

ENKAPSULASI DAN UJI STABILITAS PIGMEN KAROTENOID DARI BUAH TOMAT YANG TERSALUT *CARBOXY METHYL CELLULOSE* (CMC)

Chu Juniana Aschida^{1*}, Adhitiyawarman¹, Lia Destiarti¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, email : aschidachjuniana@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang enkapsulasi dan uji stabilitas pigmen karotenoid dari buah tomat. Pigmen diperoleh dari hasil ekstraksi tomat menggunakan pelarut *n*-heksana:aseton:etanol =2:1:1 (v/v). Ekstrak kental pigmen kemudian dienkapsulasi menggunakan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sebagai penyalut dengan metode koaservasi. Enkapsulasi bertujuan untuk melindungi pigmen dari kondisi lingkungan yang dapat merusaknya. Enkapsulasi pigmen dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi penyalut CMC (10, 20 dan 30%) dan kecepatan pengadukan (500, 600, 700, dan 800 rpm). Analisis dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visibel pada panjang gelombang 469 nm. Efisiensi optimum enkapsulasi diperoleh dengan menggunakan 20% CMC yaitu sebesar 94,2%. Adapun kecepatan pengadukan yang menghasilkan efisiensi enkapsulasi tertinggi adalah 500 rpm dengan efisiensi 82,7%. Enkapsulat diuji fotostabilitasnya terhadap cahaya (cahaya polikromatis 73 lux dan UV-C 47 lux) dan termostabilitasnya pada suhu (30, 40, dan 50°C) selama 5 hari. Uji ini dilakukan untuk menentukan konstanta degradasi (*k*) dan waktu paruh ($t_{1/2}$) pigmen dalam enkapsulat. Berdasarkan penurunan absorbansi pigmen selama iradiasi dan suhu penyimpanan, nilai *k* pigmen oleh penyinaran cahaya polikromatis dan UV-C berturut-turut yaitu 0,0028 dan 0,0025 dengan $t_{1/2}$ sebesar 247,5 dan 277,2 jam. Adapun nilai *k* pigmen pada suhu 30, 40 dan 50°C berturut-turut adalah 0,0035, 0,0040, dan 0,0048 dengan $t_{1/2}$ sebesar 198 jam, 173,25 jam, dan 144,37 jam.

Kata kunci: Karotenoid tomat, enkapsulasi, CMC, fotostabilitas/termostabilitas, koaservasi.

PENDAHULUAN

Tomat merupakan produk pertanian yang berpotensi, menyehatkan dan mempunyai prospek pasar yang cukup menjanjikan. Buah tomat memiliki komposisi gizi yang cukup lengkap. Buah tomat mengandung gula-gula pereduksi (terutama glukosa dan fruktosa), sisanya asam-asam organik, mineral, vitamin, lipid dan pigmen. Salah satu pigmen terbanyak dalam tomat adalah likopen (Sunarmani, 2008).

Likopen bermanfaat bagi kesehatan manusia karena memiliki aktivitas antioksidan. Adanya sebelas ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur likopen menyebabkan senyawa ini mampu menahan serangan radikal bebas membentuk produk inaktif sehingga radikal bebas menjadi stabil (Chew, 1995 dalam Ginting, 2008). Likopen dapat membantu menurunkan resiko penyakit kronis termasuk kanker dan penyakit jantung (Rao and Agarwal, 2000). Dalam industri kosmetik, likopen berfungsi untuk mencegah kerusakan kulit yang disebabkan oleh oksigen dan cahaya (DiMascio *et al.*, 1989 dalam Mappiratu, dkk., 2010).

Adanya ikatan rangkap pada struktur likopen menyebabkan pigmen ini tidak stabil, mudah rusak dan teroksidasi jika terkena oksigen,

cahaya, logam dan bahan pengoksidasi lainnya (Novia, 2009). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan stabilitas likopen agar dapat bertahan dalam waktu yang lebih lama adalah dengan proses enkapsulasi.

