

Karakterisasi Tepung Pektin Albedo Semangka (*Citrullus lanatus* (Thunberg) Matsum. & Nakai) sebagai Alternatif Bahan dalam Pembuatan Cangkang Kapsul Keras

Characterization of Albedo Pectin Powder of Watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunberg) Matsum. & Nakai) as an Alternative Material in Manufacture of Hard Capsule Shell

¹Ferisa Riferty, ²Diar Herawati E, ³Hilda Aprilia W.

^{1,2,3}Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116

email: ¹ferisa.riferty@yahoo.com, ²diarmunawar@gmail.com, ³hilda.aprilia@gmail.com

Abstract. The capsule shell is a small container used to wrap, protect, and cover the medicinal dosage form. Capsules are generally made of gelatin, but can also be made from starch or other suitable materials. This study purposes to investigate the possible utilization of pectin in watermelon albedo by characterizing and formulating so that it can be used in the manufacture of hard capsule shell. The manufacturing process of pectin powder from watermelon albedo was conducted by acid extraction method using HCl solvent 0,0025 N pH 2,6 at temperature 55°C for 180 minutes. The results 9,24% pectin was obtained. The resulting of pectin characteristics are water content 15,52%, ash content 8,03%, equivalent weight 2319,87 mg, low metoxyl pectin 3,24%, galacturonate content 25,18%, and high ester pectin 73,17%. The best capsule shell formulation is F6 (pectin 2,6%, CMC-Na 10,04%, CaCl₂ 0,08%, aquades 86,92%). The result of F6 evaluation is pH 6,49, disintegration time 20 minutes 45 seconds, capsule weight 89,32 mg, total capsule length 22,53 mm, capsule capacity 424,83 mg, body diameter 7,35 mm and cover diameter 7,68 mm. The results of capsule shell F6 already meet the standard.

Keywords: Capsule, pectin, albedo, watermelon.

Abstrak. Cangkang kapsul adalah suatu wadah kecil yang digunakan untuk membungkus, melindungi, dan menutupi sediaan obat. Kapsul umumnya terbuat dari gelatin, tetapi dapat juga terbuat dari pati atau bahan lain yang sesuai. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti kemungkinan pemanfaatan pektin albedo semangka dengan mengkarakterisasi serta memformulasi sehingga dapat dimanfaatkan dalam pembuatan cangkang kapsul keras. Proses pembuatan pektin dari albedo semangka dengan metode ekstraksi asam menggunakan pelarut HCl 0,0025 N pH 2,6 pada temperatur 55°C selama 180 menit. Hasil penelitian diperoleh pektin sebesar 9,24%. Karakteristik pektin yang dihasilkan adalah kadar air 15,52%, kadar abu 8,03%, berat ekuivalen 2319,87 mg, pektin metoksil rendah 3,24%, kadar galakturonat 25,18%, dan pektin berester tinggi 73,17%. Formulasi cangkang kapsul terbaik adalah F6 (pektin 2,6%, CMC-Na 10,04%, CaCl₂ 0,08%, aquades 86,92%). Hasil evaluasi F6 adalah pH 6,49, waktu hancur 20 menit 45 detik, berat kapsul 89,32 mg, panjang kapsul total 22,53 mm, kapasitas kapsul 424,83 mg, diameter badan 7,35 mm dan diameter tutup 7,68 mm. Hasil evaluasi cangkang kapsul pada F6 sudah memenuhi standar.

Kata Kunci: Kapsul, pektin, albedo, semangka.

A. Pendahuluan

Salah satu bentuk sediaan yang paling populer, nyaman, dan menguntungkan bagi masyarakat adalah kapsul. Kapsul merupakan bentuk sediaan padat yang mengandung satu atau lebih bahan obat atau bahan *inert* lainnya yang dimasukkan ke dalam cangkang atau wadah kecil (Allen, 2010:222). Keuntungan dari bentuk kapsul adalah bentuknya menarik dan praktis, dapat menutupi obat yang berasa dan berbau tidak enak, mudah ditelan, cepat hancur, mudah larut dalam lambung (Syamsuni, 2006:166-171). Cangkang kapsul adalah suatu wadah kecil yang digunakan untuk membungkus, melindungi, dan menutupi suatu sediaan obat. Sediaan obat akan ditelan dan masuk ke dalam tubuh bersamaan dengan cangkang kapsulnya. Cangkang kapsul umumnya terbuat dari gelatin, tetapi dapat juga terbuat dari pati atau bahan lain yang sesuai (Depkes RI, 1995:2).

