

Sintesis Kitosan dari Cangkang Rajungan Terkomposit Lilin Lebah dan Aplikasinya sebagai *Edible Coating* pada Buah Stroberi

Novera Ayang Nurmala[✉], Eko Budi Susatyo, dan Fransisca Widhi Mahatmanti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima September 2018

Disetujui Oktober 2018

Dipublikasikan November 2018

Keywords:

edible coating
kitosan
lilin lebah
stroberi

Abstrak

Stroberi merupakan produk hortikultura yang mudah mengalami kerusakan buah akibat kontaminasi mikroorganisme, respirasi dan transpirasi selama penyimpanan. Upaya dalam memperpanjang umur simpan stroberi salah satunya dengan teknik *edible coating*. Kitosan merupakan *barrier* yang baik terhadap O₂ dan CO₂, sedangkan lilin lebah merupakan komponen lipid bersifat hidrofobik yang mampu memberikan kontribusi dalam menahan uap air. Penggunaan kitosan dan lilin lebah sebagai bahan *edible coating* pada stroberi telah diuji efektivitasnya. Kitosan disintesis dari cangkang rajungan melalui tahap demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Kitosan hasil sintesis dan lilin lebah digunakan sebagai bahan *edible coating* dengan variasi kitosan (2 dan 2,5% b/v) serta variasi lilin lebah (0; 4; 4,5% b/v). Kitosan hasil sintesis mempunyai kadar air 1,98%, kadar abu 2,06%, dan derajat deasetilasi 72,30%. Komposisi optimum kitosan dan lilin lebah sebagai *edible coating* dicapai pada variasi kitosan 2% dan lilin lebah 4% terhadap parameter mutu susut bobot, kadar air, dan uji TPC dengan nilai penurunan secara berturut turut 0,77 g, 5,56%, dan $16,9 \times 10^6$ CFU/g. Parameter kadar vitamin C optimum pada sampel K₁B₀ (kitosan 2% dan lilin lebah 0%) dengan penurunan kadar vitamin terkecil sebesar 5,28%. Stroberi hasil *coating* dapat bertahan 2 hari lebih lama dibandingkan dengan stroberi tanpa *coating*.

Abstract

Strawberries are horticultural products that are susceptible to fruit damage due to contamination of microorganisms, respiration and transpiration during storage. one of the efforts in saving the life of a strawberry store is an edible coating technique. Chitosan is a good barrier against O₂ and CO₂, While beeswax is a hydrophobic lipid component. these properties contribute in the retention of air vapor. The use of chitosan and beeswax as an edible coating material on strawberries has been tested for its effectiveness. Chitosan is synthesized from the crab shell through the demineralization, deproteination, and deacetylation stage. Chitosan synthesis and beeswax are used as edible coating materials with chitosan variation (2, 2.5% w/v) and beeswax variation (0, 4, 4.5% w/v). Chitosan synthesis has a water content of 1.98%, ash content 2.06%, and deacetylation degree of 72.30%. The optimum composition of chitosan and beeswax as a result of edible coating on chitosan composition 2% and beeswax 4% to high quality parameters, air content and TPC, with consecutive value 0.77 g, 5.58%, and 16.9×10^6 CFU / g. Parameters of optimum vitamin C content in K₁B₀ sample (2% chitosan and 0% beeswax) with a decrease in vitamin content of food by 5.28%. Coated strawberries can last 2 days longer than strawberries without coating.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
E-mail: noveraayang2011@gmail.com

Pendahuluan

Kitosan mempunyai rumus kimia β -(1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukosa (Puspawati & Simpen, 2010). Kitosan adalah polimer alami yang diperoleh dari deasetilasi kitin, dan memiliki beberapa keunggulan seperti biokompatibilitas, biodegradabilitas dan tidak beracun, selain itu juga memiliki sifat bakteriostatik dan fungistatik (Dutta *et al.*, 2004). Kitosan tidak larut dalam larutan netral dan basa, tetapi larut dalam asam-asam organik (Bahri *et al.*, 2015).

