

PENGEMBANGAN PEMBUNGKUS EDIBEL (*EDIBLE PACKAGING*) DARI KITOSAN UDANG WINDU KAJIAN PENGGUNAAN PELARUT ASAM ASETAT-ETANOL-AIR

Irwan Sofia¹⁾, Mohammad Badai²⁾

^{1),2)}Dosen Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

An investigation has been conducted on the effect of the use of organic solvents of acetic acid, and ethanol-water on the characteristics of edible film chitosan from Tiger shrimp. Edible film is making with 1% acetic acid solvent and ethanol-water addition of 0, 5, 10, 15, 20%. The resulting were analyzed by physicochemical properties of densities film; mechanical analysis of elongation and tensile strength test; and thermal analysis of heat resistance. The result of this research is Deacetylation Degree (DD) of chitosan from tiger shrimp shell is 90,9% while chitosan of comparative (crab chitosan) is 95,05%, with the viscosity is 41.2 cP. The edible film obtained generally has low density and high solubility. Film density varies between 0.2469 - 0.8993 g/cm³ depending on the concentration of chitosan solution. The mechanical properties of films using 1% acetic acid solvent in the water-ethanol solution has a higher tensile strength than film without the addition of ethanol-water. The most optimum heat resistance is 125.17°C for edible film from tiger shrimp chitosan, and 135.08°C for edible film from commercial chitosan (crab chitosan).

Keywords: chitosan, tiger shrimp, biopolymer, edible packaging, edible film.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara produsen udang Windu (*Penaeus Monodon*) terbesar di dunia. Data dari Pusat Data, Statistik dan Informasi Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP) volume udang windu pada tahun 2013 mencapai 162.410 ton, mengalami peningkatan ekspor 13,67 % dalam tiga tahun terakhir (Kelautan dan Perikanan dalam Angka 2014, www.pp.id.kkp.go.id). Sebagian besar produksi udang windu tersebut dijadikan komoditas ekspor, yang dikemas dalam bentuk udang beku olahan (*headless* atau *peeled shrimp*). Pada proses pengolahan udang, sekitar 60-70% bagian berat udang tersebut menjadi limbah, terutama bagian kulit dan kepalanya (Prasetyo, 2006).

Limbah kulit udang mengandung konstituen utama terdiri dari protein, kalsium karbonat, kitin, pigmen, mineral dan lain-lain. Kitin dari limbah cangkang udang dapat diubah menjadi khitosan melalui beberapa tahapan proses. Kitin dari limbah cangkang udang dapat diubah menjadi kitosan melalui beberapa tahapan proses. Selama ini sumber kitosan adalah kitin asal hewan laut kepiting (*crab*) dan udang karang (*crawfish, lobster*).

Sifat-fisik fisiokimia dan fungsional kitosan tergantung dari sumbernya, dan metode yang dilakukan dalam mengekstraknya. Pengujian sifat-sifat fisiokimia dari kitosan yang diperoleh dari limbah cangkang udang windu telah dilaporkan sebelumnya (Irwan S, et al. 2010). Akan tetapi, potensi kitosan, khususnya kitosan yang berasal dari limbah cangkang udang windu untuk aplikasi dibidang pangan dan bidang-bidang lainnya belum banyak diinvestigasi. Karakteristik spesifik kitosan seperti sifat-sifat antibakteria, antifungal, dan kemampuannya membentuk polimer biodegradabel yang larut air, memungkinkan kitosan sangat ideal digunakan sebagai material pelapis produk pangan (*edible coating* atau *edible film*). *Edible coating* atau *film* dapat disebut sebagai pembungkus primer yang dibuat dari biopolimer yang layak makan. Lapisan tipis dari bahan edible dapat secara langsung melapisi, atau dibuat bentuk film plastik untuk membungkus produk pangan.

