

**PEMANFAATAN LIMBAH KULIT UDANG WINDU (*Penaeus monodon*)
SEBAGAI *EDIBLE COATING* DAN PENGARUHNYA TERHADAP KADAR ION
LOGAM Pb(II) PADA BUAH STROBERI (*Fragaria x ananassa*)**

Qosim Marzuki, Khabibi, Nor Basid A. Prasetya

Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro
Jalan Prof, Soedarto, Tembalang, Semarang 50275, Telepon (024) 7474754

Abstrak: Telah dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah kulit udang windu (*Penaeus monodon*) sebagai *edible coating* dan pengaruhnya terhadap kadar ion logam pb(II) pada buah stroberi (*Fragaria x ananassa*). Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis kitosan dari kitin yang berasal dari limbah kulit udang windu, menentukan konsentrasi larutan kitosan yang optimum sebagai *edible coating* dan menentukan pengaruh penggunaan kitosan terhadap kadar ion Pb (II) pada permukaan buah stroberi. Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap proses dan uji, dimulai dengan isolasi kitin yaitu deproteinasi dan demineralisasi kemudian transformasi menjadi kitosan yaitu deasetilasi. Hasil sintesis dianalisis menggunakan FTIR. Selanjutnya pembuatan *edible coating*, proses *coating* buah stroberi, meliputi uji keasaman (pH) stroberi, vitamin C, dan uji adsorpsi logam Pb di permukaan buah stroberi, dan uji secara organoleptik dari pengamatan visual kondisi fisik buah stroberi. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah bahwa kitosan dapat disintesis dari limbah kulit udang windu (*Penaeus monodon*), dengan derajat deasetilasi 70,03%. Kitosan 2% sebagai *coating* mampu mempertahankan kualitas buah stroberi lebih lama dibanding tanpa penggunaan kitosan sebagai *coating*, yaitu hingga hari ke lima. Kitosan sebagai *coating* juga mampu mengurangi keberadaan ion logam Pb²⁺ pada permukaan buah stroberi.

Kata kunci: limbah udang, kitosan, *edible coating*, *coating adsorption*, stroberi

Abstract: A study on the utilization of leather wastes tiger shrimp (*Penaeus monodon*) as an edible coating and effect of Pb (II) in strawberries (*Fragaria x ananassa*). This research aims to synthesize chitosan from chitin of the shrimp shell waste, to determine the optimum concentration of chitosan as edible coating and determine the effect of chitosan to adsorption Pb (II) on the surface of strawberries. Experiment were carried out in several stages of research starting with the isolation of chitin by demineralization and deproteination and then transforming it into the chitosan by deacetylation. The result is then analyzed by of FTIR. Further manufacture of edible coating, the coating of fruit, and analysis of fruit quality after coating, including testing of acidity (pH) strawberries, Vitamin C, and test Pb metal adsorption on the surface of the fruit, and organoleptic test was done visual observation of physical appearance of strawberries. The results obtained chitosan can be synthesized from shrimp shell waste with 70.03% degree of deacetylation. Chitosan 2% as the coating was able to maintain the quality of strawberries fruit longer than without coating until the fifth day. Chitosan as coating agent was also able to reduce the presence of metal ions Pb²⁺ on the strawberries surface.

Keywords: shrimp waste, chitosan, edible coating, coating adsorption, strawberries

1. PENDAHULUAN

Perikanan merupakan salah satu sumber devisa negara yang sangat potensial. Udang windu (*Penaeus monodon* Fab.) merupakan salah satu komoditas perikanan unggulan di Indonesia, dalam upaya menghasilkan devisa negara dari ekspor nonmigas (Lamadi, 2009). Seiring dengan maraknya ekspor udang beku ke beberapa negara seperti Jepang, Taiwan, dan Amerika Serikat, maka limbah yang dihasilkan akan bertambah pula. Limbah udang berasal dari kulit, kepala dan ekornya.

Kitosan (poli--(1,4)-D-glukosamin) merupakan makro molekul biologi yang dapat diperoleh dari proses deasetilasi kitin. Kitosan adalah salah satu bahan yang bisa digunakan sebagai *edible coating* (Ghaouth dkk., 1991). Selain itu keberadaan gugus amina (NH₂) di dalam struktur kitosan menjadikan kitosan juga mampu mengikat logam berat atau berfungsi sebagai adsorben (Herwanto dan Santoso, 2006).