Edible coating didefinisikan sebagai lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan. *Edible coating* dapat membentuk suatu pelindung pada bahan pangan karena berperan sebagai *barrier* yang menjaga kelembaban, bersifat *permeable* terhadap gas-gas tertentu, dan dapat mengontrol migrasi komponen-komponen larut air yang dapat menyebabkan perubahan komposisi nutrisi (Kroetha, 1994).

Kitosan sebagai bahan *edible coating* merupakan *barrier* yang baik terhadap gas O₂. Namun, kelemahan dari bahan yang tergolong polisakarida termasuk kitosan yaitu kurang baik dalam menghambat uap air (Bourtoom, 2008). Menurut Trisnawaty *et al.*, (2013) suatu bahan pelapis harus mempunyai sifat-sifat yang sama dengan *film* (kemasan seperti plastik), yaitu harus memiliki sifat menahan air sehingga dapat mencegah hilangnya kelembaban produk, memiliki permeabilitas selektif terhadap gas tertentu. Menurut Herawan & Mahatmanti (2015) lilin lebah (*beeswax*) merupakan komponen lipid bersifat hidrofobik mampu memberikan kontribusi dalam menahan uap air.

Sumber hewan invertebrata laut berkulit keras (*Crustacea*) mengandung senyawa kimia yang cukup banyak. Menurut Srijanto, (2003) kandungan kimia cangkang rajungan diantaranya protein (30-40%) mineral CaCO₃ (30-50%) dan kitin (20-30%). Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis kitosan dari cangkang rajungan melalui proses demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Selanjutnya kitosan dikompositkan dengan lilin lebah yang akan digunakan sebagai bahan *edible coating* dengan variasi antara kitosan (2 dan 2,5%) serta lilin lebah (0; 4; dan 4,5% b/v). Parameter yang diamati adalah kadar air, kadar vitamin C, susut bobot buah, dan total mikroba menggunakan pengujian *Total Plate Count* (TPC).

Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah ayakan (50 mesh), neraca analitik (*Ohaus Explorer*), *hot plate*, *magnetic stirrer*, desikator, pH universal, oven, autoklaf, *furnace*, *Fourier Transform Infra-Red* (FT-IR) spektrum 100-*Perkin Elmer*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gliserol, asam asetat, natrium hidroksida, asam klorida dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*, lilin lebah, CMC, iodium, *nutrient agar*, alkohol teknis, amilum, cangkang rajungan, aquademin.

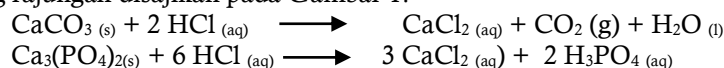
Preparasi sampel dilakukan melalui proses pengeringan, penumbukan, dan pengayakan hingga didapat serbuk cangkang yang lolos dari ayakan 50 *mesh*. Sintesis kitosan dilakukan dengan mengacu metode Puspawati & Simpen (2010) dengan modifikasi melalui proses demineralisasi, dengan memanaskan campuran serbuk cangkang rajungan dalam larutan HCl dengan nisbah (1:10 b/v) pada temperatur 80°C selama 4 jam. Tahap selanjutnya deproteinasi dengan melarutkan residu hasil demineralisasi dalam NaOH 3,5% selama 4 jam pada temperatur 68°C dengan nisbah (1:10 b/v). Setiap hasil pelarutan, residu yang diperoleh dibilas dan disaring selanjutnya dikeringkan dengan oven. Hasil serbuk dikarakterisasi gugus fungsi dan DD dengan FT-IR, analisis kadar air dan kadar abu. Selanjutnya tahap deasetilasi, dilakukan dengan merefluks serbuk kitin dalam NaOH 60% pada suhu 120°C selama 4 jam. Residu yang diperoleh dibilas dan disaring, selanjutnya dikeringkan dengan oven. Serbuk dikarakterisasi gugus fungsi dan DD dengan FT-IR, analisis kadar air dan kadar abu.

