

Pengaruh Jenis Penyalut Terhadap Stabilitas Likopen Dalam Bentuk Sediaan Mikrokapsul

Amila, Cepy Hadiansyah, Yukeu Fazriah, Fitrianti Darusman, Indra Topik

Program Studi Farmasi Universitas Islam Bandung

Jl. Rangka Gading No.8 Bandung

ABSTRAK

Berbagai penelitian membuktikan bahwa likopen dapat menurunkan resiko berbagai penyakit seperti gangguan kardiovaskular, diabetes, hiperkolesterolemia dan kanker. Akan tetapi, likopen sangat mudah mengalami reaksi isomerisasi dan oksidasi selama proses pengolahan maupun penyimpanan karena memiliki banyak ikatan tak jenuh, sehingga aktivitasnya jadi menurun. Oleh sebab itu, untuk meningkatkan stabilitas likopen dilakukan teknik mikroenkapsulasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jenis penyalut terhadap stabilitas likopen hasil mikroenkapsulasi dengan metode spray dry. Jenis penyalut yang digunakan adalah Hidroksi propil β -siklodekstrin (M1) dan kombinasi Whey protein-Maltodekstrin (M2). Mikrokapsul yang diperoleh dievaluasi meliputi Efisiensi Enkapsulasi (EE), kandungan lembab dan sifat organoleptis, lalu dilanjutkan dengan pengujian stabilitas pada suhu kamar dengan dua kondisi yang berbeda yaitu terpapar cahaya dan tidak terpapar cahaya. Hasil evaluasi menunjukkan nilai EE untuk M1 dan M2 adalah 7,6 % dan 8,2 %, Kandungan lembab M1 dan M2 berturut-turut adalah 5,4 dan 5,1%, dan semua formula menunjukkan sifat organoleptis yang hampir sama yaitu berbentuk serbuk berwarna jingga dengan bau khas. Hasil uji stabilitas menunjukkan bahwa baik M1 maupun M2 tidak mengalami penurunan kadar selama 4 minggu penyimpanan pada tempat tidak terpapar cahaya, sedangkan pembanding dalam bentuk serbuk likopen bebas mengalami penurunan kadar sebesar 40,9%. Pada penyimpanan terpapar cahaya M1 dan M2 mengalami penurunan kadar masing masing sebesar 48,7% dan 43,37%, sedangkan pembanding 96,75%. Kesimpulan yang didapat adalah penyalut HPBCD dan kombinasi WP-MD dapat meningkatkan stabilitas likopen dalam bentuk mikrokapsul.

Kata kunci: Likopen, hidroksi propil β -siklodekstrin, *whey protein*, maltodekstrin, stabilitas

Effect of Coating Types to Lycopene's Stability In Microcapsule

ABSTRACT

Many studies suggest that lycopene has an ability to decrease the risk of many diseases such as cardiovascular disorders, diabetes, hypercholesterolemia, and cancer. However due to its high degree unsaturation, lycopene is inclined in isomerize and oxidize by processing and storage condition. Hence, in order to increase the stability of lycopene the technology of microencapsulation was involved. This research aimed to study the effect of encapsulant type on the stability of microencapsulated lycopene that proceed spray drying. Two different encapsulant were comparatively studied: Hydroxy propyl β -cyclodextrin (M1) and combination of whey protein-Maltodextrin (M2). The microcapsules were evaluated based on Encapsulation Efficiency (EE), Moisture Content (MC), and Organoleptic (forms, colours and flavour) and then submitted to the stability test were applied at two different conditions, presence and absence of light at room temperature. The EE values of M1 and M2 were 7,6 and 8,2 %, respectively. The MC of M1 and M2 were 5.40 and 5.1%, respectively and all formula have orange powder forms with specific flavour. The stability test showed that M1 and M2 had no reduction of concentration at absence of light condition, the free form lycopene had 40,9% reduction. At the presence of light condition of M1 was found 46% loss of lycopene, M2 was 46% and the free form was 96,75%. Based on this study, HBCD and combination of WP-MD as encapsulant were effected to increase the stability of lycopene on microcapsul form.

