

Penetapan Formula Gel Minyak Sawit (*Palm Oil Gel*) Kaya Karotenoid Sebagai Ingredien Pangan Fungsional Sumber Pro-Vitamin A Yang Memiliki Kekuatan Gel Tinggi

Santi Dwi Astuti¹⁾; Nuri Andarwulan²⁾; Purwiyatno Hariyadi²⁾

1) Dosen Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, E-mail: santi.tpunsud@yahoo.com

2) Dosen Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor; Southeast Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center, LPPM,IPB

RINGKASAN

Istilah *palm oil gel* merujuk pada produk gel yang di dalamnya mengandung minyak dengan karotenoid tinggi yang berasal dari campuran konsentrat sawit dengan minyak sawit merah jenis *NDRPO* (*Neutralized Deodorized Red Palm Olein*) dengan perbandingan 1 : 100. Konsentrat sawit diperoleh dari hasil samping pembuatan metil ester dari minyak sawit mentah atau *crude palm oil* (*CPO*). Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan komposisi formula *palm oil gel* yang memiliki kekuatan gel maksimum. *Palm oil gel* dibuat dari bahan pembentuk gel berupa campuran *thermoreversible hydrocolloid* yaitu agar, kappa karagenan, dan konjak glukomanan. Untuk memperbaiki karakteristik tekstur ditambahkan tween 80 dan maltodekstrin. Rancangan percobaan yang digunakan adalah *central composite design* (*CCD*). Formula *palm oil gel* yang memiliki kekuatan gel maksimum ditetapkan dengan mengadopsi metode permukaan respon atau *Response surface methodology* (*RSM*). Data yang diperoleh dianalisis dengan *software SAS v6.12*, dan untuk memperoleh bentuk permukaan respon digunakan *software Surfer 32*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula *palm oil gel* yang terdiri dari 1,308% agar; 0,82% kappa karagenan; 0,488% konjak glukomanan; 84,58% air; 10,51% minyak; 1,42% maltodekstrin; dan 0,87% tween 80 menghasilkan produk dengan kekuatan gel maksimum yaitu sebesar 1329,9 g force dan kadar (β -karoten sebesar 7000 ng/100g

Kata kunci: gel, karotenoid, konsentrat sawit, minyak sawit merah, kekuatan gel

PENDAHULUAN

Gel merupakan sistem koloid dimana cairan didispersikan dalam padatan. Gel memiliki karakteristik kadar air tinggi dengan tekstur yang elastis dan kaku (Williams dan Phillips, 2000). Istilah *palm oil gel* (gel minyak sawit) merujuk pada produk gel yang di dalamnya mengandung minyak dengan karotenoid tinggi. *Palm oil gel* digunakan sebagai ingredien pangan fungsional yang dalam aplikasinya dapat ditambahkan ke dalam berbagai produk olahan pangan seperti makanan dan minuman sebagai sumber pro-vitamin A. Dalam fungsi *palm oil gel* sebagai ingredien pangan fungsional, maka *palm oil gel* yang dihasilkan harus bersifat *reversible*. Hidrokoloid dikenal sebagai bahan pembentuk gel. Campuran hidrokoloid yang bersifat *thermoreversible* seperti agar, kappa karagenan, dan konjak glukomanan dipilih sebagai ingredien pembentuk gel dalam pembuatan *palm oil gel*. Sifat *thermo-reversible* merupakan sifat gel yang apabila dipanaskan melewati titik cairnya maka gel akan mencair, dan apabila larutan dibiarkan menjadi dingin maka akan memadat dan membentuk gel kembali (Williams dan Phillips, 2000). Penggunaan lebih

dari satu jenis hidrokoloid ditujukan untuk memperbaiki karakteristik tekstur gel yang dihasilkan. Masing-masing hidrokoloid yang digunakan memiliki karakteristik yang berbeda. Gel agar bersifat kuat, stabil, dan jernih; namun kaku (rigid) (Armisen dan Galatas, 2000). Gel kappa karagenan bersifat kuat namun kaku dan memiliki tingkat sineresis yang tinggi (Imeson, 2000). Sineresis merupakan fenomena dimana air keluar dari dalam gel setelah produk disimpan pada suhu rendah (sekitar 7-10°C). Penambahan konjak glukomanan dalam gel agar maupun kappa karagenan ditujukan untuk meningkatkan kekuatan dan elastisitas gel, serta menurunkan tingkat sineresisnya (Tako dan Nakamura, 1988; Goycoolea *et al* 1995).