Hasil proses enkapsulasi disebut enkapsulat. Enkapsulat yang dihasilkan terdiri dari dua bagian yaitu bagian inti dan bagian penyalut inti. Inti adalah material/zat yang akan disalut. Penyalut adalah matriks/zat yang digunakan untuk menyelaputi inti (Novia, 2009). Penyalut sendiri berfungsi untuk melindungi inti dari kerusakan karena oksidasi, pemanasan dan cahaya selama pemrosesan (Santos and Meireles, 2010).

Salah satu metode enkapsulasi yang sesuai dengan karakteristik pigmen karotenoid buah tomat adalah metode koaservasi sederhana. Koaservasi adalah suatu teknik enkapsulasi dengan melakukan pemisahan fase dalam sistem koloid. Kelebihan dari teknik koaservasi adalah dapat dikerjakan pada temperatur rendah sehingga cocok digunakan untuk bahan inti yang mudah rusak karena perubahan suhu seperti karotenoid dari tomat, peralatan yang digunakan sederhana, dan prosesnya cepat (Komari, 1994

dalam Desmawarni, 2007; Santos and Meireles, 2010).

Metode koaservasi sederhana hanya menggunakan satu jenis polimer penyalut. Penyalut yang digunakan dalam penelitian ini adalah CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*). CMC adalah turunan dari selulosa yang bersifat higroskopis, mudah larut dalam air dan membentuk larutan koloid. CMC memiliki kemampuan untuk menyatukan dua jenis bahan yang tidak saling melarut karena molekulnya terdiri dari gugus hidrofilik dan hidrofobik sekaligus (Suryani, dkk, 2002). Adanya gugus hidrofobik pada molekul CMC dapat menyebabkan interaksi secara fisika-kimia dan menghasilkan suatu kompleks yang stabil dengan karoten atau likopen.

Beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik enkapsulat dan keberhasilan proses enkapsulasi antara lain konsentrasi penyalut, kecepatan pengadukan, dan medium enkapsulasi (air, pelarut organik, atau gas) (Sutriyo, dkk, 2004). Oleh sebab itu, dalam penelitian ini akan dilakukan enkapsulasi pigmen karotenoid dari tomat dengan pengamatan terhadap variasi konsentrasi CMC, dan kecepatan pengadukan melalui metode koaservasi. Enkapsulat yang diperoleh kemudian diuji fotostabilitasnya dan termostabilitasnya serta dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Visibel.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah blender, peralatan gelas, neraca analitik, corong pisah, *manetic stirrer*, botol vial, oven, spektrofotometer UV-Visible double beam PC UVD 2950, lampu polikromatis dop Prima 10 watt 73 lux, lampu UV-C Philips 15 watt 47 lux dan luxmeter. Adapun bahan-bahan yang digunakan adalah buah tomat segar yang sudah matang, n-heksana, aseton, etanol, aquades, CMC, tween 80, dan gas N₂.

Prosedur Kerja Enkapsulasi pigmen

Bahan pelapis (CMC) dilarutkan dalam 10 mL aquades dengan konsentrasi 10%, 20%, dan 30% (%^{b/v}). Kemudian ditambahkan pigmen karotenoid sebanyak 20 mg dan tween 80 sebagai emulsifier sambil dihomogenkan. Campuran yang berbentuk gel tersebut kemudian dimasukkan dalam pelarut aseton 50 mL secara perlahan dengan pengadukan

500 rpm. Enkapsulat yang terbentuk didekantasi dan dikeringkan dengan gas N₂ secara perlahan. Langkah di atas diulangi dengan pengadukan 600, 700, dan 800 rpm.

Penentuan kadar dan efisiensi pigmen dalam enkapsulat (Adhitiyawarman, dkk., 2008)

Kadar pigmen dalam enkapsulat ditentukan menggunakan spektrofotometer dengan membuat kurva kalibrasi pigmen berdasarkan nilai absorbansinya. Dibuat seri konsentrasi pigmen hasil ekstraksi mulai 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; dan 1,8 mg/10 mL akuades. Sebelum dilarutkan dalam akuades, pigmen yang telah ditimbang ditambahkan 1 tetes tween 80 sebagai emulsifier. Kemudian diukur masing-masing absorbansinya pada 469 nm dan diplotkan kurvanya untuk memperoleh persamaan garisnya.