Key words: Lycopene, hydroxy propyl β -cyclodextrin, whey protein, maltodextrin, stability

Korespondensi: Amila
amilagadriapt@gmail.com

Pendahuluan

Karotenoid merupakan suatu golongan senyawa yang memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Pigmen ini banyak digunakan sebagai pewarna alami pada produk pangan, kosmetik dan pakan hewan.¹ Likopen bukan merupakan nutrisi esensial untuk manusia. Akan tetapi pemanfaatan likopen banyak ditemukan dalam produk makanan seperti saus tomat. Likopen yang diabsorpsi melalui saluran cerna akan didistribusikan ke seluruh tubuh oleh darah dengan bantuan berbagai lipoprotein. Likopen akan terakumulasi pada liver, kelenjar adrenal, prostat dan testis. Diantara semua senyawa golongan karotenoid, likopen memiliki aktivitas antioksidan yang paling kuat. Senyawa ini memiliki kemampuan untuk meredam radikal bebas oksigen singlet dan hidroksi peroksil yang merupakan radikal yang paling bertanggung jawab pada kerusakan DNA pada patologi kanker. Kemampuan tersebut menjadikan likopen banyak diteliti sebagai senyawa anti kanker terutama kanker prostat.² Senyawa ini disintesa oleh banyak tanaman dan mikroorganisme, berperan sebagai pembentuk warna serta pelindung dari efek toksik oksigen dan cahaya. Tomat merupakan salah satu sumber likopen yang sangat mudah didapat. Kandungan likopen pada tomat bervariasi dari 0,85 mg sampai 13,6 mg/100 g tergantung pada kematangan buah.³

Likopen merupakan senyawa tak jenuh, terdiri dari 40 molekul karbon asiklik dengan 11 ikatan rangkap terkonjugasi dan 2 tidak terkonjugasi dalam konfigurasi alami trans. Konfigurasi trans ini merupakan bentuk yang paling stabil secara termodinamika.³ Paparan temperatur tinggi, oksigen dan cahaya dapat mempercepat terjadinya isomerisasi dan degradasi likopen. Isomerisasi dapat mengubah isomer trans menjadi isomer cis, yang mengakibatkan penurunan aktivitas biologis likopen.⁴

Salah satu teknik yang dapat dilakukan untuk meningkatkan stabilitas

likopen dari pengaruh lingkungan luar adalah dengan membuat dalam bentuk sediaan mikrokapsul. Mikroenkapsulasi didefinisikan sebagai suatu proses dimana mikropartikel atau droplet dibungkus oleh suatu bahan pembentuk dinding. Dinding mikrokapsul salah satunya dapat berfungsi sebagai pelindung secara fisik bagian inti terhadap pengaruh lingkungan luar yang tidak menguntungkan seperti cahaya, kelembaban dan oksigen.⁵

Teknik mikroenkapsulasi yang paling banyak digunakan adalah *spray dry*. *Spray dry* adalah suatu proses dehidrasi yang paling cocok digunakan untuk bahan yang tidak tahan pemanasan. Bahan penyalut yang dapat digunakan dengan metode *spray dry* antara lain adalah karbohidrat dengan bobot molekul rendah, whey protein, gelatin dan gum.⁵ Selain itu, senyawa lain yang dapat digunakan adalah siklodekstrin. Senyawa ini memiliki bagian inti yang bersifat hidrofobik sehingga memungkinkan terjadinya interaksi fisikokimia dengan karotenoid, membentuk suatu kompleks inklusi yang stabil.¹

Perbedaan jenis penyalut akan mempengaruhi tipe mikrokapsul yang terbentuk. Tipe mikrokapsul dapat berupa inti yang disalut oleh dinding monolayer atau multi layer, atau tipe matriks dimana tidak hanya terdapat satu inti melainkan inti terdispersi dalam matriks penyalut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh jenis penyalut mikrokapsul terhadap stabilitas likopen. Penyalut yang digunakan adalah Hidroksi Propil β -siklodekstrin dan kombinasi whey protein dan maltodekstrin. Perbandingan bahan penyalut dan bahan inti yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil optimasi dari penelitian sebelumnya yang masing masing dilakukan oleh Hadiansyah dkk (2016)⁶ dan Fazriah dkk (2016)⁷.