Edible coating merupakan suatu lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan, *Edible coating* diharapkan dapat mempertahankan kualitas dari produk makanan dan merupakan *barrier* terhadap uap air dan pertukaran gas O₂ dan CO₂ (Bourtoom, 2008). Sifatnya yang cukup kuat, elastis, dan fleksibel adalah keunggulan dari pelapis kitosan (Butler dkk., 1996). Sifatnya yang *edible* (dapat dimakan) membuat kitosan digolongkan ke dalam bahan kemasan yang ramah lingkungan. Kitosan sebagai *edible coating* banyak dimanfaatkan pada buah dan sayur, antara lain buah stroberi (Ghaouth dkk., 1991).

Buah stroberi (*Fragaria x ananassa*) merupakan salah satu produk hortikultura dengan prospek yang cukup baik dan memiliki harga jual yang cukup tinggi dipasaran dibanding produk buah lokal lainnya. Setelah dipanen, stroberi masih mengalami proses pengangkutan, dan penyimpanan. Pada proses ini terjadi masa pembusukan, sehingga mempercepat hilangnya nilai gizi buah dan mempercepat tumbuhnya mikroba (Willes, 2000). Buah stroberi yang ditanam di sisi jalan raya, kemungkinan besar mempunyai resiko tambahan yaitu mengandung logam Pb yang berasal dari asap knalpot kendaraan yang

melewati jalan tersebut.

Harapannya kitosan sebagai *edible coating* dapat menjadi solusi cara untuk mempertahankan kualitas buah selama masa penyimpanan yang aman bagi kesehatan apabila dikonsumsi manusia (Tsai dan Su, 1999). Oleh karena itu, penggunaan kitosan sebagai *coating*, diharapkan selain dapat mempertahankan kualitas dari buah stroberi sekaligus untuk mengadsorpsi ion logam Pb(II) yang terdapat dipermukaan buah tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Isolasi kitin dan tranformasi menjadi kitosan

Limbah kulit udang yang telah di bersihkan, di haluskan, dan di ayak menggunakan ayakan 100 mesh, di deproteinasi menggunakan NaOH 3,5% kemudian di deproteinasi menggunakan HCl, untuk menghilangkan kandungan mineralnya, selanjutnya transformasi dari kitin menjadi kitosan menggunakan NaOH 50%, hasil dari kitin dan kitosan dianalisa menggunakan FTIR.

Pembuatan *Edible Coating*

Edible coating 1% dibuat dengan melarutkan 1 gram kitosan dalam 100 mL asam asetat, dan diaduk menggunakan pengaduk magnet, selama 60 menit pada suhu 40°C, perlakuan yang sama dilakukan untuk kitosan dengan konsentrasi 1,5 % dan 2% w/v.

Coating Stroberi

Stroberi di coating dengan cara dicelupkan selama 5 menit dalam larutan kitosan, kemudian diangkat dan didinginkan pada suhu kamar.

Uji kualitas buah stroberi

pH

Uji ini dilakukan untuk mengetahui kualitas buah dari parameter tingkat keasaman, stroberi yang telah *dicoating* diblender hingga halus kemudian diukur pH nya dengan menggunakan pH digital.

Kadar Vitamin C

Penentuan kadar vitamin C pada stroberi menggunakan metode titrasi iodimetri. Mengambil 20 gram sampel uji kemudian dihaluskan dan dilarutkan kedalam labu ukur

100 mL, diambil 25 mL, tambahkan dengan indikator amilum, dan langsung dititrasi dengan menggunakan larutan iodium 0,01 N. Dengan perhitungan:

Uji adsorpsi ion logam Pb Stroberi

stroberi hasil *coating* di potong menjadi ukuran yang lebih kecil, di abukan menggunakan *furnace* dan dilarutkan pada asam nitrat pekat, di ukur kadar logam Pb nya menggunakan AAS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