Kitosan dengan berat molekul tinggi telah dilaporkan dapat membentuk lapisan film tipis yang mempunyai sifat-sifat yang baik, sebagai hasil dari ikatan intermolekul hidrogen (Muzzarelli, 1977). Perbedaan sumber kitin untuk pembuatan kitosan, karakteristik kitosan, solvent yang digunakan, teknik metode pembuatan film, dan jenis serta jumlah bahan pemlastis yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas dari film/plastik edible yang diperoleh (Lim dan Wan, 1995). Kemampuan pembentukan film dari kitosan yang diekstrak dari udang karang (*lobster*) telah dilaporkan oleh Nadajarah dan Prinyawieatakul (2003). Sangat sedikit literatur yang melaporkan pembuatan film plastis *edible* antimikroba dari kitosan yang diekstrak dari sumber cangkang udang windu (*Penaeus monodon*).

¹ Korespondensi penulis : Irwan Sofia, Telp. 081524155020, email: irsosof@poliupg.ac.id

Sebagai film pembungkus *edible* yang digunakan untuk kemasan bahan pangan, film plastik kitosan harus memenuhi beberapa persyaratan seperti daya tahan terhadap penyimpanan, ketahanan tarik (*stress resistance*), fleksibel, lembut dan elastis. Sangat terbatas literatur yang tersedia tentang karakteristik mekanik dari film kitosan, khususnya film kitosan yang dibuat dari udang windu. Terdapat banyak perbedaan dari sifat-sifat film kitosan yang telah dilaporkan, tergantung pada jenis sumber kitosan dan metode pengujian yang dilakukan. Dari beberapa sumber literatur diketahui bahwa film kitosan yang dibuat dari kitosan dengan berat molekul rendah dengan campuran 3% (b/b) dalam larutan asam asetat 1%, memakai gliserol sebagai bahan pemlastis dengan campuran 0,25 dan 0,5 mL/gram kitosan, dilaporkan mempunyai kekuatan tarik (tensile strength, TS) antara 15 sampai 35 MPa dan persentase mulur (% Elongation at break, %E) antara 17 sampai 76 (Butler et al., 1996). Caner et al (1998) telah melaporkan bahwa biofilm kitosan yang dibuat dengan komposisi yang sama tetapi menggunakan jenis pelarut yang berbeda (asam asetat, asam formiat, asam laktat, dan asam propionate) pada kisaran 1% hingga 7,5%, menunjukkan perolehan nilai TS antara 12-32 MPa dan %E pada kisaran 14-70, dengan pengecualian pada film kitosan yang dibuat dengan pelarut 7,5% asam laktat memiliki nilai TS terendah yaitu 6,85 MPa dan %E tertinggi 51%. Peneliti tersebut juga menyimpulkan bahwa dengan peningkatan jumlah bahan pemlastis (*plasticizer*) akan menurunkan nilai TS dan menaikkan %E.

2. METODE PENELITIAN

Bahan baku limbah cangkang udang Windu (*Penaeus Monodon*) akan diambil dari sisa pengolahan udang beku ekspor pada PT. Bogatama Marinusa (BOMAR) yang berdomisili di Jalan Kima Raya Kav N-4B1 Kawasan Industri Makassar (KIMA).

Prosedur Kerja Pembuatan Kitosan

- (Deproteinasi)

Cangkang udang (kepala dan ekor) yang telah halus atau cangkang udang yang telah didemineralisasi, akan dilakukan penghilangan protein dengan larutan NaOH 3,5 % (b/b) selama 2 jam pada suhu 65 oC dan dilakukan pengadukan. Ratio padatan dan pelarut yang digunakan adalah 1:10 (b/v) (No et al., 2000). Kemudian sampel disaring dan dicuci dengan aquadest dan dikeringkan di oven.

- DM (Demineralisasi)

Cangkang udang halus atau cangkang udang yang telah dideproteinasi, akan didemineralisasi dengan larutan HCl 1 N selama 30 menit pada suhu kamar, dengan ratio padatan dan larutan 1:15 (b/v) (No et al., 2000b). Selanjutnya disaring, dicuci dengan aquadest sampai netral dan dikeringkan di oven.