Metode

Alat

Alat - alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat semprot kering/*spray dryer* (BUCHI-190), mesin penghalus (blender), timbangan analitik (Mettler Toledo), *rotary vacuum evaporator* (IKA), sonikator (BRANSON 2800), vortex (Thermo Scientific), Spektrofotometer UV-Visible (Shimadzu® UV-1800), vortex (Thermo Scientific), *moisture balance* (Mettler Toledo MJ33), Ultra turax(IKA) dan alat-alat gelas yang umum digunakan di laboratorium.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) diperoleh dari perkebunan tomat di daerah Lembang, Kabupaten Bandung, n-heksan, *whey protein*, maltodekstrin, hidroksi propil β -siklodekstrin (Kleptosel), tween 80, aqua DM, Ethanol, kertas perkamen, kain batis dan aluminium foil.

Prosedur

Penyiapan Konsentrat Likopen

Konsentrat likopen dibuat dengan terlebih dahulu dibuat pasta tomat. Pasta tomat dibuat dengan cara menghancurkan tomat menggunakan blender, kemudian disaring dengan menggunakan kain batis. Residu dikeringkan dalam lemari pengering suhu 40°C sampai menjadi serbuk kering. Serbuk kemudian dimaserasi menggunakan pelarut n-heksan. Maserat yang didapat diuapkan hingga diperoleh ekstrak kental yang disebut sebagai konsentrat likopen.

Pembuatan Mikrokapsul Konsentrat Likopen

1. Pembuatan mikrokapsul dengan penyalut Hidroksi propil β -siklodekstrin
Hidroksi propil β -siklodekstrin (HPBC) dilarutkan dalam air dan ekstrak likopen dilarutkan dalam n-heksan sampai terlarut. Larutan HPBC dicampurkan dengan larutan ekstrak likopen untuk membuat inklusi antara larutan β -siklodekstrin dan

likopen dengan perbandingan molaritas antara β -siklodekstrin-likopen yaitu 1:1.⁸ Campuran tersebut ditambahkan 5 ml Tween 80 lalu diaduk menggunakan magnetik stirrer pada kecepatan 200 rpm selama 5 jam. Selanjutnya campuran larutan diubah menjadi mikrokapsul dengan alat pengering semprot. Alat pengering semprot yang digunakan diatur sedemikian rupa sehingga mempunyai suhu inlet 180°C, suhu outlet 100°C, laju alirnya 60 rpm dan tekanan semprot pada skala 2 bar.

2. Pembuatan mikrokapsul dengan penyalut kombinasi Whey protein dan Maltodekstrin

Tahap pertama enkapsulan kombinasi Whey protein (WP) dan Maltodekstrin (MD) dengan perbandingan bobot 2:1 dicampur dengan 300 ml air bebas ion, diaduk pada 60°C selama 30 menit. Selanjutnya dilakukan pembuatan emulsi dengan menambahkan konsentrat likopen hasil ekstraksi pada campuran enkapsulan tersebut. Pembuatan emulsi ini dilakukan dengan ultra turax 7000 rpm selama 60 menit. Untuk mendapatkan mikrokapsul, emulsi kemudian dikeringkan dengan *spray dryer* pada suhu inlet 180°C dan outlet 90°C sehingga mikrokapsul memadat karena adanya pemanasan.⁹

Karakterisasi Hasil Mikroenkapsulasi

1. Efisiensi Enkapsulasi (EE)

Efisiensi enkapsulasi diuji dengan cara memecah mikrokapsul yang dilarutkan dalam metanol dengan cara sonikasi, dan ditetapkan kadarnya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 350-550 nm. Efisiensi enkapsulasi dihitung dengan membandingkan jumlah obat dalam mikrokapsul dengan jumlah obat yang secara teori dimasukkan ke dalam formula:

$$EE = \frac{\text{Absorbansi}}{\text{Bobot zat teoritis}} \times 100 \%$$

2. Penentuan Kadar Lembab

Kadar air mikrokapsul dievaluasi dengan menggunakan *moisture analyzer*. Sejumlah mikrokapsul diletakkan diatas wadah aluminium kemudian diukur pada suhu 105°C. Kadar air ditentukan berdasarkan kadar yang tertera pada alat.