Sebanyak 0,1 g sampel enkapsulat dilarutkan dalam 10 mL akuades dan diukur absorbansinya pada 469 nm, kemudian dimasukkan kedalam persamaan garis untuk memperoleh konsentrasi pigmen dan ditentukan kadar pigmen yang terenkapsulasi dengan persamaan (Sharma, 1996 dan Regina, 2008 dalam Chairunnisa, 2008):

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{berat pigmen dalam enkapsulat}}{\text{berat pigmen yang ditambahkan}} \times 100\%$$

Uji stabilitas enkapsulat pigmen

a. Uji fotostabilitas

Masing-masing sebanyak 0,1 g enkapsulat dimasukkan dalam 6 botol vial kaca tertutup, dan disinari dengan cahaya polikromatik. Pengukuran absorbansi pigmen dilakukan pada hari ke 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 dengan melarutkan enkapsulat dalam 10 mL akuades dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 450-520 nm. Diulangi langkah tersebut dengan penyinaran oleh lampu UV-C.

b. Uji termostabilitas

Masing-masing sebanyak 0,1 g enkapsulat dimasukkan dalam 6 botol vial kaca tertutup, kemudian dimasukkan ke dalam oven pada temperatur 30°C. Pengukuran absorbansi pigmen dilakukan pada hari ke 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 dengan melarutkan enkapsulat dalam 10 mL akuades dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 450-520 nm. Diulang langkah tersebut pada suhu 40 dan 50°C. Sebagai pembandingan dilakukan perlakuan yang sama pada larutan pigmen tanpa dienkapsulasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Ekstraksi pigmen

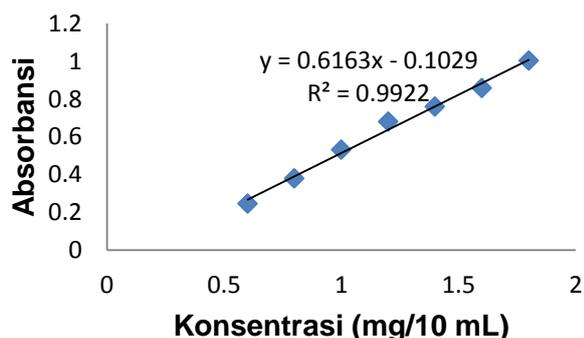
Pigmen karotenoid yang akan dienkapsulasi diperoleh dari hasil ekstraksi pigmen karotenoid dari buah tomat segar. Pigmen dari buah tomat diekstraksi menggunakan campuran 3 jenis pelarut yaitu n-heksan:aseton:etanol = 2:1:1 (%v).

Hasil ekstrak terdiri dari tiga lapisan. Lapisan bawah adalah lapisan yang terdiri dari air dan senyawa-senyawa lain yang bersifat polar, lapisan ini tidak berwarna (bening). Lapisan tengah adalah ampas dari tomat yang tampak lebih pucat (warna merahnya memudar yang menandakan likopen sudah terekstrak dan memisah dengan ampasnya). Lapisan atas adalah lapisan yang mengandung likopen (pigmen karotenoid tomat). Adanya likopen dibuktikan oleh warna kuning pada lapisan atas.

Lapisan atas kemudian dievaporasi untuk menghilangkan pelarut sehingga diperoleh ekstrak yang lebih kental. Ekstrak kental ini kemudian dikeringkan menggunakan gas N₂ sehingga diperoleh pigmen karotenoid yang siap dienkapsulasi.

Enkapsulasi pigmen

Konsentrasi dan efisiensi pigmen dalam enkapsulat ditentukan melalui persamaan kurva kalibrasi larutan karotenoid dari hasil ekstrak tomat (Gambar 1). Panjang gelombang yang digunakan pada kurva kalibrasi dan pengukuran konsentrasi enkapsulat adalah 469 nm dalam pelarut air.