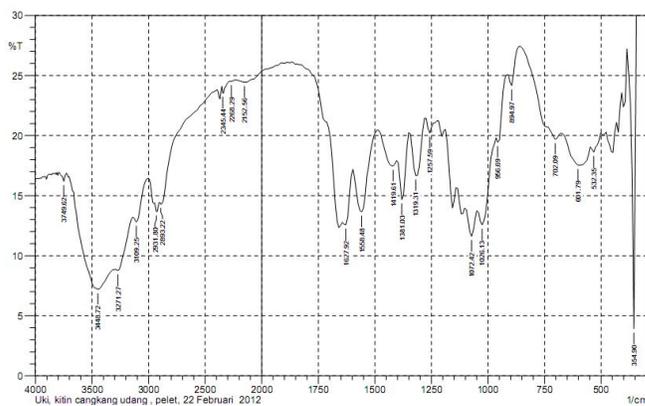
Pembuatan Kitosan

Proses pertama pembuatan kitosan adalah deproteinasi, yaitu proses untuk menghilangkan protein yang terkandung di dalam kulit udang dengan cara menambahkan larutan NaOH 3,5 % dengan perbandingan serbuk kulit udang dan NaOH adalah 1:10.

Protein akan terpisah dari kitin dalam bentuk Na-proteinat yang larut air (Suhardi, 1993). Tahap selanjutnya yaitu demineralisasi, bertujuan untuk menghilangkan mineral atau senyawa anorganik yang terdapat pada kulit udang windu (*Penaeus monodon*). Kandungan mineral utama di dalam kulit udang adalah CaCO_3 . Proses demineralisasi dilakukan dengan menggunakan larutan HCl 1M. Pada proses ini, senyawa kalsium akan bereaksi dengan asam klorida menghasilkan kalsium klorida yang larut dalam air, gas CO_2 dan air. Reaksi garam tersebut dengan HCl (Suhardi, 1993) adalah sebagai berikut:

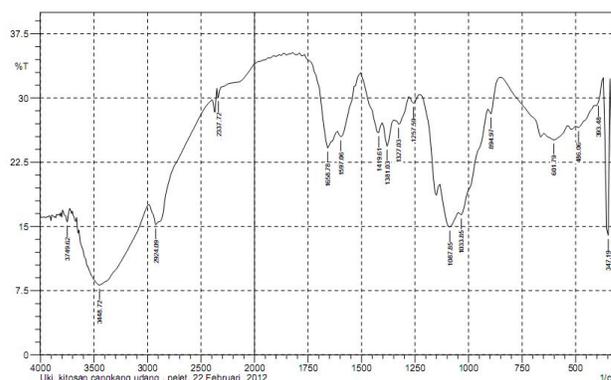


Pada reaksi di atas dihasilkan gas karbondioksida yang ditunjukkan dengan timbulnya gas selama reaksi berlangsung. Hasil yang diperoleh dilakukan pencucian dengan akuades hingga pH netral. Produk yang dihasilkan adalah kitin kemudian dilakukan uji dengan menggunakan FTIR ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Spektra FTIR kitin

Berdasarkan spektra yang dihasilkan pada gambar 3.1, kitin memiliki gugus fungsi –OH yang berimpitan dengan gugus $-\text{NH}_2$ pada bilangan gelombang $3448,72 \text{ cm}^{-1}$, $-\text{CH}_3$ pada bilangan gelombang $1419,61 \text{ cm}^{-1}$. Serapan khas kitin terlihat pada panjang gelombang $1558,48 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan keberadaan amida (NHCOCH_3), dan $1627,92 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan uluran $\text{C}=\text{O}$. Kitin yang diperoleh kemudian dideasetilasi menggunakan NaOH 50%. Tahap ini merupakan proses penghilangan atau pengurangan gugus asetil (COCH_3) dan digantikan oleh atom hidrogen sehingga gugus amida (NHCOCH_3) berganti menjadi gugus amina ($-\text{NH}_2$) prinsip dari proses ini adalah hidrolisis amida dalam larutan basa yang terjadi melalui dua tahap yaitu, tahap adisi OH^- dan tahap eliminasi yang disertai serah terima proton. Untuk membuktikan hasil adalah kitosan dan untuk menentukan DD (derajat deasetilasi) maka kitosan yang diperoleh kemudian dilakukan analisis menggunakan spektrofotometer FTIR pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Spektra FTIR kitosan