- DK (Dekolorisasi)

Sampel (sebagai chitin jika sudah didemineralisasi dan deproteinasi), dilakukan dekolourisasi dengan menambahkan aseton selama 10 menit dan dikeringkan selama 2 jam pada suhu ruang, dilanjutkan dengan pemucatan dengan menambahkan natriumhipoklorida (NaOCl) 0,32 % selama 5 menit pada suhu ruang. Rasio padatan dan solvent yang ditambahkan 1:10 (b/v) atas dasar berat kering padatan/cangkang (No, et al., 2000). Sampel selanjutnya dicuci dengan aquadest dan dikeringkan secara vakum selama 2-3 jam hingga terbentuk bubuk halus/tepung.

- DA (deasetilasi)

Proses deasetilasi dilakukan dalam autoclave pada tekanan 15 psi, suhu 121 oC selama 30 menit. Deasetilasi dilakukan dengan menambahkan larutan NaOH 50 %, dengan perbandingan padatan dan larutan 1:10 (b/v) menurut metode No HK., et al. (2000). Sampel (kitosan) dicuci untuk dinetralkan dengan air bersih mengalir. Kemudian air diuapkan dan dikeringkan pada suhu 60 °C selama 24 jam di oven.

Prosedur Pembuatan dan Pengujian *Edible Film* Kitosan

Larutan edible film dibuat dengan melarutkan tepung kitosan asal udang windu yang sebelumnya telah dibuat (1,0; 1,5; dan 2% (b/v) ke dalam pelarut etanol-air masing-masing 0%, 10% dan 20% (v/v). Larutan asam asetat 1%. atau asam laktat 1% masing-masing dengan etanol-air sebagai pelarutnya yang selanjutnya ditambahkan ke dalam suspensi tersebut. Masing-masing campuran diaduk (300 rpm) selama 30 menit, kemudian direndam dalam air mendidih selama 10 menit, didinginkan pada suhu kamar, dan selanjutnya disaring dengan glass-woll filter untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak larut. Campuran selanjutnya dibagi dalam beberapa wadah beaker glas 500 mL. Setiap wadah masing-masing ditambahkan

gliserol sebagai bahan pemlastis dengan rasio 0,5% (b/b), campuran diaduk sempurna selama 3 menit. Larutan 2% lesithin kemudian ditambahkan sebagai emulsifier.

Larutan film plastis yang terbentuk kemudian dicetak dengan pencetak berlapis teflon, dan dibiarkan kering pada suhu 45 °C selama 2 jam. Selanjutnya film plastis kering tersebut dipindahkan dan ditempatkan dalam desikator yang telah dijenuhkan dengan NaBr, untuk selanjutnya akan dilakukan analisis sifat-sifat fisikokimia meliputi; analisis densitas film, analisis ketahanan thermal dengan alat DSC (*Differential Scanning Calorimeter*), dan analisis mekanik dengan alat uji kuat tarik (*tensile strength*) dengan alat Unit Testing Machine (UTM).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Yield Kitosan

Yield dihitung berdasarkan berat kering kitosan yang diperoleh dari ±300 gram cangkang udang kering halus. Peroleh *Yield* kitosan yang diperoleh dari protokol atau urutan produksi DPMKA (deproteinasi, demineralisasi, dekolorisasi, dan deasetilasi) adalah 26,39 % (atas dasar bahan baku kulit udang kering). Hal ini membuktikan bahwa pembuatan kitosan dengan proses DPMKA efektif dalam memproduksi kitosan dari cangkang udang.

Tabel 1. % *Yield* tahapan proses pembuatan kitosan

No	Tahapan Proses	Berat (gram)	% <i>Yield</i>
1	Cangkang udang kering	300,05	0
2	Deproteinasi	197,08	65,68
3	Demineralisasi	106,13	35,37
4	Dekolorisasi	103,11	34,36
5	Deasetilasi	79,19	26,39

Karakterisasi Kitosan Udang Windu

Karakterisasi kitosan yang dianalisa adalah kadar air, kadar abu, viskositas, densitas dan derajat deasetilasi. Hasil analisa ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 2. Hasil Analisa Kitosan

Sampel	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Viskositas (cP)	DD (%)
Kitosan cangkang udang	4.6	0.70	41.2	90,30
Kitosan pembanding (crab)	4.4	1.16	77,3	95,75

Kadar air merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk menentukan mutu dari kitosan. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kadar air yang diperoleh dari kitosan udang hasil penelitian lebih besar dibandingkan dengan kadar air kitosan pembanding. Menurut Kurniasih dkk (2012), besar kecilnya kadar air yang diperoleh tidak dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH dan suhu deasetilasi yang digunakan tetapi dipengaruhi oleh proses pengeringan, lama pengeringan yang dilakukan, jumlah kitosan yang dikeringkan dan luas permukaan tempat kitosan yang dikeringkan.