Selain makanan, kapsul untuk obat juga perlu diidentifikasi kehalalannya sebab

dimungkinkan terbuat dari bahan non-halal. Data dari *Gelatin Manufacturers of Europe* tahun 2005, produksi gelatin dunia terbesar berasal dari bahan baku kulit babi yakni 44,5% (136.000 ton), kedua dari kulit sapi 27,6% (84.000 ton), ketiga dari tulang 26,6% (81.000 ton) dan sisanya berasal dari selainnya 1,3% (4.000 ton) (Harianto *et al.*, 2008). Gelatin dari bahan baku kulit atau tulang sapi dan babi banyak digunakan dalam industri farmasi, sehingga sampai saat ini sifat kehalalannya masih dipermasalahkan (Hidaka dan Liu, 2003).

Salah satu alternatif untuk mengganti gelatin babi dalam pembuatan cangkang kapsul adalah pektin albedo semangka. Albedo semangka umumnya masih mengandung pektin sebesar 13% (Singh *et al.*, 1975:98-101). Pati dan pektin merupakan senyawa yang sangat potensial untuk dijadikan *edible film* (Winarti dkk., 2012:85-93). *Edible film* dilaporkan telah berhasil digunakan di sejumlah aplikasi komersial yaitu gelatin untuk kapsul, suplemen, obat, dan enkapsulasi untuk rasa (Krochta, 2002).

Dalam penelitian ini bertujuan untuk meneliti kemungkinan pemanfaatan pektin dalam albedo semangka dengan mengkarakterisasi serta memformulasi sehingga dapat dimanfaatkan dalam pembuatan cangkang kapsul keras. Manfaat dari penelitian ini adalah masyarakat memiliki informasi mengenai pemanfaatan bahan alam sebagai alternatif bahan baku farmasi yang lebih murah, aman, dan halal.

B. Landasan Teori

Tanaman *Citrullus lanatus* diklasifikasikan menurut Cronquist (1981:422-425) dan Paje & Hossen (1993:144) sebagai berikut:

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub kelas	: Dilleniidae
Bangsa	: Violales
Suku	: Cucurbitaceae
Marga	: <i>Citrullus</i>
Jenis	: <i>Citrullus lanatus</i> (Thunberg) Matsum. & Nakai
Sinonim	: <i>Momordica lanata</i> Thunberg, <i>Citrullus vulgaris</i> Schrader ex Ecklon & Zeyher, <i>Colocynthis citrullus</i> (L.) O. Kuntze.

Albedo disebut lapisan tengah (mesokarp) terletak di antara epidermis luar (eksokarp) dan epidermis dalam (endokarp). Albedo merupakan bagian kulit buah paling tebal, jaringan spon berwarna putih. Albedo berfungsi mensuplai air dan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangan buah. Albedo mengandung banyak selulosa, hemiselulosa, lignin, senyawa pektat, fenol, senyawa limonin yang lebih banyak. Albedo semangka juga tersusun atas pektin sebesar 13% (Albrigo dan Carter, 1997; Kalie, 1999; Singh, 1975).