Pembuatan larutan *edible coating* dilakukan dengan melarutkan 2 dan 2,5% b/v kitosan dalam 50 mL asam asetat, dipanaskan pada suhu 70°C kemudian ditambahkan gliserol 1% b/v sebagai *plasticizer*, diaduk secara konstan selama 15 menit. Selanjutnya ditambahkan larutan CMC 1% sebanyak 1 mL sebagai *emulsifier* pada temperatur 80°C. Selanjutnya ditambahkan lilin lebah sesuai variabel yaitu (0; 4; 4,5% b/v) pada temperatur 80°C dan diaduk hingga homogen. Aplikasi *edible coating* pada buah stroberi dilakukan dengan mencelupkan buah stroberi pada larutan *edible* setiap variasi perlakuan. Stroberi hasil *coating* diuji parameter mutu meliputi analisis susut bobot, analisis kadar air dan abu, analisis kadar vitamin C, dan analisis total mikroba dengan TPC.

Hasil dan Pembahasan

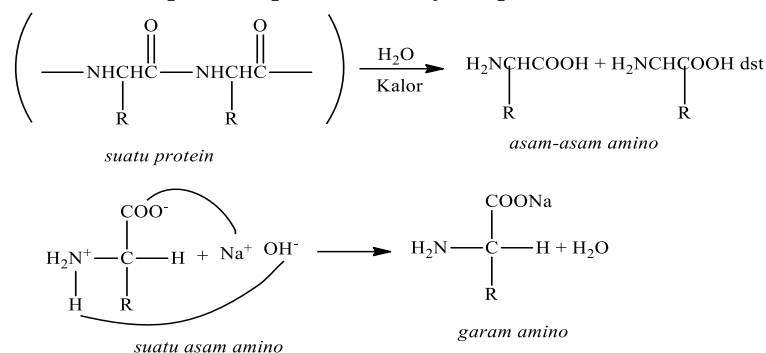
Proses awal sintesis kitosan adalah demineralisasi, proses ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan mineral yang terdapat dalam sampel cangkang rajungan. Indikator proses pelepasan mineral dalam cangkang rajungan ditandai dengan terbentuknya gelembung gas CO₂ pada saat pencampuran sampel dengan larutan HCl. Garam garam mineral berupa CaCl₂ dapat larut dalam pelarut sehingga mudah dihilangkan ketika proses pencucian. Residu hasil demineralisasi didapatkan serbuk berwarna coklat tua

dengan tekstur kasar. Hasil rendemen proses demineralisasi sebesar 56,67%. Reaksi pelepasan mineral dalam cangkang rajungan disajikan pada Gambar 1.



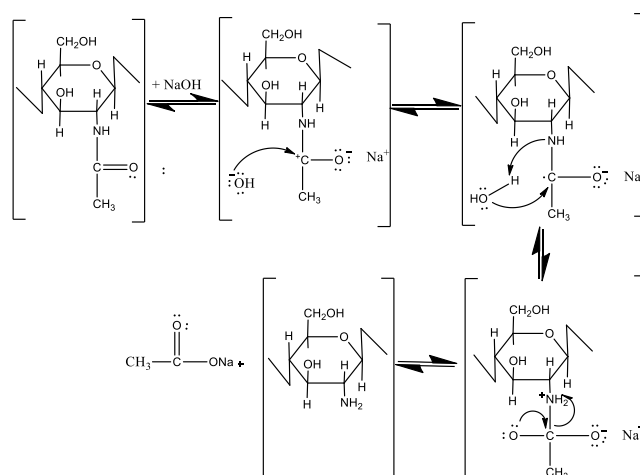
Gambar 1. Reaksi demineralisasi (Kurniasih & Kartika, 2013)

Tahap selanjutnya adalah deproteinasi, proses ini bertujuan untuk pemutusan protein yang melekat pada kitin. Hasil pemanasan dalam larutan NaOH menghasilkan larutan yang sedikit mengental dan berwarna kemerahan, hal tersebut mengindikasikan telah terjadi pemutusan protein yang terdapat dalam sampel. Hasil ini sesuai dengan penelitian Dompeipen *et al.*, (2016) dan Yuliusman & Adelina (2010) yang melaporkan bahwa dalam proses deproteinasi larutan akan menjadi mengental dan berwarna kemerahan sebagai bukti bahwa protein dalam kitin terlepas dan berikatan dengan ion Na⁺ dalam larutan membentuk natrium proteinat. Reaksi selama proses deproteinasi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi deproteinasi (Yuliusman & Adelina, 2010)