Gambar menunjukkan bahwa kitosan yang diperoleh memiliki puncak pada $3448,72$

cm^{-1} yang mengindikasikan adanya uluran N-H dengan transmitansi 8,25% dan gugus karbonil (C=O) pada (NHCOCH₃) ditunjukkan pada 1658,78 cm^{-1} dengan transmitansi 24%. Perbedaan antara spectra FTIR kitin dan kitosan terletak pada bilangan gelombang 1558,47 cm^{-1} yang menunjukkan gugus N-H (NHCOCH₃) Amida II pada spektra IR kitin hilang pada spektra IR kitosan, dan munculnya puncak serapan baru pada daerah 1597,06 cm^{-1} pada spektra IR kitosan yang menunjukkan gugus N-H bending (-NH₂). Hal ini menunjukkan adanya substitusi gugus asetil menjadi gugus amina selama proses deasetilasi. Hal ini juga didukung oleh penurunan dan hilangnya intensitas serapan sekitar 2893,22 dan 2931,80 cm^{-1} pada spectra IR kitin yang menunjukkan gugus C-H stretching, 1319,31 cm^{-1} yang menunjukkan gugus C-N (NHCOCH₃), amida III, dan serapan 1419,61 & 1381,03 cm^{-1} yang menunjukkan gugus C-H tekuk dan C-C. Penurunan intensitas tersebut (tidak seluruhnya hilang) menunjukkan bahwa kitin tidak terdeasetilasi seluruhnya.

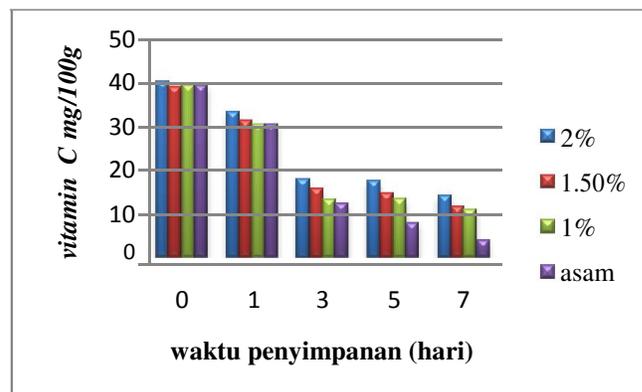
Penentuan derajat deasetilasi kitosan dihitung dengan metode *Base Line* oleh Moore dan Robert (Handayani dkk., 2007). Perhitungan untuk menentukan derajat deasetilasi dapat dilihat pada lampiran 3. Berdasarkan perhitungan *Base line*, diperoleh derajat deasetilasi kitosan sebesar 70,03%. Derajat deasetilasi diartikan sebagai persentase banyaknya gugus asetil yang hilang saat proses deasetilasi, derajat deasetilasi tersebut menunjukkan adanya gugus NH₂ sebesar 70,03% dan gugus asetil yang tersisa pada kitosan sebesar 29,07%.

Pemanfaatan Kitosan sebagai *Edible Coating* Stroberi

Pemanfaatan kitosan sebagai *edible coating* pada buah stroberi bertujuan untuk mempertahankan kualitas dari buah stroberi. Parameter yang dinilai yaitu, kadar vitamin C, pH buah, dan kadar logam Pb yang terserap dengan adanya penambahan kitosan serta pengamatan secara visual dari kondisi buah stroberi, pada variasi konsentrasi kitosan dan lama waktu penyimpanan.

Hasil untuk penentuan kadar vitamin C buah stroberi hasil *coating* kitosan pada variasi

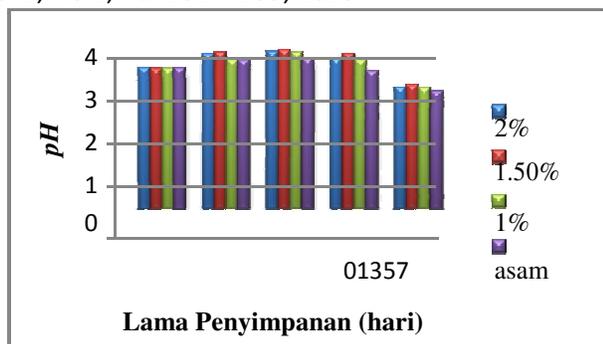
konsentrasi kitosan dan lama waktu penyimpanan adalah sesuai gambar 3.3