Pektin merupakan polimer dari asam D-galakturonat yang dihubungkan oleh ikatan 1,4 glikosidik dan banyak terdapat pada lamella tengah (Halimatussadiyah, 2014:112-118). Pektin tersusun atas asam pektat, asam pektinat, dan protopektin. Pada asam pektat, gugus karboksil asam galakturonat dalam ikatan polimernya tidak teresterkan. Asam pektinat (pektin), dalam molekulnya terdapat metil ester pada beberapa gugus karboksil sepanjang rantai polimer dari galakturonat. Bila asam pektinat mengandung metil ester yang cukup (sekitar 50%), disebut pektin. Protopektin adalah senyawa pektin yang tidak larut, banyak terdapat pada jaringan tanaman muda (Winarno, 2004). Pektin mengandung tidak kurang dari 6,7% gugus metoksi (-OCH₃) dan tidak kurang dari 74,0% asam galakturonat (C₆H₁₀O₇), dihitung terhadap zat yang telah dikeringkan (Depkes RI, 1995:654).

Pektin berbentuk serbuk kasar atau halus, berwarna putih kekuningan, hampir tidak berbau, dan memiliki rasa seperti musilago (Depkes RI, 1995:654). Ditinjau dari sifat fisika, pektin bersifat koloid reversibel, yaitu dapat dilarutkan dalam air, diendapkan, dikeringkan, dan dilarutkan kembali tanpa perubahan sifat fisiknya (Cruess, 1988). Pektin hampir larut sempurna dalam 20 bagian air, membentuk cairan kental, praktis tidak larut dalam etanol atau pelarut organik lainnya (Depkes RI, 1995:654). Pektin yang bermetoksil tinggi larut dalam air dingin, sedangkan pektin bermetoksil rendah, larut dalam alkali dan asam oksalat. Kelarutan pektin dalam air ditentukan oleh jumlah gugus metoksil, distribusinya, dan bobot molekulnya (Towle dan Christensen, 1973).

Pektin yang bermetoksil tinggi dapat membentuk gel dengan gula dan asam, yaitu konsentrasi 58-75% dan pH 2,8-3,5. Pektin yang bermetoksil rendah tidak dapat membentuk gel dengan asam dan gula, tetapi dapat membentuk gel dengan adanya ion-ion kalsium (Chaplin, 2004). Berat molekul rata-rata pektin sangat bervariasi, berkisar antara 30.000-300.000 tergantung sumber, metode pembuatan, dan metode pengukuran (Kirk dan Othmer, 1967). Pektin bersifat asam dan koloidnya bermuatan negatif karena adanya gugus karboksil bebas. Larutan pektin stabil pada pH 2,0-4,0 (Nelson *et al.*, 1977).

Tabel 1. Standar Mutu Pektin (Standar Mutu Internasional Pectin Producers Association; Hanum, 2012:50)

Faktor Mutu	Kandungan
Kekuatan gel	Min 150 grade
Kandungan metoksil :	
- Pektin metoksil tinggi	> 7,12%
- Pektin metoksil rendah	2,5-7,12%
Kadar asam galakturonat	Min 35%
Susut pengeringan	Maks 12%
Kadar abu	Maks 10%
Kadar air	Maks 12%
Derajat esterifikasi:	
- Pektin ester tinggi	Min 50%
- Pektin ester rendah	Maks 50%
Bilangan asetil	0,15-0,45%
Berat ekivalen	600-800 mg

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pembuatan Tepung Pektin

Pada penelitian ini digunakan buah semangka yang diperoleh dari Pasar Balubur, Jalan Taman Sari No.33, Bandung Wetan. Bagian yang digunakan adalah albedo (bagian putih). Hasil determinasi menunjukkan bahwa yang digunakan adalah buah semangka dengan nama *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai.

Ekstraksi Pektin Albedo Semangka

Tahap selanjutnya simplisia albedo semangka dilakukan proses ekstraksi yang bertujuan untuk menghidrolisis protopektin menjadi asam pektinat (pektin) (Winarno, 2004). Tujuan pemilihan metode refluks adalah dengan adanya pemanasan dapat mudah merusak jaringan atau dinding sel tumbuhan sehingga akan dihasilkan pektin (asam pektinat). Pelarut yang digunakan adalah pelarut yang bersifat asam yaitu HCl. Ini dikarenakan sifat pektin yang bersifat asam dan pektin stabil pada pH 2-4. Peranan asam dalam ekstraksi pektin adalah untuk melarutkan ion polivalen, memutuskan ikatan antara asam pektinat dengan selulosa, menghidrolisa protopektin yang tidak larut air menjadi pektin yang larut air (Sufy, 2015:16).