Minyak dengan karotenoid tinggi yang digunakan dalam pembuatan *palm oil gel* berasal dari campuran konsentrat sawit dengan minyak sawit merah jenis *NDRPO (Neutralized Deodorized Red Palm Olein)* dengan perbandingan 1 : 100. Konsentrat sawit dan minyak sawit merah dikenal sebagai produk yang memiliki kandungan karotenoid tinggi. Kandungan karotenoid dalam konsentrat sawit adalah 60.553 ppm; dalam minyak sawit merah jenis *NDRPO (Neutralized Deodorized Red Palm Olein)* adalah 298 ppm; dan dalam campuran konsentrat sawit dengan minyak sawit merah jenis *NDRPO (Neutralized Deodorized Red Palm Olein)* dengan perbandingan 1 : 100 adalah 665 ppm (Astuti, 2010).

Karotenoid merupakan pigmen alami berwarna kuning hingga merah. Komposisi karotenoid dalam minyak sawit terutama adalah p-karoten (60-65%) dan a-karoten (30-35%) (Ketaren, 2008). Karotenoid memiliki peran fungsional sebagai pro vitamin A. Disebut sebagai pro vitamin A karena dalam tubuh, karotenoid terutama β -karoten dapat diubah menjadi vitamin A dengan bantuan enzim 15,15' β -karotenoid oksigenase. Fungsi vitamin A adalah dalam proses penglihatan (Fennema, 1996). Vitamin A juga berfungsi untuk mencegah penyakit katarak dan kebutaan, sebagai antioksidan dan antiradikal bebas, serta untuk meningkatkan imunitas tubuh (Sundram, 2007).

Selain bahan pembentuk gel, dalam pembuatan *palm oil gel* juga ditambahkan tween 80 dan maltodekstrin untuk memperbaiki karakteristik tekstur produk. Penambahan tween 80 yang merupakan emulsifier hidrofilik ditujukan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi minyak yang bersifat hirofobik di permukaan gel yang hirofilik (Ceng *et al* 2008). Penggunaan maltodekstrin ditujukan untuk meningkatkan kekuatan gel dan stabilitas koloid gel, serta meningkatkan kemampuan emulsifikasi tween 80 (Takigami, 2000; Barbosa *et al*, 2005).

Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan komposisi formula *palm oil gel* sebagai ingredien pangan fungsional yang memiliki kekuatan gel maksimum. Kekuatan gel dijadikan sebagai parameter utama untuk menetapkan formula produk karena *palm oil gel* yang diperoleh dari hasil penelitian ini diharapkan memiliki kadar β -karoten tinggi dan stabilitas tinggi yang diindikasikan dengan tidak adanya air dan minyak yang keluar dari produk selama produk disimpan pada kondisi suhu tertentu dan selama waktu tertentu.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan terdiri dari *NDRPO/neutralized deodorized red palm olein* (SEAFast Center-IPB), konsentrat karotenoid sawit (PPKS, Medan), agar pac (PT. Agarindo Bogatama), kappa karagenan (PT Araminta Sidhakarya), konjak glukomanan (Sichuan Meihan, China), tween 80 (Brataco), maltodekstrin DE 10 (Brataco), dan bahan-bahan kimia *pro-analysis grade* dari E. Merk. Alat-alat dan instrumen yang digunakan terdiri dari *hot plate* (MegaMix™ PMC), *homogenizer* (RW 20 IKA), *texture analyzer* (Stable Micro Systems *TAXTplus*), refrigerator, dan peralatan gelas untuk analisis.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan, yaitu : 1) Penetapan ingredien-ingredien dan proses pembuatan *palm oil gel*; 2) Penetapan formula *palm oil gel* yang memiliki kekuatan gel

maksimum. Tahap 1 terdiri dari : a) Penetapan ingredien-ingredien dan proses pembuatan *palm oil gel*; b) Penetapan kisaran nilai ingredien-ingredien.