Gambar 3.3 Hubungan lama penyimpanan dengan konsentrasi Vit.C

Berdasarkan gambar IV.6 terlihat bahwa secara keseluruhan semakin lama waktu penyimpanan konsentrasi vitamin C nya turun, akan tetapi dengan penambahan kitosan 2% lebih mampu untuk mempertahankan vitamin C yang ada didalam buah stroberi. Terlihat pada hari ke tujuh, konsentrasi vitamin C pada buah yang *dicoating* dengan kitosan 2% tiga kali lebih besar dari stroberi yang hanya ditambahkan asam asetat 1%. Hal ini disebabkan karena permukaan dari stroberi terlapis dengan baik dan meminimalkan kontak langsung dengan udara sekitar yang dapat mempercepat terjadinya oksidasi vitamin C. Oksidasi dari vitamin C dapat terjadi karena beberapa faktor diantaranya, tekanan, oksigen, suhu, dan cahaya (Sritananan dkk., 2005). Penambahan pelapis film kitosan juga mampu melindungi dan mengontrol permeabilitas dari O₂ dan CO₂ (Srinivasa dkk., 2002). Penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Abbasi dkk (2009) yang menyatakan bahwa, penambahan kitosan dengan konsentrasi 2% mampu menjaga kualitas dari buah lebih lama dari radiasi udara sekitar.

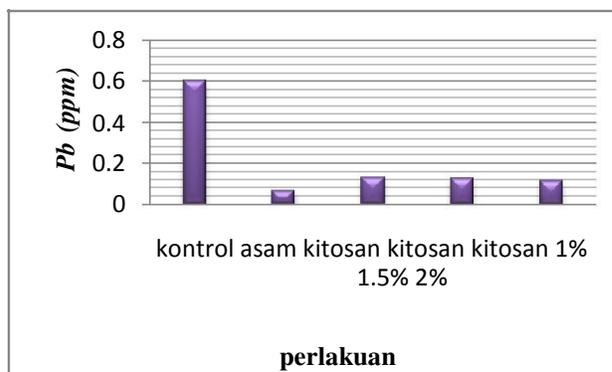
Hasil untuk penentuan pH dari stroberi hasil *coating* kitosan pada variasi konsentrasi kitosan dan lama waktu penyimpanan adalah sesuai gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hubungan lama penyimpanan dengan penurunan pH

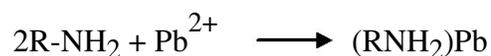
Berdasarkan gambar 3.4 terlihat, pada hari pertama hingga ketiga pH dari stroberi justru semakin naik, hal ini disebabkan karena stroberi mengalami proses pematangan buah (Doreyappa dan Huddar 2001) dengan melakukan pemecahan karbohidrat kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa (Kadeer, 1985), pada hari berikutnya pH baru terlihat turun karena adanya pengaruh pertumbuhan mikroba pada stroberi yang mengakibatkan pH semakin asam, karena glukosa yang ada akan terpecah menjadi asam laktat dan etanol (Kadeer, 1985). Untuk perbedaan variasi konsentrasi tidak menunjukkan nilai yang signifikan terhadap perubahan pH, hal ini ditunjukkan bahwa untuk masing masing konsentrasi kitosan memiliki nilai yang hampir sama. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Jangchud dan Nongtaodum (2009), bahwa stroberi dengan atau tanpa pelapis kitosan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan selama tujuh hari penyimpanan, dan didukung pernyataan oleh Munos dkk (2008) yang melaporkan bahwa penambahan kitosan dengan konsentrasi 1% dan 1,5% tidak mempengaruhi perubahan pH buah stroberi selama penyimpanan. Perubahan pH diartikan sebagai nilai yang mungkin terjadi karena efek treatment biokimia pada buah tersebut dan karena aktivitas metabolisme dari buah (Jitareerat dkk., 2007)

Hasil untuk adsorpsi logam Pb pada permukaan buah stroberi adalah sesuai gambar 3.5