Tahapan selanjutnya adalah proses pengendapan yang bertujuan untuk menarik senyawa pektin dari larutan dengan cara pengendapan senyawa pektin menggunakan pelarut aseton. Tahap pencucian bertujuan membersihkan sisa-sisa HCl supaya zat asam yang terkandung pada pektin hilang yang ditandai dengan tidak adanya warna merah bila ditambahkan indikator fenoltalein. Tahap pengeringan bertujuan untuk menguapkan pelarut organik sehingga terbentuk pektin kering. Pengeringan pektin dilakukan pada suhu 30-40°C agar tidak terjadi degradasi pektin terhadap pemanasan. Rendemen pektin yang diperoleh sebanyak 9,24%.

Karakterisasi Pektin

Tabel 2. Hasil Karakterisasi Pektin Albedo Semangka

No	Faktor Mutu	Hasil Pemeriksaan	
		Standar	Uji
1	Kadar air	Max 12%	15,52 %
2	Kadar abu	Max 10%	8,03 %
3	Berat ekuivalen	600 - 800 mg	2319,87 mg
	Kadar metoksil :		3,24 %
4	-Pektin metoksil rendah	2,5 - 7,12%	
	-Pektin metoksil tinggi	> 7,12%	
5	Kadar galakturonat	Min 35%	25,18 %
	Derajat esterifikasi :		73,17 %
6	-Pektin ester tinggi	Min 50%	
	-Pektin ester rendah	Max 50%	

Uji organoleptik bertujuan untuk mendeskripsikan bentuk, warna, dan bau dengan menggunakan panca indera, sehingga diperoleh hasil objektif. Dari hasil uji organoleptik, pektin albedo semangka memiliki bau khas yang ditimbulkan karena proses pengendapan dan pencucian pektin dan warna pektin kuning kecoklatan dihasilkan dari warna simplisia.

Penetapan kadar air akan menentukan besarnya kandungan air dalam pektin. Penetapan kadar air akan mempengaruhi kualitas dan daya simpan pektin. Berdasarkan **Tabel 2** hasil dari penetapan kadar air pektin albedo semangka yaitu 15,52%. Nilai ini menunjukkan bahwa pektin albedo semangka tidak memenuhi standar mutu pektin dalam Standar Mutu International Pectin Producers Association (2012). Penetapan kadar abu bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai kandungan senyawa anorganik dan unsur mineral pada pektin setelah dipanaskan pada suhu tinggi dimana

senyawa organik dan turunannya terdestruksi dan menguap. Penetapan kadar abu menunjukkan kadar mineral dan kemurnian suatu bahan. Berdasarkan **Tabel 2** hasil dari penetapan kadar abu total pektin albedo semangka yaitu 8,03%. Nilai ini menunjukkan pektin albedo semangka memenuhi standar mutu pektin.

Penentuan berat ekivalen bertujuan untuk menentukan banyaknya kandungan gugus asam galakturonat bebas (tak teresterifikasi) yang terdapat dalam rantai molekul pektin (Prasetyowati, 2009:43). Berdasarkan **Tabel 2** hasil penetapan berat ekivalen pektin albedo semangka adalah 2319,87 mg. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pektin albedo semangka yang dihasilkan tidak memenuhi standar mutu pektin karena lebih besar dari 800 mg. Kadar metoksil menyatakan banyaknya gugus metil teresterifikasi. Berdasarkan **Tabel 2** hasil dari penetapan kadar metoksil pektin albedo semangka yaitu 3,24%, sehingga digolongkan dalam pektin metoksil rendah, dimana pektin bermetoksil rendah memiliki kadar 2,5-7,12%. Pektin dengan kadar metoksil rendah sifat pembentukan gelnya kurang baik (Maulani, 2014:6).