menyimpan mikrokapsul pada suhu kamar selama 4 minggu. Penyimpanan dilakukan pada dua kondisi yaitu terpapar cahaya dan tidak terpapar cahaya. Penetapan kadar dilakukan setiap minggu menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 465 nm. Sebagai pembanding digunakan kurva kalibrasi antara konsentrasi konsentrat likopen dan absorbansinya pada panjang gelombang 465 nm.

Uji Stabilitas Mikrokapsul

Uji stabilitas dilakukan dengan

Hasil

Tabel 1. Karakteristik Mikrokapsul Dengan Penyalut HPBCD (M1)

Karakteristik	Hasil
Efisiensi Enkapsulasi	7,86 %
Kadar Lembab	5,40 ±0,16
Organoleptis	serbuk, jingga, tidak berbau

Tabel 2. Karakteristik Mikrokapsul Dengan Penyalut WP-MD (M2)

Karakteristik	Hasil
Efisiensi Enkapsulasi	8,2 %
Kadar Lembab	5,09±0,07 %
Organoleptis	serbuk, krem, bau ekstrak menyengat

Tabel 3. Perubahan Organoleptis Pada Penyimpanan Terpapar Cahaya

Formula	Parameter	Pengamatan Organoleptis Minggu Ke			
		1	2	3	4
M1	Bentuk	+++	+++	+++	+++
	Warna	+++	++	+	+
	Bau	-	-	-	-
M2	Bentuk	+++	+++	+++	+++
	Warna	+	+	+	+
	Bau	+++	+	+	-
Pembanding	Bentuk	+++	+++	+++	+++
	Warna	+++	++	+	-
	Bau	++	-	-	-

Keterangan :

(+++) = Bentuk : Serbuk

Warna : Oranye

Bau : Bau ekstrak

Seiring berkurangnya (+) ditandai dengan adanya perubahan bentuk, warna, dan bau.

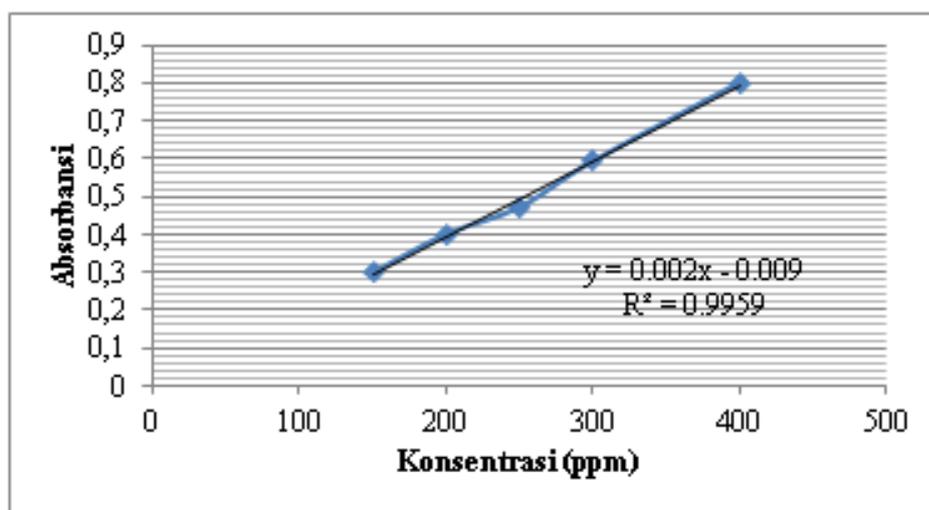
Tabel 3. Perubahan Organoleptis Pada Penyimpanan Tidak Terpapar Cahaya

Formula	Parameter	Pengamatan Organoleptis Minggu Ke			
		1	2	3	4
M1	Bentuk	+++	+++	+++	+++
	Warna	+++	+++	+++	+++
	Bau	-	-	-	-
M2	Bentuk	+++	+++	+++	+++
	Warna	+	+	+	+
	Bau	+++	+++	+++	-
Pemanding	Bentuk	+++	+++	+++	+++
	Warna	+++	+++	+++	++
	Bau	++	++	++	+

Keterangan :

(+++) = Bentuk : Serbuk
 Warna : Oranye
 Bau : Bau ekstrak

Seiring berkurangnya (+) ditandai dengan adanya perubahan bentuk, warna, dan bau.