Gambar 3.5 Adsorpsi Pb²⁺ menggunakan kitosan

Gambar IV.8 memperlihatkan bahwa dengan menggunakan kitosan sebagai bahan pelapis stroberi mampu menurunkan kadar ion Pb²⁺ secara signifikan. Stroberi mula-mula (tanpa treatment) menunjukkan konsentrasi yang cukup tinggi yaitu 0,6 ppm, sedangkan dengan penambahan kitosan sebagai pelapis, konsentrasi Pb mampu turun, akan tetapi variasi konsentrasi kitosan yang digunakan tidak memperlihatkan nilai perubahan penurunan kadar ion Pb²⁺ yang signifikan, hal ini disebabkan karena pH pada kitosan tidak jauh berbeda padahal besarnya pH sangat berpengaruh pada kemampuan kitosan dalam mengadsorpsi logam (Mekawati dkk., 2000), dan juga karena kadar ion Pb²⁺ pada stroberi tidak terlalu besar, sehingga adsorpsi kitosan dengan variasi konsentrasi tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, karena dengan penambahan kitosan yang sedikit sudah cukup untuk mengikat hampir semua ion Pb²⁺ yang ada di stroberi. Proses adsorpsi logam oleh kitosan terjadi karena pembentukan kompleks kitosan-ion logam secara kovalen koordinasi (Mekawati dkk., 2000). Mekanisme reaksi yang terjadi (Hartono, 1993)



Dari data yang dihasilkan menunjukkan bahwa keberadaan logam Pb pada buah stroberi setelah penambahan kitosan sudah masuk dalam kategori baik karena keberadaan logam Pb dalam pangan menurut SNI tahun 2009 sebesar 0,25 mg/kg.

Selain dilakukan pengujian diatas, dilakukan juga pengamatan terhadap keadaan

fisik pada stroberi. Adapun hasil pengamatan fisik pada stroberi sebagai berikut:

Tabel IV.3: Pengamatan warna pada stroberi

	Asam	Kitosan n 1%	Kitosan 1,5%	Kitosan 2%
Hari ke 1	Merah segar	Merah segar	Merah segar	Merah segar
Hari ke 3	Merah ada noda	Merah ada noda coklat	Merah	Merah
Hari ke 5	Merah kecoklatan, berjamur	Merah ada noda coklat	Merah ada noda coklat	Merah ada noda coklat
Hari ke 7	Coklat tertutup jamur	Merah kecoklatan sedikit jamur	Merah kecoklatan sedikit jamur	Merah kecoklatan sedikit jamur

Tabel IV.4: Pengamatan tekstur pada stroberi

	Asam	Kitosan 1%	Kitosan 1,5%	Kitosan 2%
Hari ke 1	Keras, masih bagus	Keras, kondisi masih bagus	Keras, kondisi masih bagus	Keras, kondisi masih bagus
Hari ke 3	Kisut dan lembek	Keras, kondisi masih bagus	Keras, kondisi masih bagus	Keras, kondisi masih bagus
Hari ke 5	Lembek dan rapuh	Kisut dan lembek	Kisut dan lembek	Kisut dan lembek
Hari ke 7	Rapuh dan berjamur	Rapuh sedikit jamur	Rapuh sedikit jamur	Rapuh sedikit jamur

Berdasarkan data diatas terlihat bahwa perubahan fisik stroberi tanpa adanya penambahan pelapis kitosan sudah terlihat pada hari ketiga, dilihat dari warna dan tekstur pada stroberi yang sudah mengalami perbedaan dengan stroberi awal, sedangkan dengan adanya penambahan kitosan mengalami penurunan kualitas fisiknya baru pada hari ke lima. Berdasarkan perubahan yang terjadi tersebut, membuktikan bahwa penggunaan

kitosan sebagai *coating* mampu mempertahankan kualitas dari stroberi lebih lama dibanding tanpa *coating* kitosan.