Kadar galakturonat menunjukkan jumlah unit asam D-galakturonat pada rantai pektin. Kadar galakturonat mempengaruhi struktur dan tekstur dari gel pektin. Berdasarkan **Tabel 2** hasil dari penetapan kadar galakturonat dalam penelitian ini adalah 25,18%. Nilai galakturonat tersebut menunjukkan bahwa pektin albedo semangka tidak memenuhi standar mutu pektin karena kurang dari 35%. Derajat esterifikasi merupakan perbandingan antara jumlah gugus karbonil yang teresterifikasi dan jumlah gugus karbonil total pada rantai pektin. Berdasarkan **Tabel 2** hasil dari penetapan derajat esterifikasi pektin albedo semangka yaitu 73,17%, sehingga digolongkan dalam pektin berester tinggi, dimana pektin berester tinggi memiliki kadar minimal 50%.

Pembuatan larutan cangkang kapsul keras dilakukan dengan penambahan pektin, HPMC, CMC-Na, CaCl₂, dan aquades.

Tabel 3. Formulasi Cangkang Kapsul Keras

Bahan	Formula					
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Pektin	1%	1,5%	2%	1%	1,86%	2,6%
HPMC	4%	6%	8%	-	-	-
CMC-Na	-	-	-	12%	11,14%	10,4%
CaCl ₂	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%	0,08%
Aquades	94,92%	92,42%	89,92%	86,92%	86,92%	86,92%

Evaluasi Cangkang Kapsul

Pertama, pektin dan CaCl₂ dilarutkan dalam aquades yang bertujuan untuk membentuk larutan gel pektin. Pektin berfungsi sebagai pembentuk polimer film yang meningkatkan sifat mekanik cangkang kapsul (Scott *et al.*, 2006:1). CaCl₂ sebagai agen *cross linking* berfungsi memperkuat ikatan disulfida dan membentuk gel dengan pektin metoksil rendah, meningkatkan kekuatan mekanik (Sawitri dkk., 2008:51). Pektin tersusun atas polimer asam D-galakturonat yang terdiri dari gugus karboksil (-COOH), dapat berikatan dengan ion Ca²⁺(CaCl₂) membentuk garam Ca-pektin yang dapat membentuk gel, karena ikatan berstruktur amorf (tidak beraturan) sehingga mempunyai kemampuan mengembang bila ada molekul air (Sufy, 2015:13).

Tabel 4. Hasil Organoleptis Cangkang Kapsul

Evaluasi	Formula	
	F2	F6
Bau	Tidak berbau	Tidak berbau
Warna	Cokelat	Cokelat
Kejernihan	Jernih	Keruh
Tekstur	Lunak	Keras

Hasil organoleptis dari dua formula terbaik menunjukkan tidak adanya bau dan warna, perbedaan kejernihan, dan perbedaan tekstur. Perbedaan kejernihan terlihat jelas yang dipengaruhi oleh perbedaan basis yaitu HPMC penampakannya jernih sedangkan CMC-Na penampakannya keruh. Tekstur yang terbentuk dipengaruhi oleh konsentrasi basis HPMC dan CMC-Na yang ditambahkan dimana semakin tinggi konsentrasi basis akan semakin meningkat viskositas dari larutan dan meningkat teksturnya.

Tabel 5. Hasil Penetapan pH

Evaluasi	Formula	
	F2	F6
pH	5,860	6,491

Hasil pH dari dua formula yang menggunakan basis HPMC dan CMC-Na masih memenuhi syarat rentang pH larutan gelatin 4,5-6,5 karena yang diharapkan cangkang kapsul pektin memiliki pH yang mirip dengan gelatin. Pektin bersifat asam dan koloidnya bermuatan negatif karena adanya gugus karboksil bebas. Larutan pektin stabil pada pH 2,0-4,0 (Nelson *et al.*, 1977).