**Gambar 1.** Kurva Kalibrasi Konsentrasi Konsentrat Likopen terhadap Absorbansi**Tabel 5.** Kadar Likopen Pada Penyimpanan Terpapar Cahaya

Sampel	Kadar konsentrat likopen (mg/ml) pada minggu ke-			
	1	2	3	4
M1	65,61 ± 1,63	52,71 ± 2,48	47,24 ± 1,67	33,65 ± 0,23
M2	24,60 ± 4,10	22,97 ± 1,44	15,80 ± 0,81	13,93 ± 2,80
Pemanding	6,48 ± 0,59	6,41 ± 0,63	2,71 ± 0,28	0,21 ± 0,10

Tabel 6. Kadar Likopen Pada Penyimpanan Tidak Terpapar Cahaya

Sampel	Kadar konsentrat likopen (mg/ml) pada minggu ke-			
	1	2	3	4
M1	68,86 ± 1,61	71,69 ± 0,85	73,72 ± 2,19	72,74 ± 0,24
M2	25,83 ± 4,50	38,43 ± 9,15	32,16 ± 5,46	21,10 ± 4,16
Pemanding	7,52 ± 0,11	7,46 ± 0,10	7,21 ± 0,06	4,44 ± 0,14

Pembahasan

Evaluasi stabilitas pada likopen merupakan hal yang penting untuk dilakukan karena senyawa karotenoid ini dapat rusak selama proses pengolahan maupun penyimpanan. Penyebab utama kerusakan senyawa ini adalah reaksi oksidasi enzimatis dan non enzimatis. Isomerisasi trans-karotenoid menjadi isomer cis nya ditunjukkan dengan adanya perubahan warna pada produk akhir, yang terjadi karena kontak dengan suasana asam, pengolahan dengan menggunakan panas dan paparan cahaya.¹⁰

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian stabilitas likopen dalam bentuk mikrokapsul menggunakan dua jenis penyalut yang berbeda yaitu hidroksi propil β -siklodekstrin (HPBCD) dan kombinasi maltodekstrin(MD)-whey protein(WP) dengan metode enkapsulasi yang sama yaitu spray dry . HPBCD merupakan bahan enkapsulan yang paling sering digunakan untuk meningkatkan stabilitas likopen pada suhu ruang dengan adanya oksigen dan cahaya.^{10,11} Aplikasi HPBCD dalam mikroenkapsulasi memberikan beberapa keuntungan diantaranya adalah kemampuannya membentuk suatu struktur *macrocycles*, dengan rongga yang bersifat hidrofobik, sehingga dapat dimasuki oleh senyawa lipofilik. Interaksi antara HPBCD dengan likopen terjadi dengan terbentuknya ikatan hidrofobik antara bagian hidrofobik likopen dengan ruang bagian dalam HPBCD membentuk suatu kompleks inklusi.¹¹

Whey protein merupakan suatu bahan enkapsulan yang baik karena berbobot molekul besar dengan rantai yang fleksibel, bersifat amfifilik dan memiliki kemampuan berinteraksi dengan berbagai senyawa lain. Senyawa protein ini berperan sebagai emulgator dan bahan pembentuk film, sementara karbohidrat dalam hal ini maltodekstrin berperan sebagai pembentuk matriks.¹²

Metode spray dry merupakan suatu proses dehidrasi dalam enkapsulasi yang

cocok bagi senyawa yang sensitif terhadap panas. Proses dehidrasi ini meningkatkan stabilitas mikrobiologi karena menurunnya kandungan air dan aktivitas air pada produk akhir, yang pada akhirnya dapat mencegah degradasi secara kimia maupun biologi.⁵