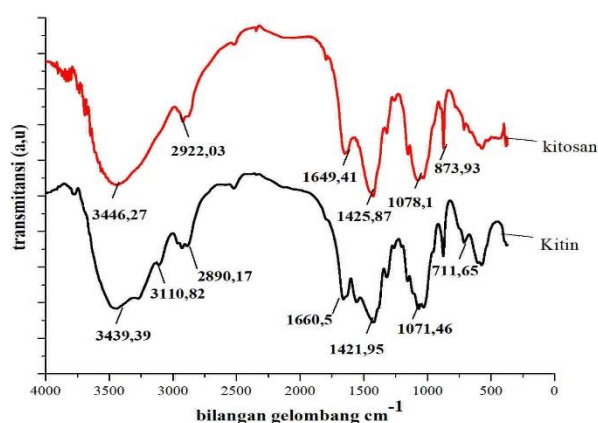
Tahap terpenting dalam sintesis kitosan adalah deasetilasi. Proses ini bertujuan dalam pemutusan pemutusan ikatan asetil (-COCH₃) pada gugus amina yang terikat pada kitin. Secara umum reaksi pembentukan kitosan dari kitin merupakan reaksi hidrolisis suatu amida oleh suatu basa. Kitin bertindak sebagai amida dan NaOH sebagai basa. Mula-mula ikatan rangkap antara C dan O akan terlepas sehingga C bermuatan positif dan O bermuatan negatif, selanjutnya, OH⁻ dari NaOH yang lebih elektronegatif akan menyerang C yang lebih elektropositif, sedangkan Na⁺ akan berikatan dengan O dari NHCOCH₃. Selanjutnya pasangan elektron bebas dari -NH akan berikatan dengan H dari OH. Selanjutnya akan terjadi delokalisasi elektron, -NH₂ yang kurang elektron mendapat donor dari C. Hal ini menyebabkan C kekurangan elektron, supaya stabil satu elektron dari O digunakan untuk berikatan dengan C, ikatan asetil dengan amida ini akan terputus sehingga terbentuk gugus -NH₂. Mekanisme reaksi deasetilasi kitosan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme reaksi sintesis kitosan (Basuki & Sanjaya, 2009)

Kitin dan kitosan hasil sintesis selanjutnya dikarakterisasi menggunakan FT-IR untuk mengetahui gugus fungsi serta derajat deasetilasi. Derajat deasetilasi kitin dan kitosan dihitung menggunakan metode *baseline*. Hasil Spektrum FT-IR kitin dan kitosan disajikan pada Gambar 4. Selanjutnya parameter lain guna

mengetahui mutu kitosan adalah kadar air dan kadar abu. Hasil analisis proksimat kadar air dan kadar abu kitosan disajikan pada Tabel 1.



Gambar 4. Spektrum FT-IR kitin dan kitosan

Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui bahwa muncul serapan yang menunjukkan vibrasi ikatan -OH pada 3439,39 cm^{-1} untuk kitin dan 3446,27 cm^{-1} untuk kitosan. Vibrasi ulur -NH muncul pada serapan 3110,82 cm^{-1} untuk kitin, sedangkan pada kitosan terjadi tumpang tindih vibrasi ulur NH pada serapan 3446,27 cm^{-1} . Pita serapan 2890,17 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C-H ulur pada kitin dan 2922,03 cm^{-1} pada kitosan. Vibrasi C=O yang terdapat pada bilangan gelombang 1680-1660 cm^{-1} muncul pada bilangan gelombang 1660,50 cm^{-1} untuk kitin, Namun, serapan ini tidak muncul pada spektrum kitosan, yang menandakan terjadi pemutusan gugus C=O selama reaksi deasetilasi. Vibrasi CH₃ muncul pada serapan 1421,95 cm^{-1} untuk kitin dan 1425,87 cm^{-1} untuk kitosan. Vibrasi C-O-C muncul pada bilangan gelombang 1071,46 cm^{-1} untuk kitin dan 1078,1 cm^{-1} untuk kitosan. Pada spektrum kitosan muncul serapan baru pada 873,93 cm^{-1} yang merupakan vibrasi NH₂, dan serapan ini tidak muncul pada spektrum kitin. Hal ini menunjukkan, selama reaksi deasetilasi terbentuk gugus NH₂ yang merupakan serapan khas kitosan. Berdasarkan analisis menggunakan metode *baseline* didapatkan derajat deasetilasi kitin sebesar 62,56% dan 72,30% untuk kitosan.