Ingredien-ingredien yang digunakan dalam pembuatan *palm oil gel* terdiri dari agar, kappa karagenan, konjak glukomanan, air, minyak dengan kadar β -karoten sebesar 665 ppm yang berasal dari campuran konsentrat sawit dengan minyak sawit merah jenis *NDRPO* dengan perbandingan 1 : 100, maltodekstrin, dan tween 80. Setelah ditetapkan prosedur pembuatan *palm oil gel*, masing-masing ingredien ditetapkan jumlahnya berdasarkan satuan berat (gram). *Palm oil gel* diharapkan memiliki kadar β -karoten tinggi, kekuatan gel tinggi, sineresis rendah dan stabilitas yang baik selama penyimpanan. Berdasarkan hal tersebut, ingredien-ingredien yang ditindaklanjuti untuk ditentukan kisaran nilainya adalah konjak glukomanan, kappa karagenan, minyak, dan maltodekstrin.

Palm oil gel dibuat dengan nilai ingredien minimum hingga maksimum. *Palm oil gel* yang telah dibuat selanjutnya diamati responnya. Respon yang diamati untuk ingredien konjak glukomanan yaitu kekuatan gel dan sineresis. Respon yang diamati untuk ingredien minyak yaitu kisaran kadar β -karoten (berdasarkan jumlah minyak yang ditambahkan ke dalam formula), pengamatan visual, dan kekuatan gel. Respon yang diamati untuk ingredien maltodekstrin yaitu pengamatan visual dan kekuatan gel. Pengamatan visual dilakukan dengan mengamati keberadaan minyak setelah produk disimpan pada suhu ruang selama 120 jam; dan keberadaan air setelah produk disimpan di pada suhu 7°C selama 72 jam dan diikuti *aging* pada suhu ruang selama 24 jam sebelum pengamatan visual dilakukan.

Metode Analisis

Kekuatan gel diukur dengan *texture analyzer (Stable Micro System TA.Xtplus)* menggunakan metode dan probe untuk pengujian gel dari *gelatine* (BS 757) dan jarak penetrasi probe yang digunakan adalah 35 mm. Pengukuran kekuatan gel dilakukan setelah 20 jam gel terbentuk. *Palm oil gel* yang diukur berbentuk silinder dengan ukuran diameter 0,5 atau 1 inch dan tinggi 3,5 cm; berat gel panas 15 g atau 50 g (berat saat gel dingin 14,5 g atau 48 g). Kekuatan gel merupakan gaya maksimum yang dibutuhkan *probe TA* untuk memecah gel. Semakin dalam penetrasi *probe TA* ke dalam gel, nilai *gel strength* akan terus meningkat sampai jarak penetrasi maksimum dan selanjutnya *gel strength* akan menurun tajam, yang diindikasikan dengan terjadinya pemecahan dari struktur jaringan tiga dimensi gel. Hasil analisis *gel strength* dengan *TA* ditunjukkan oleh grafik yang menggambarkan hubungan antara waktu penetrasi dengan gaya yang dibutuhkan *probe TA* untuk berpenetrasi ke dalam gel dan nilai *gel strength* ditunjukkan oleh puncak pertama (*maximum force*) dari grafik tersebut.

Rancangan Percobaan

Formula *palm oil gel* yang memiliki kekuatan gel maksimum ditetapkan dengan mengadopsi metode permukaan respon atau *Response Surface Methodology (RSM)*. Berdasarkan metode *RSM*, dibuat 20 seri formula sesuai tabel rancangan percobaan dengan sistem pengkodean untuk 3 ingredien. Rancangan percobaan dengan sistem pengkodean untuk 3 ingredien dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya, kekuatan gel dari 20 seri formula diukur dan dianalisis hasilnya dengan *RSM*. Analisis dengan *RSM* akan menghasilkan persamaan regresi dan visualisasi hasil analisis *RSM* diperoleh dalam bentuk gambar permukaan tiga dimensi kekuatan gel.

Tabel 1. Rancangan percobaan dengan sistem pengkodean untuk 3 ingredien

No	Konjak glukomanan	Minyak	Malto dekstrin
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9	-1.682	0	0
10	1.682	0	0
11	0	-1.682	0
12	0	1.682	0
13	0	0	-1.682
14	0	0	1.682
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0

Rancangan percobaan yang digunakan adalah *central composite design (CCD)*. Model umum rancangan adalah :

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j + \epsilon \text{ dimana :}$$

- Y = Respon pengamatan
- β_0 = Intersep
- β_i = Koefisien linier
- β_{ii} = Koefisien kuadratik
- X_i = Kode perlakuan untuk faktor ke-i
- X_j = Kode perlakuan untuk faktor ke-j
- k = Jumlah faktor yang dicobakan

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *software SAS v6.12*, dan untuk memperoleh bentuk permukaan respon digunakan *software Surfer 32* (Cochran dan Cox 1957).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap 1. Penetapan Ingredien-Ingredien dan Proses Pembuatan *Palm Oil Gel a*.