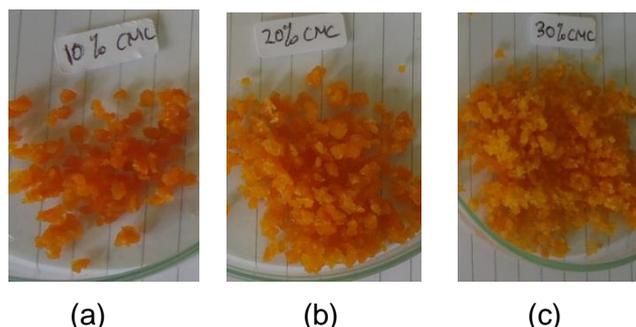
Gambar 1. Kurva kalibrasi larutan karotenoid tomat pada 469 nm

Efisiensi pigmen yang terkapsul pada konsentrasi CMC 10%, 20%, dan 30% disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Efisiensi Pigmen yang Terkapsul pada Variasi Konsentrasi CMC

Konsentrasi CMC	Absorbansi Rata-rata	Efisiensi (%)
10%	0,872	82,70
20%	0,459	94,18
30%	0,241	82,95

Berdasarkan Tabel 1, konsentrasi CMC sebagai penyalut yang paling efisien adalah 20% CMC. Meningkatnya konsentrasi penyalut akan mempercepat terbentuknya kulit atau pengerasan film yang melingkupi droplet bahan aktif namun ada titik optimum konsentrasi penyalut (Desmawarni, 2007). Titik optimum konsentrasi CMC untuk menyalut pigmen karotenoid pada penelitian ini adalah 20% dengan efisiensi 94,18%. Efisiensi ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan efisiensi enkapsulasi likopen yang tersalut campuran gelatin dan sukrosa dengan metode *spray drying* yaitu sebesar 81,6% (Shu, dkk, 2006 dalam Adhityawarman dan Karwur, 2008).



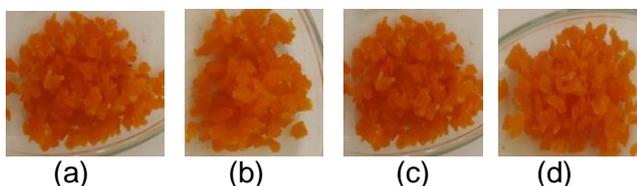
Gambar 2. Enkapsulat (a) 10% CMC, (b) 20% CMC, dan (c) 30% CMC

Carboxy Methyl Cellulose yang digunakan sebagai penyalut memiliki gugus hidrofobik. Gugus hidrofobik akan saling mendekat dan berinteraksi secara fisika-kimia sehingga menghasilkan suatu kompleks yang stabil dengan karoten atau likopen. Menurut Simanjuntak (2007), gugus hidrofobik CMC dapat berikatan dengan molekul minyak atau lemak (bahan yang bersifat nonpolar) termasuk likopen.

Gel dari campuran CMC dan pigmen didalam pelarut air akan membentuk dua fase setelah dimasukan dalam aseton. Enkapsulat akan mengendap ke bawah yang kemudian diambil secara dekantasi. Pemisahan fase terjadi karena CMC tidak dapat larut dalam aseton sehingga CMC akan memisahkan diri dengan membentuk butiran-butiran kecil (enkapsulat

yang mengeras) bersama pigmen yang disalutnya.