Tabel 1. Karakteristik kitin dan kitosan

Parameter	*Standar internasional	Kitin penelitian	Kitosan penelitian
Kadar air	≤ 10%	4,35%	1,95%
Kadar abu	≤ 2 %	5,99 %	2,06 %
Bentuk partikel	Serbuk	Serbuk	Serbuk
Warna	Putih sampai kuning pucat	Coklat	Putih kecoklatan

*Protan laboratories dalam Ibrahim *et al.* (2009).

Kitin dan kitosan hasil sintesis selanjutnya digunakan sebagai bahan pembuatan *edible coating* dengan variasi konsentrasi kitosan (2 dan 2,5% b/v) serta lilin lebah (0; 4; 4,5% b/v). Larutan *coating* ini selanjutnya digunakan sebagai bahan pelapis pada buah stroberi. Buah stroberi yang sudah di *coating* dengan larutan *edible* dengan campuran kitosan dan lilin lebah sesuai variasi selanjutnya dilakukan pengamatan meliputi analisis total mikroba dengan metode TPC, analisis susut bobot, analisis kadar vitamin C, dan analisis kadar air.

Kandungan bakteri dalam suatu produk merupakan salah satu parameter mikrobiologi dalam menentukan kualitas dan mutu suatu bahan pangan. Hubungan pengaruh lapisan *coating* kitosan lilin lebah terhadap pertumbuhan cemaran mikroba pada stroberi hasil *coating* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan total mikroba terhadap lama penyimpanan stroberi hasil *coating*

Kode sampel	Kondisi awal (10 ³ CFU/g)	Jumlah mikroba (10 ³ CFU/g) pada penyimpanan hari ke-				
		0	1	2	3	4
Kontrol	2	2	65	89	*	*
K ₁ B ₀	2	2	26	50	120	172
K ₁ B ₁	2	3	22	58	112	169
K ₁ B ₂	2	6	45	75	129	198
K ₂ B ₀	2	7	32	69	134	207
K ₂ B ₁	2	4	58	84	130	*
K ₂ B ₂	2	2	70	99	138	*

(* Buah rusak)

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui, jumlah mikroba yang tumbuh pada stroberi hasil penelitian berkisar antara 2×10^5 hingga 207×10^5 CFU/gram. Selama penyimpanan buah stroberi kontrol (tanpa *coating*) memiliki nilai TPC yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai TPC pada semua sampel dengan variasi perlakuan antara kitosan dan lilin lebah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Bourtoom (2008), yang mengemukakan *edible* berbahan kitosan berfungsi sebagai *barrier* yang baik terhadap gas O₂, sehingga bakteri aerob yang memanfaatkan O₂ pertumbuhannya menjadi terhambat. Sampel K₁B₁ dengan komposisi kitosan 2% dan lilin lebah 4% menunjukkan kenaikan jumlah mikroba yang paling kecil dibandingkan dengan sampel lainnya, jumlah mikroba sampai hari ke-4 sebesar $16,9 \times 10^6$. Variasi lilin lebah yang digunakan yaitu 4 dan 4,5% tidak memberikan pengaruh berarti dalam analisis TPC. Efektifitas antimikroba pada bahan *coating* lebih didominasi dari peran kitosan. Namun, pengaruh bahan *edible* yang digunakan pada penelitian ini masih kurang baik, sebab standar cemaran mikroba dalam bahan pangan sesuai SNI adalah 5×10^5 . Hasil ini diduga karena derajat deasetilasi pada kitosan yang rendah yaitu 72,30%. hal ini sesuai pernyataan Vasconez *et al.*, (2009), dimana efektifitas sifat antimikroba pada kitosan dipengaruhi oleh derajat deasetilasi dan berat molekul. Mekanisme kerja zat antimikroba kitosan yaitu dengan adanya interaksi antara kelompok amina dengan dinding sel mikroba yang menyebabkan penurunan permeabilitas selektifnya dan menyebabkan kebocoran zat intraselular, seperti protein, asam amino, glukosa, dan dehidrogenase laktat. Akibatnya, kitosan menghambat metabolisme mikroorganisme normal dan akhirnya menyebabkan kematian sel (Eldin *et al.*, 2008).