Penetapan ingredien-ingredien dan proses pembuatan *palm oil gel*

Palm oil gel dibuat dengan cara memanaskan campuran agar, kappa karagenan, dan konjak glukomanan dengan air hingga suhu 80°C, kemudian mendinginkan larutan hingga suhu 55-60°C. Minyak yang telah dicampur secara homogen dengan tween 80 serta maltodekstrin ditambahkan ke dalam adonan. Campuran dihomogenisasi selama 2 menit pada kecepatan 1500 rpm, dan selanjutnya di *aging* untuk menyempurnakan pembentukan gel. Diagram alir pembuatan *palm oil gel* dapat dilihat pada Gambar 1 dan komposisi formula *palm oil gel* dapat dilihat pada Tabel 2.

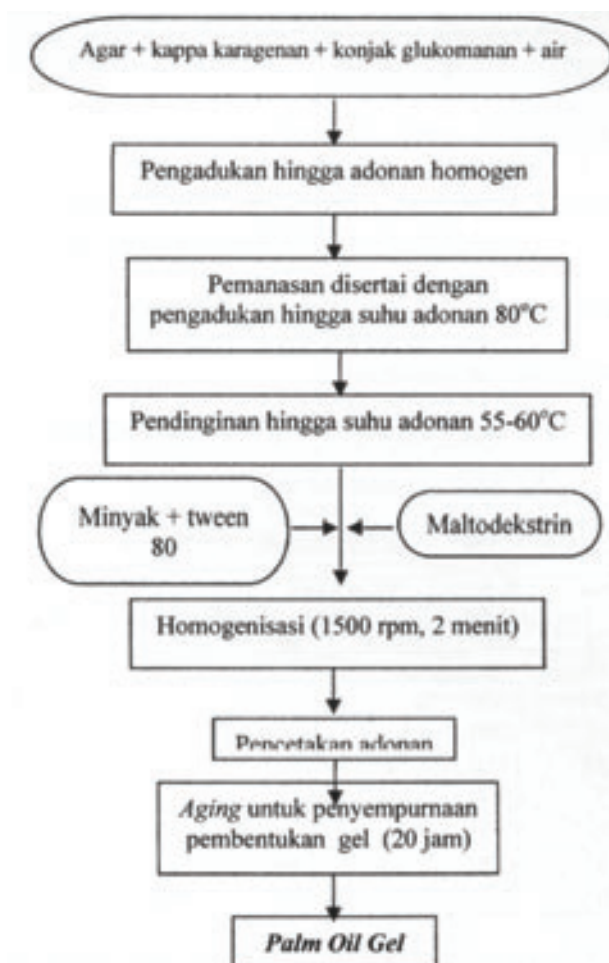
Tabel 2. Komposisi formula *palm oil gel*

Ingredien-Ingredien	Jumlah atau kisaran jumlah (gram)	Keterangan
Ingredien pembentuk gel	100	
a. Fase terdispersi	3	
- Agar	1,5	
- Kappa karagenan	(0,75 - 1,125)	Jumlah total karagenan dan konjak = 1,5 g
- Konjak glukomanan	(0,375 - 0,75)	
b. Fase pendispersi (air)	97	
Minyak	(10 - 20)	
Maltodekstrin	(2,5 - 7,5)	
Tween 80	1	

b. Penetapan kisaran nilai ingredien 1)