Karakteristik mikrokapsul yang diperoleh dengan menggunakan kedua penyalut tersebut dapat dilihat pada tabel 1 dan 2. Efisiensi enkapsulasi (EE) menunjukkan persentase likopen yang tersalut pada kedua jenis mikrokapsul. Hasil penentuan nilai EE hampir sama pada kedua jenis penyalut yaitu 7,6 % untuk M1 dan 8,2% untuk M2. Efisiensi enkapsulasi menunjukkan persentase total likopen terenkapsulasi dibanding jumlah likopen awal. Nilai EE yang didapat pada penelitian ini rendah jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Nunes et.al(2013) memperoleh hasil EE $51 \pm 1\%$ pada enkapsulasi likopen menggunakan enkapsulan sukrosan dan gum arab. Efisiensi enkapsulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sifat bahan penyalut (viskositas dan solubilitas), perbandingan inti dengan penyalut, dan suhu udara inlet.¹³ Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini lebih rendah dibanding penelitian sebelumnya kemungkinan disebabkan oleh sifat penyalut yang berbeda dan rasio inti penyalut yang kurang tepat.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kestabilan terhadap cahaya yang merupakan salah satu parameter pengujian stabilitas selain suhu dan kelembapan. Perlakuan dilakukan selama 4 minggu dengan menyimpan sampel pada perlakuan yang berbeda yaitu sampel terpapar oleh cahaya dan sampel tidak terpapar oleh cahaya. Sampel likopen tidak termikroenkapsulasi digunakan sebagai pembanding. Parameter yang dimonitor pada penelitian ini adalah sifat organoleptis meliputi bentuk, warna dan bau serta perubahan kadar likopen pada setiap sampel dari setiap perlakuan setiap minggu. Hasil pengamatan menunjukkan perubahan kadar yang terjadi setiap minggu, berbanding lurus dengan perubahan parameter organoleptis warna dengan setiap

perlakuan. Semakin banyak likopen yang terdegradasi oleh cahaya maka intensitas warna dari sediaan menjadi semakin berkurang. Pada parameter organoleptis lainnya yaitu bau, M2 mengalami perubahan hilangnya bau seiring waktu ada penyimpanan terpapar cahaya hal ini disebabkan adanya kenaikan suhu pada penyimpanan tersebut sehingga ada komponen yang menguap. Hasil dari pengamatan organoleptis setiap minggu pada setiap perlakuan dapat dilihat pada tabel 3 dan 4.

Hasil perhitungan kadar pada perlakuan tidak terpapar cahaya menunjukkan sediaan dalam bentuk mikroenkapsulasi stabil (tidak mengalami penurunan kadar) dibandingkan sediaan pembanding yang mengalami penurunan sebesar 40,9 %. Pada perlakuan terpapar cahaya hasil perhitungan kadar menunjukkan bahwa M2 mengalami penurunan sebesar 43,37%, M1 48,7% sedangkan nilai % penurunan kadar yang paling tinggi terjadi pada pembanding yaitu sebesar 96,75 %. Hal ini sejalan dengan kesimpulan penelitian sebelumnya yaitu likopen dalam bentuk mikro kapsul mengalami peningkatan stabilitas secara signifikan dibanding dalam bentuk bebas.¹⁰ Penurunan kadar pada semua formula dengan adanya paparan sinar selama penyimpanan menunjukkan bahwa baik penyalut HPBCD maupun kombinasi WP dan MD tidak dapat memberikan perlindungan yang optimum terhadap gangguan sinar. Hasil stabilitas yang kurang baik pada penyimpanan terpapar cahaya juga kemungkinan di pengaruhi oleh suhu penyimpanan.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa suhu penyimpanan dapat mempengaruhi stabilitas mikro kapsul likopen. Selmi et.al (2013) membuktikan bahwa penyimpanan pada suhu rendah (10°C) dapat meningkatkan stabilitas mikro kapsul likopen selama penyimpanan.¹⁰ Matioli and Rodriguez Amaya menemukan bahwa mikro kapsul likopen mengalami penurunan kadar sebanyak 50% jika disimpan pada suhu kamar tanpa adanya

cahaya.¹⁰ Shu et al melakukan uji stabilitas terhadap mikro kapsul likopen yang dibuat dengan metode spray dry dengan penyalut gelatin sukrosa penyimpanan pada suhu 0°C selama 28 hari menyebabkan penurunan kadar likopen sebanyak 15%.¹⁰ Sehingga untuk meningkatkan stabilitas mikro kapsul yang diperoleh dari penelitian ini seharusnya dilakukan optimasi juga pada suhu penyimpanan.