Parameter mutu selanjutnya adalah susut bobot buah. Pengamatan susut bobot buah dalam penelitian ini dilakukan pada kondisi awal, hari ke-0 sampai hari ke-4. Pengukuran susut bobot dilakukan guna mengetahui pengaruh penggunaan *coating* terhadap lama penyimpanan. Hubungan pengaruh *coating* komposisi kitosan-lilin lebah dengan lama penyimpanan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hubungan susut bobot buah terhadap stroberi hasil *coating* selama penyimpanan

Kode sampel	Kondisi awal (g)	Bobot buah selama penyimpanan hari ke- (g)					Susut bobot buah
		0	1	2	3	4	
Kontrol	6,98	6,98	6,01	5,93	*	*	1,05
K ₁ B ₀	8,60	8,69	8,20	7,98	7,71	7,62	0,98
K ₁ B ₁	7,32	7,46	7,06	6,85	6,72	6,55	0,77
K ₁ B ₂	9,16	9,35	8,79	8,23	7,85	7,52	1,64
K ₂ B ₀	9,36	9,49	9,01	8,86	8,51	8,22	1,14
K ₂ B ₁	12,13	12,25	11,50	11,29	10,76	*	1,37
K ₂ B ₂	8,98	9,09	8,56	7,98	7,50	*	1,48

(* Buah rusak)

Tabel 3 menunjukkan pada akhir pengamatan terlihat penyusutan massa paling kecil terjadi pada pelapisan kitosan 2% dan lilin lebah 4%. atau sampel K₁B₁. Sebagai *coating* kitosan memberikan pengaruh yang baik dalam menghambat difusi O₂ sehingga proses respirasi sedikit terhambat, akibatnya gas CO₂ yang merupakan hasil dari proses respirasi akan lebih sedikit dihasilkan sehingga penguapan atau transpirasi pada buah terhambat. Menurut Morillon *et al.*, (2002) peran *beeswax* dalam membatasi difusi uap air dikarenakan kandungan ester dari asam lemak dan lemak alkohol serta senyawa alkana rantai panjangnya yang sangat tinggi.

Pengamatan selanjutnya adalah kadar vitamin C. Penetapan kadar vitamin C dilakukan dengan metode iodometri. Prinsip titrasi iodometri adalah reaksi reduksi-oksidasi (redoks), dimana vitamin C

bertindak sebagai pereduksi (reduktor) dan I₂ bertindak sebagai zat pengoksidasi (oksidator). Hubungan kadar vitamin C dengan lama penyimpanan buah hasil *coating* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hubungan kadar vitamin C buah stroberi dan lama penyimpanan

Kode sampel	Kadar vitamin C pada penyimpanan hari ke (%)					Penurunan kadar Vitamin C (%)
	0	1	2	3	4	
Kontrol	22,00	19,36	18,48	*	*	*
K ₁ B ₀	22,88	23,76	20,24	19,36	17,60	5,28
K ₁ B ₁	20,24	18,48	17,60	15,84	13,20	7,04
K ₁ B ₂	23,76	20,24	18,48	15,85	14,96	8,80
K ₂ B ₀	15,84	12,76	13,20	11,44	9,68	6,16
K ₂ B ₁	13,20	10,56	9,68	6,16	*	*
K ₂ B ₂	18,48	14,96	11,44	8,80		*

(* Buah rusak)