Selain pengamatan terhadap variasi konsentrasi CMC, proses enkapsulasi juga dilakukan dengan pengamatan terhadap kecepatan pengadukan. Bentuk enkapsulat yang dihasilkan berdasarkan kecepatan pengadukan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Enkapsulat (a) 500 rpm, (b) 600 rpm, (c) 700 rpm, dan (d) 800 rpm

Adapun efisiensi pigmen yang terkapsul berdasarkan variasi kecepatan pengadukan selama proses enkapsulasi pigmen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Efisiensi Pigmen yang Terkapsul pada Variasi Kecepatan Pengadukan

Kecepatan Pengadukan	Absorbansi Rata-rata	Efisiensi (%)
500 rpm	0,872	82,7
600 rpm	0,832	79,14
700 rpm	0,808	76,804
800 rpm	0,752	77,17

Berdasarkan hasil analisis data di atas, kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap efisiensi pengadukan. Semakin tinggi kecepatan pengadukan maka efisiensi enkapsulasi cenderung semakin kecil. Hal ini disebabkan karena semakin cepat pengadukan maka kekuatan dan frekuensi benturan antar partikel enkapsulat maupun alat pengaduk semakin meningkat dan kuat sehingga pigmen yang ada dalam enkapsulat terlepas kembali dalam pelarut. Ini terlihat pada sifat fisik dari medium enkapsulasi (aseton) yang digunakan menjadi berwarna kuning setelah dilakukan pengadukan. Warna orange tersebut disebabkan oleh pigmen yang terlepas kembali dari enkapsulat.

Uji Stabilitas Enkapsulat Pigmen

a. Uji fotostabilitas

Uji ini bertujuan untuk menentukan nilai konstanta degradasi pigmen (k) dan waktu paruh $t_{1/2}$ (waktu yang diperlukan untuk menurunkan konsentrasi pigmen sebesar 50%). Jumlah pigmen yang terdegradasi ditentukan dengan memperhatikan penurunan spektrum absorbansi.

Dengan mengasumsikan bahwa reaksi fotodegradasi pigmen mengikuti mekanisme reaksi orde pertama maka nilai k ditentukan dengan memplotkan grafik antara $-\ln A$ terhadap waktu (t), dimana k merupakan kemiringan grafiknya seperti persamaan (1) dan persamaan waktu paruh reaksi orde pertama pada persamaan (2).

$$-\ln [A] = kt - \ln[A_0] \dots \dots \dots (1)$$

$$t_{1/2} = (0,693)/k \dots \dots \dots (2)$$

Ket : [A] =absorbansi pigmen pada hari pertama hingga kelima

[A₀] =absorbansi pada hari kenol

Uji fotostabilitas pigmen dilakukan dengan menyinari enkapsulat menggunakan cahaya polikromatis dan UV-C. Tabel 3 menyajikan konstanta dan waktu paruh pigmen oleh penyinaran cahaya polikromatis dan UV-C.

Tabel 3. Konstanta Degradasi dan Waktu Paruh Pigmen oleh Penyinaran Lampu Polikromatis dan UV-C

Sumber cahaya	Konstanta degradasi (k)	Waktu paruh ($t_{1/2}$) (jam)
Polikromatis	0,0028	247,50
UV-C	0,0025	277,20

UV-C merupakan cahaya ultraviolet dengan panjang gelombang paling pendek dibandingkan UV-A dan UV-B, yaitu berkisar antara 100-280 nm. Panjang gelombang pendek dari UV-C menyebabkan cahaya ini memiliki energi yang lebih besar sehingga mempercepat proses degradasi pigmen. Adapun cahaya polikromatis adalah cahaya yang terdiri dari banyak warna dan panjang gelombang berkisar antara 380-750 nm (Owens *et al.*, 2005).

Panjang gelombang cahaya UV-C lebih pendek dibandingkan polikromatis namun nilai k oleh lampu UV-C 47 lux lebih kecil dibandingkan nilai k oleh lampu polikromatis 73 lux. Ini menandakan bahwa kelajuan degradasi pigmen oleh lampu polikromatis lebih cepat dibandingkan cahaya UV-C. Hal ini disebabkan karena intensitas cahaya polikromatis jauh lebih besar dibandingkan cahaya UV-C yang digunakan.