KESIMPULAN

Kitosan dapat disintesis dari kitin yang terdapat dari limbah kulit udang windu (*Penaeus monodon*). Konsentrasi optimum untuk kitosan sebagai *edile coating* adalah kitosan 2% ditandai dari hasil uji vitamin C, pH dan uji adsorpsi logam Pb. Kitosan sebagai *coating adsorption*, terbukti mampu menurunkan kadar logam Pb yang terdapat pada permukaan buah stroberi dan mempertahankan kualitasnya sampai hari ke lima.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, N. A., Iqbal, Z., Maqbool, M., dan Hafiz, M. A., 2009, Postharvest Quality Of Mango (*Mangifera Indica L.*) Fruit As Affected By Chitosan Coating, *Pak. J. Bot.*, Vol. 41, (1), Hal. 343-357
- Bourtoom, A., 2008, Chitosan film mechanical and permeation properties as affected by acid, plasticizers, and storage, *Journal of Food Science*, Vol 63, Hal. 1049–1052
- Butler, B. L., P. J. Vergano, R. F. Testin, J. M. Bunn dan J. L. Wiles. 1996, Mechanical and Barrier Properties of Edible Chitosan Films as affected by Composition and Storage, *J. Food*, Vol 61, Hal 953-955
- Doreyappa, G, dan A.G, Huddar, 2001, Studies on ripening changes in mango fruits, *J. Food Sci*, Vol 38, Hal. 135-137
- Ghaout, A.E., Aul, J., dan R. Ponampalan., (1991). Chitosan Coating Effect on Storability and Quality of Fresh Strawberries. *Journal of Food Science*. vol 56, no 6.
- Hartono, E.S., 1993, *Pengaruh Lama Kontak dan pH Terhadap kemampuan Kitosan Menyerap Ion Logam*, Warta Akrab, Bogor, Hal. 25-28
- Herwanto, B., dan Santoso E., 2006, Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Pada Membran Selulosa-Khitosan Terikat Silang, *Akta Kimindo*, Vol. 2, Hal. 9-24

- Jangchud, A., dan S. Nongtaudum, 2009, Effects of Edible Chitosan Coating on Quality of Fresh-Cut Mangoes (Falu) During Storage, *J Kasetsart*, Vol. 43 Hal. 282 - 289
- Jitareerat, P., S. Paumchai dan S. Kanlayanarat, 2007, Effect of chitosan on ripening enzymatic activity, and disease development in mango (*Mangifera indica* L.) fruit, *New Zealand J. Crop Hort.* Vol. 35, Hal. 211-218
- Kadeer, A. A., 1985, Postharvest Biology and Technology : An Overview. In Kader, Adel A dkk., (Eds). Postharvest Technology of Horticultural Crops. Cooperative Extension, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources
- Lamadi, A, 2009. "Pembenihan Udang Windu (*Peneaeus monodon*)", Politeknik Negri Jember, Jember
- Mekawati, 2000, Aplikasi Kitosan Hasil tranformasi Kitin Limbah Udang (*Penaeus merguensis*) untuk Adsorpsi Ion Logam Timba, *Jurnal Sains and Matematika*, FMIPA Undip, Semarang, Vol. 8 (2), hal. 51-54
- Munos, P. H., Almanel,E., Valle, V. D., Velez, D., dan Gavara, R, 2009, Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x annasa*) quality during refrigerated storage, *Journal of Food Chemistry*, Vol. 110, Hal. 428-435
- Srinivasa, P., B. Revathy, M. Ramesh, K.H. Prashanth, dan R. Tharanathan. 2002, Storage studies of mango packed using biodegradable chitosan film, *J Food Res. Technol*, Vol. 215 Hal. 504-508
- Sritananan, S., A. Uthairatanakij, P. Jitareerat, S. Photchanachai dan S. Vongcheeree. 2005, Effects of irradiation and chitosan coating on physiological changes of mangosteen fruit stored at \room temperature. Int. Symp. *New Frontier of Food and Non-Food Products* 22-23 Sept. 2005, KMUTT, Bangkok, Thailand.
- Suhardi, 1993, *Khitin dan Khitosan*, Buku Monograf, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta
- Tsai, G. J. dan Su, W. H. 1999, Antibacterial activity of shrimp chitosan against *Escherichia coli*, *J. Food Prot.* 62: 239-243
- Willes, J. V, (2000), Water Vapor Transmission Rates of Chitosan Film, *Journal of Food Science*, Vol 60, (7)