Konjak glukomanan

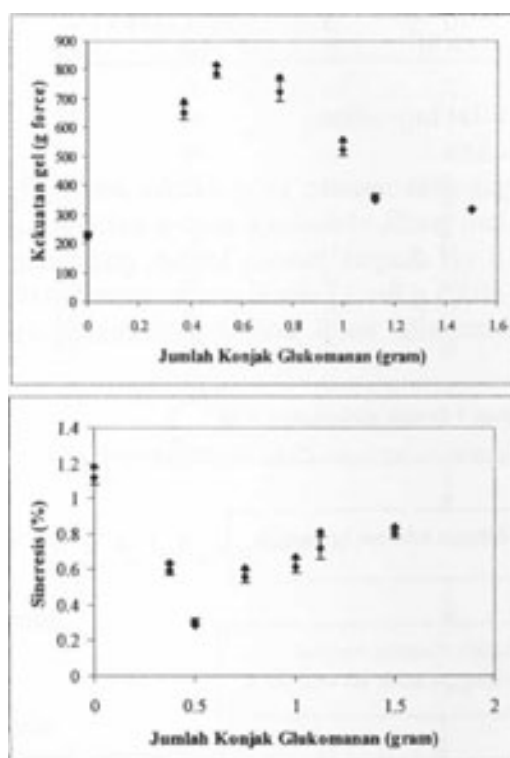
Variasi jumlah konjak glukomanan yang dicoba adalah 0; 0,375; 0,5; 0,75; 1; 1,125; dan 1,5 gram. Berdasarkan grafik visualisasi respon kekuatan gel dan sineresis (Gambar 2) nampak bahwa *palm oil gel* dengan jumlah konjak glukomanan 0,5 gram memiliki nilai kekuatan gel tertinggi (803,3 g force) dan sineresis terendah (0,2954%). Berdasarkan hasil tersebut, ditetapkan kisaran nilai untuk konjak glukomanan yaitu 0,375 gram hingga 0,75 gram.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan *palm oil gel*

2) Minyak

Variasi jumlah minyak yang dicoba adalah 0; 5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; dan 25 gram. *Palm oil gel* diharapkan memiliki kandungan β -karoten yang tinggi dengan tetap mempertahankan kekuatan gel dan stabilitasnya selama penyimpanan. Hasil pengamatan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa *palm oil gel* dengan 15 gram minyak memiliki karakteristik terbaik yaitu stabilitas penyimpanan tertinggi (tidak terdeteksi adanya minyak dan air dipermukaan gel), kadar β -karoten tinggi yaitu sebesar 4500 μg ; dan kekuatan gelnnya cukup besar yaitu 951,7 g force. Berdasarkan hasil tersebut, ditetapkan kisaran nilai untuk minyak yaitu 10 gram hingga 20 gram.



Gambar 2, Grafik kekuatan gel dan sineresis dari *palm oil gel* dengan variasi jumlah konjak glukomanan

Tabel 3. Data hasil pengamatan *palm oil gel* dengan variasi jumlah minyak

Jumlah minyak (gram)	Parameter			
	Kekuatan gel (g Force)	K. β -karoten (μg)	Pengamatan Visual	
			Minyak	Air
0	1632,86	0	-	-
5	1264,36	1500	-	-
10	1109,51	3000	-	-
12,5	1026,38	3750	-	-
15	951,7	4500	-	+
17,5	905,35	5250	+	++
20	839,135	6000	++	+++
25	769,785	7500	++	++++

* Hasil pengamatan visual ditunjukkan dengan tanda (-) bila dipermukaan *palm oil gel* tidak nampak adanya minyak atau air dan tanda (+) bila nampak adanya minyak atau air di permukaan *palm oil gel*. Makin banyak jumlah tanda (+) berarti minyak atau air yang nampak dipermukaan *palm oil gel* makin banyak.

3) Maltodekstrin

Variasi jumlah maltodekstrin yang dicoba adalah 0; 2,5; 5; 7,5; dan 10 gram. Penambahan maltodekstrin diharapkan dapat meningkatkan kekuatan gel dan stabilitasnya selama penyimpanan; serta jumlah yang ditambahkan seminimal mungkin. Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 4, nampak bahwa *palm oil gel* dengan maltodekstrin 5 gram memiliki karakteristik terbaik karena kekuatan gel tinggi yaitu 951,7 g force (tidak jauh berbeda dengan penambahan 7,5 gram maltodekstrin dimana produk tersebut memiliki kekuatan gel tertinggi yaitu 960,83 g force); secara visual, tidak ada minyak ataupun air yang keluar di permukaan *palm oil gel* setelah produk disimpan pada kondisi analisis yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil tersebut, ditetapkan kisaran nilai untuk maltodekstrin yaitu 2,5 gram hingga 7,5 gram.