Kadar vitamin C cenderung mengalami penurunan seiring dengan lama penyimpanan. Penurunan kadar vitamin C berkaitan dengan sifat vitamin C yang mudah teroksidasi. Tabel 4 menunjukkan kedua perlakuan yaitu konsentrasi kitosan dan lilin lebah mempunyai pengaruh terhadap kandungan vitamin C. Namun, kedua perlakuan ini tidak menunjukkan pengaruh interaksi antara keduanya. Komposisi kitosan 2% dan lilin lebah 0% atau sampel K₁B₀ merupakan komposisi terbaik dalam mempertahankan kandungan vitamin C, dimana selama 4 hari penyimpanan kadar vitamin C mengalami penurunan yang paling kecil diantara sampel yang lain yaitu sebesar 4,4% dari 22% menjadi 17,6%. Hal ini dapat disebabkan lapisan *coating* yang hanya terdiri dari kitosan mampu menekan masuknya oksigen ke dalam buah melalui permukaan buah yang menjadi penyebab kerusakan vitamin C akibat reaksi oksidasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Bourtoom (2008), yang menyebutkan bahwa *film* berbahan kitosan memiliki sifat *barrier* yang baik terhadap difusi O₂ dan CO₂. Penambahan lilin lebah tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar vitamin C. Menurut Suhaidi (2008) Pelapisan lilin yang terlalu banyak akan menyebabkan lapisan semakin tebal dan kandungan O₂ dan CO₂ menjadi berlebih, sehingga mengakibatkan asam askorbat teroksidasi menjadi L-dehidroaskorbat yang sangat labil dan dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi asam L-diketogulonat.

Pengamatan terakhir terhadap stroberi hasil *coating* adalah analisis kadar air. Kadar air merupakan parameter untuk mengetahui tingkat kesegaran buah. Nilai kadar air buah stroberi hasil *coating* menunjukkan penurunan yang signifikan. Nilai kadar air ini berbanding lurus dengan persentase susut bobot buah selama penyimpanan. Faktor yang mempengaruhi berkurangnya kandungan air dalam buah juga disebabkan oleh proses respirasi dan transpirasi buah selama penyimpanan. Hubungan kadar air stroberi hasil *coating* dengan lama penyimpanan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hubungan kadar air stroberi hasil *coating* dengan lama penyimpanan

Kode sampel	Kondisi awal (%)	Kadar air selama penyimpanan hari ke (%)				
		0	1	2	3	4
Kontrol	8,03	8,03	7,46	7,01	*	*
K ₁ B ₀	6,90	7,09	6,84	6,29	5,98	5,79
K ₁ B ₁	6,50	6,94	6,80	6,18	5,84	5,56
K ₁ B ₂	7,26	7,46	7,00	6,90	6,42	6,05
K ₂ B ₀	6,11	6,20	5,38	4,85	4,59	4,21
K ₂ B ₁	5,21	5,38	5,08	4,65	4,10	*
K ₂ B ₂	6,05	6,28	5,75	5,02	4,98	*

Berdasarkan Tabel 5, kandungan air buah hasil *coating* menunjukkan penurunan persentase terendah pada sampel K₁B₁ yaitu kitosan 2% dan lilin lebah 4%, dimana kandungan kadar air dapat dipertahankan dari 6,50% menjadi 5,56% selama 4 hari penyimpanan. Dalam penelitian Herawan & Mahatmanti (2015) dilaporkan bahwa lilin lebah yang dikombinasikan dengan pati sebagai *edible* dalam bentuk *film* memiliki daya serap air yang rendah, hal tersebut diduga karena sifat hidrofobik dari lilin lebah. Kemampuan daya serap yang rendah ini dapat menekan pengeluaran H₂O hasil dari proses respirasi, sehingga kandungan air dalam buah dapat dipertahankan.