Tabel 6. Hasil Spesifikasi Cangkang Kapsul

Parameter	Standar (PT Kapsulindo Nusantara)	F2	F6
Berat kapsul (mg)	Min 87	124,17	89,32
	Max 105		
	Rata-rata 96		
Panjang kapsul total (mm)	21,00 - 22,00	22,59	22,53
Kapasitas kapsul (mg)	408 (0,6 g/mL)	425,09	424,83
	544 (0,8 g/mL)		
	680 (1,0 g/mL)		
	816 (1,2 g/mL)		
Diameter badan (mm)	7,290 ± 0,203	7,37	7,35
Diameter tutup (mm)	7,569 ± 0,305	8,27	7,68

Jika dilihat dari hasil penelitian dibandingkan dengan acuan standar dari PT. Kapsulindo Nusantara, yang memenuhi syarat cangkang kapsul F2 adalah diameter badan dan tutup, sedangkan untuk F6 adalah berat, diameter badan dan tutup. Pada F2 dan F6, beberapa parameter tidak memenuhi syarat dikarenakan metode pencelupan dilakukan secara manual, viskositas larutan yang sangat kental tidak seperti viskositas larutan gelatin, dan pemotongan cangkang kapsul.

Tabel 7. Hasil Uji Waktu Hancur

Evaluasi	Formula	
	F2	F6
Uji waktu hancur	> 60 menit	20 menit 45 detik

Waktu hancur adalah waktu yang dibutuhkan kapsul untuk hancur dalam media yang sesuai. Waktu hancur yang baik adalah 15 menit atau kurang dari 30 menit. Waktu hancur F2 adalah >60 menit, ini menunjukkan bahwa kapsul HPMC tidak memenuhi syarat waktu hancur kapsul. Ini dikarenakan HPMC merupakan polimer hidrofilik yang kelarutannya tidak dipengaruhi pH, mengandung gugus metoksi 19-24% (bersifat hidrofobik) dan gugus hidroksipropil 4-12% (bersifat hidrofilik) (Rowe *et. al.*, 2003). Selain itu, karena mekanisme hancurnya matriks hidrofilik seperti HPMC adalah membentuk lapisan hidrogel, mengembang jika kontak dengan air dan akan diikuti pengikisan/erosi karena terhidrasi (Lachman, 1994). Sedangkan waktu hancur F6 adalah 20 menit 45 detik, ini menunjukkan bahwa kapsul CMC-Na masih memenuhi syarat waktu hancur kapsul. Ini dikarenakan kelarutan CMC-Na yang mudah terdispersi dalam air dalam berbagai temperatur dan membentuk suspensi koloidal (Depkes RI, 1979).

D. Kesimpulan

Rendemen pektin albedo semangka yang diperoleh dengan metode refluks sebanyak 9,24%. Pektin albedo memiliki kadar air 15,52%, kadar abu 8,03%, berat ekuivalen 2319,87 mg, kadar metoksil 3,24% (pektin metoksil rendah), kadar galakturonat 25,18%, dan derajat esterifikasi 73,17% (pektin ester tinggi). Hampir sebagian besar pektin albedo tidak sesuai dengan standar mutu *International Pectin Producers Association*. Formula cangkang kapsul keras terbaik adalah F6 (pektin 2,6%, CMC-Na 10,04%, CaCl₂ 0,08%, aquades 86,92%). Berdasarkan hasil evaluasi cangkang kapsul yang dilakukan diperoleh bahwa F6 memenuhi standar.

Daftar Pustaka

- Allen, L.V., Popovich, N.G., & Ansel, H.C. (2010). *Bentuk Sediaan Farmasetis dan Sistem Penghantaran Obat* Edisi 9. Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2009). *Statistik Indonesia*. BPS, Jakarta.
- Chaplin, M. (2004). Pectin. Dalam <http://www.lsbu.ac.uk/water/hypec.html>. Diakses pada 11 Desember 2016 pukul 22.00 WIB.
- Cronquist, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press, New York.
- Cruess, W.V. (1988). *Commercial Fruit and Vegetable Products*. Fourth Edition. Mc.Graw Hill Book Company Inc, New York.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (1979). *Farmakope Indonesia*. Edisi III.

- Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan, Jakarta.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (1995). *Farmakope Indonesia*. Edisi IV. Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan, Jakarta.
- Halimatussadiyah, Susanti, F., Nurdin, M., Ansharullah. (2014). Isolasi Pektin dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) dan Uji Daya Serapnya Terhadap Logam Tembaga (Cu) dan Logam Seng (Zn). *Jurnal Agroteknos*, Juli, Vol. 4, No. 2.
- Hanum, F., Kaban, I.M.D. dan Tarigan, M.A. (2012). Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Pisang Raja. *Jurnal 1 Teknik Kimia USU*, Vol. 1, No. 2:21-26.
- Hariato, Tazwir, Perangin-angin R. (2008). Studi Teknik Pengeringan Gelatin Ikan dengan Alat Pengerang Kabinet. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, Vol. 3, No. 1:89-96.
- Hidaka, S and Liu, S.Y. (2003). Effect of Gelatins on Calcium Phosphate Precipitation: A Possible Application for Distinguishing Bovine Bone Gelatin from Porcine Skin Gelatin. *Journal of Food Composition and Analysis*. 16:477-483.
- IPPA (International Pectins Procedures Association). (2002). *What is Pectin*. Dalam http://www.ippa.info/history_of_pektin.htm. Diakses pada 11 Desember 2016 pukul 23.12 WIB.
- Kalie, M.B. (2008). *Bertanam Semangka*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Krochta, J.M. (2002). *Protein-Based Films and Coatings*. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington. D.C.
- Maulani, M.T., Aslamiah, Wicakso, D.R. (2014). Pengambilan Pektin dari Albedo Semangka dengan Proses Ekstraksi Asam. *Konversi*, April, Vol. 3, No. 1.
- Nelson, D.B., Smith, C.J.B., Wiles, R.L. (1977). Commercially Important Pectin Substances. Di dalam: Graham HD, editor. *Food Colloids*. Connecticut: Westport. Hlm 419-500.
- Paje, M.M. & Vossen, H.A.M.V.D. (1993). *Citrullus*. In: J.S. Siemonsma and Kasem Piluek (Editors): Plant Resources of South-East Asia (Prosea) No 8. *Vegetables*. Pudoc Scientific Publisher, Wageningen. pp.144-146.
- Prasetyowati, Sari, K.P., Pesantri, H. (2009). Ekstraksi Pektin dari Kulit Mangga. *Jurnal Teknik Kimia*, Desember, Vol. 16, No. 4.
- Roikah, S., Rengga, W.D.P., Latifah, Kusumastuti, E. (2016). Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*, L). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, Vol. 5, No. 1:29-36.
- Sawitri, M. E., Manab, A., Zanah, S. K. (2008). Pengaruh CaCl₂ Sebagai Cross Linked Agent Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Edible Film Protein Whey. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, Agustus, Vol. 3, No. 2.
- Scott, R. A., Cade, D., He, X. (2006). *Pectin Film Compositions*. United States Patent.
- Singh, R, Kumar, J.C., Nandpuri, K.S. (1975). A Study On The Influence of The Structural Chemical Constituents of The Skin of Watermelon (*Citrullus lanatus* Sch.) Fruit on The Incidence of Its Blossom-End-Rot and Cracking. *The Indian Journal of Horticulture*, 32(1/2): 98-101.
- Sufy, Qadrina. (2015). Pengaruh Variasi Perlakuan Bahan Baku dan Konsentrasi Asam Terhadap Ekstraksi dan Karakteristik Pektin dari Limbah Kulit Pisang Kepok Kuning (*Musa balbisiana* BBB) [Skripsi]. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Syamsuni, H. A. (2006). *Ilmu Resep*. Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Towle, G.A. dan Christensen, O. (1973). *Pectin*. Di dalam R. L Whistler (ed.) *Industrial*

Gum. Academic Press, New York.

Winarno F.G. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Winarti, C., Miskiyah, Widaningrum. (2012). Teknologi Produksi dan Aplikasi Pengemas Edible Antimikroba Berbasis Pati. *Jurnal Litbang Pertanian*, Vol. 31, No. 3:85-93.