Berdasarkan nilai konstanta degradasi pigmen oleh lampu polikromatis dan UV-C maka dapat disimpulkan bahwa pigmen dalam enkapsulat cukup terlindungi bahkan terhadap cahaya UV-C yang memiliki energi tinggi.

b. Uji termostabilitas

Seperti halnya uji fotostabilitas, uji termostabilitas juga bertujuan untuk menentukan

banyaknya pigmen yang terdegradasi oleh pengaruh suhu penyimpanan. Selain dilakukan terhadap pigmen dalam enkapsulat, uji termostabilitas juga dilakukan terhadap larutan pigmen yang tidak dienkapsulasi.

Suhu penyimpanan dilakukan hingga 50°C. Menurut Febriansah, dkk (2008), pemanasan hingga suhu 60°C mengakibatkan likopen terdegradasi melalui proses isomerisasi. Isomerisasi ini mengubah bentuk konfigurasi trans likopen (secara termodinamik adalah bentuk yang stabil) menjadi isomer mono atau poli cis. Tabel 4 menyajikan konstanta degradasi dan waktu paruh pigmen pada suhu 30, 40, dan 50°C.

Tabel 4. Konstanta Degradasi dan Waktu Paruh Pigmen pada Suhu 30, 40, dan 50°C

Suhu	Konstanta Degradasi Pigmen		Waktu Paruh Pigmen (jam)	
	dalam enkapsulat	tanpa enkapsulasi	dalam enkapsulat	tanpa enkapsulasi
30°C	0,0035	0,007	198	99
40°C	0,004	0,0203	173,25	34,14
50°C	0,0048	0,0699	144,375	9,91

Konstanta degradasi selalu memiliki hubungan berbanding lurus dengan suhu (Atkins, 1996). Kenaikan nilai k seiring meningkatnya suhu menandakan bahwa semakin tinggi suhu maka laju degradasi pigmen semakin cepat. Suhu penyimpanan 30°C memiliki nilai k paling kecil dibandingkan suhu 40 dan 50°C.

Berdasarkan Tabel 4, konstanta degradasi pigmen dalam enkapsulat lebih kecil jika dibandingkan dengan konstanta degradasi pigmen yang tidak dienkapsulasi. Ini membuktikan bahwa pigmen dalam enkapsulat lebih terlindungi (tidak cepat terdegradasi) dibandingkan dengan pigmen yang tidak dienkapsulasi. Pada suhu 30°C, konstanta degradasi pigmen tanpa dienkapsulasi 2 kali lebih besar dibandingkan dengan konstanta degradasi pigmen dalam enkapsulat. Pada suhu 40 dan 50°C berturut-turut 5 dan 14 kali lebih besar dibandingkan konstanta degradasi pigmen dalam enkapsulat.

KESIMPULAN

1. Konsentrasi optimum penyalut CMC pada enkapsulasi pigmen karotenoid dari buah tomat secara koaservasi sederhana adalah 20% dengan efisiensi 94,185%. Adapun efisiensi enkapsulasi tertinggi berdasarkan kecepatan pengadukan yaitu 82,7% dengan kecepatan pengadukan 500 rpm.

2. Hasil uji stabilitas enkapsulat pigmen karotenoid selama 5 hari menunjukkan bahwa:

- Konstanta degradasi pigmen dalam enkapsulat oleh lampu polikromatis 73 lux dan lampu UV-C 47 lux berturut-turut adalah 0,0028 dan 0,0025 dengan waktu paruh pigmen 247,50 dan 277,20 jam.
- Konstanta degradasi pigmen dalam enkapsulat pada suhu penyimpanan 30, 40 dan 50°C berturut-turut adalah 0,0035; 0,004 dan 0,0048 dengan waktu paruh pigmen 198; 173,25 jam dan 144,375 jam

Daftar Pustaka

Adhitiyawarman., Karwur, F.F., dan Limantara, L., 2008, Pembuatan Tepung Klorofilin, Prosiding Seminar Nasional Kimia Universitas Gajah Mada, Juli 2008.