Tabel 2. menunjukkan bahwa Derajat Deasetilasi (DD) kitosan udang yang diperoleh dari hasil perhitungan relatif lebih rendah dibanding kitosan pembanding. Rendahnya nilai derajat deasetilasi yang diperoleh dari penelitian ini tidak hanya disebabkan oleh metode analisa yang digunakan akan tetapi, nilai dari DD juga tergantung dari sumber kitosan dan pemurniannya, serta cara penyiapan sampel, tipe instrument yang digunakan dan faktor-faktor lainnya juga mungkin mempengaruhi analisa dari %DD (Fernandez et al., 2004).

Karakteristik Fisikokimia *Edible film* Kitosan Udang

Densitas Film

Densitas merupakan perbandingan antar massa suatu benda persatuan volumenya. Pengukuran nilai densitas pada plastik sangat penting, karena densitas plastik erat kaitannya dengan kemampuan plastik dalam melindungi produk dari beberapa zat yang ada dalam udara bebas seperti air, O₂ dan CO₂ (Salulinggi, 2014).

Menurut Nurminah (2009), plastik dengan densitas rendah memiliki struktur yang lebih terbuka dengan porositas yang lebih besar, sehingga semakin besar densitas *edible film* maka kualitasnya semakin baik.

Tabel 3. menunjukkan bahwa *edible film* yang menggunakan pelarut asam asetat dari kitosan 1% dengan etanol-air 20% memiliki nilai densitas yang lebih besar yaitu 0,4237 g/cm³. Semakin tinggi konsentrasi kitosan semakin besar densitas yang dihasilkan. Naik turunnya densitas film juga dipengaruhi oleh berat film yang digunakan pada saat melakukan analisis densitas. Tabel 3. menunjukkan densitas menggunakan pelarut asam asetat 1% dengan penambahan etanol-air.

Tabel 3. Hasil pengukuran densitas edible fim dengan pelarut asam asetat, etanol-air.

Sampel edibel film	Densitas (g/cm ³)	
	Kitosan udang	Kitosan crab
Kitosan 1% dalam :		
air	0,2469	0,3065
etanol-air 10%	0,4167	0,8828
etanol-air 20%	0,4237	0,8371
Kitosan 1,5% dalam		
air	0,3626	0,5909
etanol- air 10%	0,3714	0,7580
etanol-air 20%	0,3981	0,9813
Kitosan 2% dalam		
air	0,5437	0,4279
etanol-air 10%	0,5144	0,7031
etanol-air 20%	0,4464	0,8993

Kuat Tarik dan Uji Mulur

Kuat tarik merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film tetap bertahan sebelum putus, sedangkan persentase pemanjangan (mulur) merupakan ukuran kemampuan film untuk meregang saat ditarik. Analisa kuat tarik dan uji mulur dilakukan menggunakan alat *Tensile Strength and Elongation Tester Industrit* dengan ukuran sampel film 10 x 2,5 cm.

Pada tabel 4. terlihat bahwa hasil pengukuran uji mulur tertinggi pada sampel edible film dari kitosan udang yaitu pada konsentrasi kitosan 1% menggunakan pelarut asam asetat dalam pelarut air yaitu 60,40%, sedangkan pada edible film dari kitosan komersial nilai uji mulur tertinggi pada kitosan 2% menggunakan pelarut asam asetat dengan penambahan etanol-air 10% yaitu 16,93%. Semakin tinggi nilai uji mulur yang dihasilkan menunjukkan film tersebut semakin elastis.

