur**

Cangkang telur merupakan salah satu limbah biologi yang tersusun dari unsur mineral (95,1%) dan protein (3,3%) serta mendominasi kristal  $\text{CaCO}_3$  (~95%). Cangkang telur secara struktur terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan kutikula, lapisan spons, dan lapisan lamelar. Lapisan kutikula merupakan lapisan permukaan terluar yang mengandung sejumlah protein.

Lapisan spons dan lamelar lapisan yang membentuk matriks yang dibentuk oleh serat protein yang terikat oleh kalsium karbonat pada cangkang telur. Kalsium karbonat adalah mineral yang stabil, terdapat dalam berbagai jenis mineral seperti batu kapur, marmer, kalsit, aragonit, dolomit, kapur.

Kalsium karbonat mempunyai sifat fisik yaitu terjadi dalam dua bentuk, kristal hexagonal yang disebut kalsit, dan bentuk orthorombik yang disebut aragonit. Protein serat terbentuk dari molekul yang rapat dan teratur berupa ikatan silang antara rantai asam amino yang berdekatan sehingga molekul air sukar menerobos struktur ini (Lin, 2021).

Penggunaan serbuk cangkang telur bertujuan sebagai penambah filler pada pencampuran kitosan sehingga menghasilkan nilai kuat tarik edible yang dihasilkan membuat lapisan yang terbentuk dapat mencegah tercemarnya dari mikroba perusak larutan edible.