Tabel 4. Data hasil analisis *palm oil gel* dengan variasi jumlah maltodekstrin

Jumlah maltodekstrin (gram)	Kekuatan gel (g Force)	Parameter	
		Minyak	Pengamatan visual* Air
0	741,095	-	-
2,5	853,48	-	-
5	951,7	-	+
7,5	960,83	+	++
10	803,795	++	+++

* Hasil pengamatan visual ditunjukkan dengan tanda (-) bila dipermukaan *palm oil gel* tidak nampak adanya minyak atau air dan tanda (+) bila nampak adanya minyak atau air di permukaan *palm oil gel*. Makin banyak jumlah tanda (+) berarti minyak atau air yang nampak dipermukaan *palm oil gel* makin banyak.

Tahap 2, Penetapan Formula *Palm Oil Gel* yang Memiliki Kekuatan Gel Maksimum

Berdasarkan hasil percobaan pada tahap 1, maka kisaran nilai ingredien- ingredien yang akan ditindaklanjuti untuk memperoleh formula *palm oil gel* yang memiliki kekuatan gel maksimum dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Ingredien dan kode ingredien untuk menetapkan formula *palm oil gel* dengan kekuatan gel maksimum

Ingredien	Kode ingredien				
	-1,682	-1	0	1	1,682
Konjak glukomanan (g)	0,38	0,43	0,5	0,65	0,75
Minyak (g)	10	12	15	18	20
Maltodekstrin (g)	2,5	3,5	5	6,5	7,5

Tabel 6. Komposisi 20 seri formula *palm oil gel*

Kode	Kappa Karagenan (gram)	Konjak glukomanan (gram)	Minyak (gram)	Malto dekstrin (gram)
F1	1,075	0,425	12	3,5
F2	0,85	0,65	12	3,5
F3	1,075	0,425	18	3,5
F4	0,85	0,65	18	3,5
F5	1,075	0,425	12	6,5
F6	0,85	0,65	12	6,5
F7	1,075	0,425	18	6,5
F8	0,85	0,65	18	6,5
F9	1,125	0,375	15	5

F10	0,75	0,75	15	5
F11	1	0,5	10	5
F12	1	0,5	20	5
F13	1	0,5	15	2,5
F14	1	0,5	15	7,5
F15	1	0,5	15	5
F16	1	0,5	15	5
F17	1	0,5	15	5
F18	1	0,5	15	5
F19	1	0,5	15	5
F20	1	0,5	15	5