Hasil pengujian uji mulur terlihat bahwa pada sampel edible film dari kitosan udang memiliki persentase uji mulur tertinggi yaitu 60,40% untuk film dengan larutan kitosan 1% tanpa penambahan etanol-air sedangkan pada kitosan pembanding didapatkan persentase uji mulur tertinggi yaitu 16,93% pada kitosan 2% dengan penambahan etanol air 10%. Sedangkan pada pengujian kuat tarik pada edible film didapatkan hasil yang cukup rendah, karena secara teori uji mulur berbanding terbalik dengan kuat tarik. Apabila dibandingkan dengan nilai standar plastik internasional (ASTM 5336), besar kuat tarik untuk plastik Jepang 20,5 N/mm², dan dari Inggris mencapai 19 N/mm² edible film yang dihasilkan cukup jauh dari nilai standar. Rendahnya kekuatan tarik pada edible film yang dihasilkan dipengaruhi oleh ketebalan dari edible film. Semakin tebal edible film yang dihasilkan maka akan menurunkan nilai kuat tarik dan meningkatnya nilai elastisitas dari edible film tersebut (Sari, 2015).

Tabel 4. Hasil pengukuran uji mulur dan kuat tarik edible film

Sampel Edibel film	Uji Mulur (%)		Kuat Tarik (N/mm ²)	
	Kitosan udang	Kitosan crab	Sampel	Pembanding
Kitosan 1% dalam:				
air	60,40	10,17	1,036	0,118

etanol-air 10%	37,30	*	2,058	*
etanol-air 20%	6,37	0,09	1,216	0,145
Kitosan 1,5 % dalam:				
air	40,31	6,57	1,214	1,544
etanol-air 10%	7,07	11,03	1,370	0,354
etanol -air 20%	9,36	15,80	0,221	0,142
Kitosan 2% dalam:				
air	8,01	3,71	0,352	0,466
etanol-air 10%	13,14	16,93	0,441	4,643
etanol-air 20%	33,34	12,34	0,761	2,869

*) Tidak bisa dilakukan analisa/rapuh

Karakteristik Thermal

Analisis termal dilakukan dengan alat *Differential scanning calorimetry* (DSC). DSC meneliti perubahan fase bahan dengan menunjukkan aliran panas dengan suhu. Analisis termal diuji menggunakan alat DSC 600 plus. Tabel 5 menunjukkan bahwa *edible film* dengan konsentrasi kitosan 1% menggunakan asam asetat dengan penambahan etanol-air 20% memiliki endotermik titik leleh *film* dengan titik leleh paling tinggi yaitu pada suhu 125,17 °C. Sedangkan yang paling rendah pada konsentrasi kitosan 1,5% menggunakan pelarut asam asetat dengan penambahan etanol-air 20%.. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum *edible film* dari kitosan udang meleleh pada suhu 97-125°C. Sedangkan pada *edible film* dengan kitosan komersial memiliki nilai titik leleh tertinggi yaitu 135,08 °C pada sampel yang sama yaitu pada *edible film* konsentrasi kitosan 1% menggunakan pelarut asam asetat dengan penambahan etanol-air 20%, dan untuk titik leleh yang terendah yaitu 95,59 °C pada *edible film* kitosan 1,5% menggunakan pelarut asam asetat dengan penambahan etanol-air 10%. Hal ini menunjukkan nilai tahan panas pada *edible film* dari kitosan komersial memiliki tahanan panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan *edible film* dari udang windu.

Tabel 5. Hasil pengujian DSC *edible film* dengan pelarut asam asetat, etanol-air

Sampel Edible film	Ketahanan panas (°C)	
	Kitosan Udang	Kitosan Crab
Kitosan 1% dalam:		
air	110,86	127,34
etanol-air 10%	112,69	118,55
etanol-air 20%	125,17	135,08
Kitosan 1,5 % dalam:		
air	114,71	124,31
etanol-air 10%	103,94	95,59
etanol-air 20%	110,45	108,58
Kitosan 2%		
air	122,81	91,62
etanol-air 10%	116,64	97,73
etanol-air 20%	111,79	123,94

4. KESIMPULAN

Konsentrasi kitosan yang digunakan untuk pembuatan film dapat mempengaruhi sifat fisikokimia, mekanikal, dan termal *edible film* yang dihasilkan. Penggunaan konsentrasi kitosan yang lebih besar dapat meningkatkan ketebalan dan densitas *edible film*, sementara kelarutan film mengalami penurunan, untuk sifat mekanikal pada konsentrasi kitosan yang lebih besar meningkatkan nilai kuat tarik dan menurunkan nilai mulur *edible film*.