Simpulan

1. Mikro kapsul likopen dengan penyalut HPBCD maupun kombinasi WP dan MD memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan dalam bentuk bebasnya.
2. Penyalut HPBCD maupun kombinasi WP dan MD tidak dapat memberikan perlindungan yang optimum bagi likopen dalam bentuk mikro kapsul terhadap gangguan sinar selama penyimpanan.

Daftar Pustaka

1. Nunes L.I, Adriana Z.M. Encapsulation of lycopene using spray drying and molecular inclusion processes. Brazilian Arch. Bio. Tech. 2007; 50(5) :893-900
2. Madhava RA, David B, Otilia JF Banji, Kumar K, Mandava R. Lycopene and it's importance in treating various disease in humans. IRJP.2011; 2(8): 31-37
3. Chaouhan K, Sheel S, Nidhi A, Bhushan C. Lycopene of tomato fame: Its role in health and disease. Int.J.Pharmaceu. Scie. Rev. Res. 2011; 10(1): 99-115
4. Urbonaviciene D, Pranas V, Jonas V, Ceslovas B. Stability of tomato lycopene under thermal and light irradiation treatments in an oil-based model system. Zemdirbyste Agric. 2015; 102(2): 185-192
5. Kandasamy K, Priyenka DS. Microencapsulation of colors by spray drying-A Review. International Journal of Food Engineering. 2012; 8(2): 1-10
6. Hadiansyah C, Amila, Fitrianti D. Formulasi mikro kapsul konsentrat

- likopen dari buah tomat (*lycopersicum esculantum mill*) menggunakan penyalut beta siklodekstrin dengan metode spray dry. Prosiding Farmasi Seminar Penelitian Sivitas Akademika Unisba; 15-16 Agustus 2016; Bandung, Indonesia. Indonesia: Universitas Islam Bandung; 2016
7. Fazriah Y, Amila, Indra TM. Formulasi mikrokapsul konsentrat likopen dari buah tomat (*Lycopersicon esculantum miller*) menggunakan bahan penyalut whey dan karbohidrat dengan metode spray dry. Prosiding Farmasi Seminar Penelitian Sivitas Akademika Unisba; 15-16 Agustus 2016; Bandung, Indonesia. Indonesia: Universitas Islam Bandung; 2016
 8. Edityaningrum AC, Heni R. Peningkatan stabilitas kurkumin melalui pembentukan kompleks kurkumin- β -siklodekstrin nanopartikel dalam bentuk gel. *Pharmaciana*. 2015; 5(1): 53-59
 9. Gardjito M, Agnes M, Nur A. Mikroenkapsulasi β -Karoten Buah Labu Kuning dengan Enkapsulan Whey dan Karbohidrat. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 2006; 2(1): 13-18
 10. Selmi Glaucia AR, Carmen SF Trindade, Carlos GF Grosso. Morphology, stability, and application of lycopene microcapsules produced by complex coaceration. *J. Chem.* 2013; 982603: 1-7
 11. Blanch GP, Maria Lusia RC, Maria MC, Mercedes PM, Santiago SC. Stabilization of all-trans-lycopene from tomato by encapsulation using cyclodextrins. *Food Chem.* 2007; 105: 1335-1341
 12. Carmona Paula AO, Renata VT, Miriam DH. Influence of emulsion on the microencapsulation of orange essential oil by spray drying. [Diunduh 28 Agustus 2016] tersedia dari <http://www.icef11.org/content/papers/epf/EPF156.pdf>
 13. Bansode P, Carolina F. The encapsulation of anthocyanins from berry-type fruits. *Trend in foods. Molecules*. 2015; 20: 5875-5888