Simpulan

Kitosan dari cangkang rajungan berhasil disintesis dan memiliki karakteristik sesuai dengan Protan Laboratories. Hasil karakterisasi meliputi kadar air sebesar 1,92%, kadar abu 2,06% serta nilai derajat deasetilasi sebesar 72,30%. Komposisi optimum kitosan-lilin lebah yang menghasilkan susut bobot buah, penurunan kadar air, dan cemaran mikroba terkecil adalah sampel K₁B₁ yaitu larutan kitosan 2% dan lilin lebah 4%. Penurunan susut bobot sebesar 0,77 gram, penurunan kadar air 5,56%, serta cemaran mikroba terkecil hingga 4 hari penyimpanan sebesar $16,9 \times 10^6$ CFU/g. Parameter kadar vitamin C paling optimum terdapat pada sampel K₁B₀, yaitu kitosan 2% dan lilin lebah 0% dengan penurunan kadar vitamin C terkecil sebesar 5,28%

Daftar Pustaka

- Bahri, S., E.A. Rahim, & Syarifuddin. 2015. Derajat Deasetilasi Kitosan dari Cangkang Kerang Darah dengan Penambahan NaOH secara Bertahap. *Jurnal Riset Kimia*, 1(1):36-42.
- Basuki, B.R., & I.G.M. Sanjaya. 2009. Sintesis Ikatan silang Kitosan dengan Glutaraldehyd serta Identifikasi Gugus Fungsi dan Derajat Deasetilasinya. *Jurnal Ilmu Dasar*, 1(10): 93-101
- Bourtoom. 2008. Edible Film and Coating: Characteristic and Properties. *International Food Research Journal*, 15(3): 1-13
- Dompeipen, E.J., M. Kaimudin, & R.P. Dewa. 2016. Isolasi Kitin dan Kitosan dari Kulit Udang. *Majalah BIAM*, 12(1): 32-38
- Dutta, P.K., J. Dutta, & V.S. Triathi. 2004. Chitin and Chitosan: Chemistry, Properties, and Applications. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 63: 20-31
- Eldin M.S.M., E.A. Soliman., A.I. Hashem, & T.M. Tamer. 2008. Antibacterial Activity of Chitosan Chemically Modified with New Technique. *Trends Biomater Artif Organs*, 22(3): 125-137
- Herawan, C.D, & F.W. Mahatmanti. 2015. Sintesis dan Karakteristik Edible Film dari Pati Kulit Pisang dengan Penambahan Lilin Lebah. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(2): 148- 151
- Ibrahim, B., P. Supitjah, & Prantommy. 2009. Pemanfaatan Kitosan pada Pengolahan Limbah Cair Industri Perikanan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan*, XII(2): 154-166
- Krochta, J.M., Baldwin E.A., dan Nisperos-Carriedo M. 1994. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster, Basel
- Kurniasih, M., & D. Kartika. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Fisika-Kimia Kitosan. *Jurnal Inovasi*, 5(1): 42-48
- Morillon V., F. Debeaufort., G. Blond., M. Capell, & A. Voilley. 2002. Factor Affecting the Moisture Permeability of Lipid-Based Edible Film. *Critical Review Food Science and Nutrition*, 42(1): 67-89
- Puspawati, N.M., & N. Simpen. 2010. Optimasi Deasetilasi Khitin dari Kulit Udang dan Cangkang Kepiting Limbah Restoran Seafood Menjadi Kitosan Melalui Variasi Konsentrasi NaOH. *Jurnal Kimia*, 4 (1)
- Srijanto, B. 2003. Kajian pengembangan teknologi proses produksi kitin dan kitosan secara kimiawi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*, Volume 1: F011- F015
- Suhaidi, I. 2008. Pelapisan Lilin Lebah untuk Mempertahankan Mutu Buah selama Penyimpanan. *Jurnal Penelitian Rekayasa*, (1)1: 47-50
- Trisnawati, E., D. Andesti, & A. Saleh. 2013. Pembuatan Kitosan dari Limbah Cangkang Kepiting sebagai Bahan Pengawet Buah Duku dengan Variasi Lama Pengawetan. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(2): 19-26
- Vasconez M.B., S.K. Flores., C.A. Campos, & J. Alvaro. 2009. Antimicrobial Activity and Physical of Chitosan-Tapioca Starch Based Edible Films and Coatings. *Food Research International*, 42: 762-769
- Yuliusman, & Adelina P.W. 2010. Pemanfaatan Kitosan dari Cangkang Rajungan pada Proses Adsorpsi Logam Nikel. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. ISSN 141-4216: 1-7