Penggunaan pelarut asam asetat 1% dengan penambahan etanol-air mempengaruhi sifat-sifat fisikokimia, densitas *edible film* antara 0,2469 - 0,8993 gram/cm³ tergantung dari konsentrasi larutan kitosan yang digunakan. Film edibel yang diperoleh umumnya mempunyai densitas yang rendah serta kelarutan yang tinggi. Pengujian sifat mekanik film yang menggunakan pelarut asam asetat 1% dengan penambahan etanol-air mempunyai kuat tarik film yang lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan etanol-air.

Berdasarkan sifat termal film penggunaan pelarut asam asetat 1% dengan penambahan etanol-air meningkatkan ketahanan panas yaitu pada penambahan etanol-air 20%. Sifat termal konsentrasi kitosan 1% memiliki nilai tahan ketahanan panas yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi kitosan lainnya.

Perlu dilakukan kajian lebih lanjut pembuatan *edible film* kitosan menggunakan berbagai jenis bahan pemlastis alternatif seperti sorbitol dan variasi konsentrasi pemlastis untuk untuk mendapatkn kualitas film film yang lebih baik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, T.W. dan Sedjati, S. 2007. *The Effect Of Chitosan Concentration and Storage Time On The Quality Of Salted-Dried Anchovy (Stolephorus heterolobus)*. Dalam J. Coastal Development. 10 (2): 63-71
- Butler B.L., Vergano PJ, Testin R.F., Bunn J.M., Wiles JL. 1996. *Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage*. Journal Food Science. Vol. 61: 953-961.
- Caner C, Vergano PJ, Wiles JL. 1998. *Chitosan film mechanical and permeation properties as affected by acid, plasticizer, and storage*. Journal Food Science, Vol. 63(6):1049-1053.
- Fernandez-Kim,Sun-Ok. 2004. *Physicochemical And Functional Properties Of Crawfish Chitosan As Affected By Different Processing Protocols*. A Thesis.The Department of FoodScience.Agricultural and Mechanical College.Louisiana State University.US.
<http://www.eta.lsu.edu/docs/available/unrestricted/Kim>,
- Irwan S, Pirman AP, Zulfiana H, 2010. Karakterisasi fisiokimia dan fungsional kitosan yang diperoleh dari limbah cangkang udang windu. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia (JTKI)*. Vol. 9(1):11-18.
- Muzzarelli RAA., 1993. *Biochemical significance at exogenous chitins and chitosan in animals and patients*. Biomaterials. Vol. 20. P.7-16.
- No, H.K., Cho, Y.L., Meyers, S.P., (2000a), *"Effective Deacetylation of Chitin under Conditions of 15 psi/121°C"*, Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 48(6), hal.2625-2627.
- No, H.K., Lee, S.H and Meyers, S.P., (2000b), *"Correlation Between Physicochemical Characteristics and Binding Capacities of Chitosan Products"*, Journal of Food Science, 65(7), hal. 11341137.
- Nurminah, M. 2009. *Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik dan Kertas serta Pengaruhnya Terhadap Bahan yang dikemas*. Fakultas Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Prasetio, W. K., 2006, *"Pengolahan Limbah Cangkang Udang (online)"*, <http://www.kompas.com/htm>, diakses 18 September 2006.
- Prisiska, Fahja. 2012. *Pengaruh kitosan terhadap sifat elongasi dan kekuatan regang biomembran penutup luka*. Jakarta : Jurusan Farmasi UHAMKA
- Sari, Sylvia Barkey. 2002. *Aplikasi Edible Film Khitosan dari Kulit Udang Windu pada Penyimpanan Buah Tomat. Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suhardi. 2009. *Khitin dan Khitosan*, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- Swastati. F. 2008. *Pemanfaatan limbah cangkang udang menjadi edible coating untuk mengurangi pencemaran lingkungan*. Jurusan Perikanan : Universitas Diponegoro 4(4):101-106.