Adhitiyawarman dan Karwur, F.F., 2008, Mikroenkapsulasi : Aplikasi Pada Karotenoid, Prosiding Seminar Nasional Kimia Universitas Gajah Mada, Juli 2008.

Adhitiyawarman dan Rahmalia, W., 2014, Uji Fotostabilitas Pigmen Karotenoid Kulit Buah Melinjo (*Gnetum gnemon* L), Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Statistika, Februari 2014.

Andayani, R., Maimunah., dan Lisawati, Y., 2008, Penentuan Aktivitas Antioksidan, Kadar Fenolat Total dan Likopen Pada Buah Tomat (*Solanum lycopersicum* L), *J. Sains dan Teknologi Farmasi*, 13(1): 31-37.

Atkins, P.W., 1996, Kimia Fisika, Edisi ke 4, Jilid 2, Penerjemah: Irma I. Kartohadiprodo, Erlangga, Jakarta.

Chairunnisa, R., 2011, Pengaruh Jumlah Pasta Tomat Terhadap Penurunan Kadar Gula Darah Pada Mencit Diabetes, *J. Teknologi Industri Pertanian*, (1):1-12.

Desmawarni., 2007, Pengaruh Komposisi Bahan Penyalut dan Kondisi *Spray Drying* Terhadap Karakteristik Mikrokapsul Oleoresin Jahe. Institut Pertanian Bogor. (Skripsi).

Febriansah, R, I., Palupi, K, D., dan Ikawati, M., 2008, Tomat (*Solanum Lycopersicum* L) Sebagai Agen Kemopreventif Potensial, *International Seminar of Indonesia-Malaysia Update 2008*, Universitas Gajah Mada dan Universitas Sains Malaysia.

Ginting, R.S., 2008, Pengaruh Pengolahan Terhadap Kadar Likopen Buah Tomat dan Pengaruh Penyimpanan pada Suhu

- Dingin (*Refrigeration*) Terhadap Mutu Produk Olahan Tomat. Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Skripsi).
- Mappiratu., Nurhaeni., dan Israwaty, I., 2010, Pemanfaatan Tomat Afkiran Untuk Produksi Likopen, *Media Litbang SulTeng* III. (1): 64-69.
- Novia, S., 2009, Stabilitas Mikrokapsul Minyak Sawit Merah Hasil Pengeringan Lapis Tipis Selama Penyimpanan. Institut Pertanian Bogor. (Skripsi).
- Owens, M, U., Deal, D, R., Shoemaker, M, O., Knudson, G, B., Mesaros, J,E., and Deal, J, L., 2005, High-Dose Ultraviolet C Light Inactivates Spores of *Bacillus Atrophaeus* and *Bacillus Anthracis* Sterne on Nonreflective Surfaces, *Applied Biosafety*, 10(4): 240-247.
- Rao, V, A., dan Agarwal, S., 2000, Role of Antioioxidant Lycopene in Cancer and Heart Disease, *J. American College of Nutrition*, 19(5): 563-569.
- Santos, D, T., dan Maireles, M, A., 2010, Carotenoid Pigments Encapsulation: Fundamentals, Techniques and Recent Trends, *J. The open Chemical Engineering*, (4): 42-50.
- Simanjuntak, M., 2007, Optimasi Formula Mikroenkapsulat Minyak Sawit Merah Menggunakan Maltodekstrin, Gelatin dan *Carboxymethyl Cellulose* dengan Proses *Thin Layer Drying*. Institut Pertanian Bogor. (Skripsi).
- Sunarmani, K. T, 2008, Parameter Likopen Dalam Standarisasi Konsentrat Buah Tomat, *Prosiding PPI Standarisasi*, Jakarta.
- Sutriyo., Djajadisastra, J., dan Novitasari, A., 2004, Mikroenkapsulasi Propanolol Hidroklorida Dengan Penyalut Etil Selulosa Menggunakan Metoda Penguapan Pelarut, *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 1(2): 93-101.
- Suryani A, Sailah I, dan Hambali E. 2002. *Teknologi Emulsi*. Bogor: IPB.