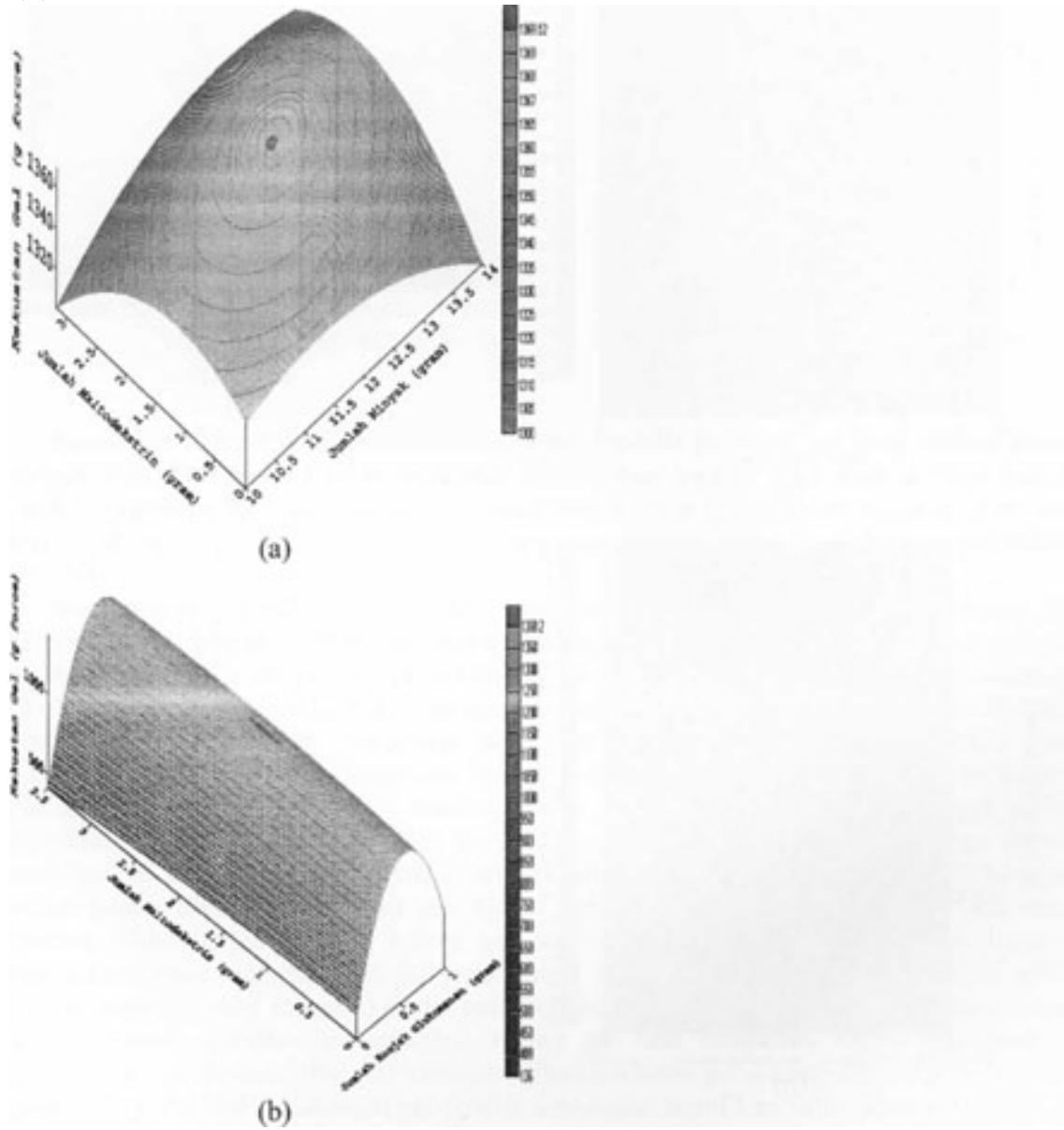
Pada tahap ini, dengan mengikuti rancangan CCA dibuat 20 seri *palm oil gel*, diukur kekuatan gel dari 20 produk tersebut dan dianalisis nilai kekuatan gelya dengan RSM. Komposisi keduapuluh formula *palm oil gel* dapat dilihat pada Tabel 5 dan nilai rata-rata respon kekuatan gel dari 20 formula *palm oil gel* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai rata-rata respon kekuatan gel dari 20 formula *palm oil gel*

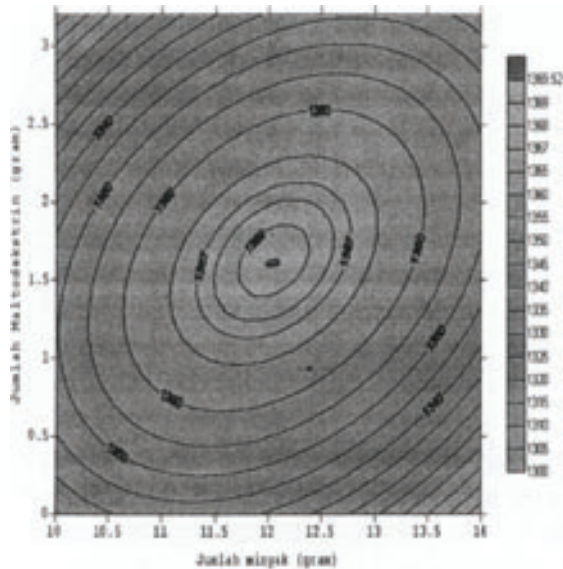
Kode	Kekuatan Gel (g force)	Kode	Kekuatan Gel (g force)
F1	1238,80	F11	1205,15
F2	1167,30	F12	1092,1
F3	1070,35	F13	1369,5
F4	1049,05	F14	1051,5
F5	971,40	F15	1223,2
F6	961,90	F16	1238
F7	872,45	F17	1224,05
F8	965,90	F18	1253,7
F9	834,60	F19	1257,85
F10	1000,00	F20	1267,2

Dari hasil analisis RSM, diperoleh persamaan regresi sebagai berikut: $Y = 81,8230 + 2539,10389X_1 + 104,8455X_2 - 68,4967X_3 - 2673,3372X_1^2 + 27,9475X_1X_2 - 5,3596X_2^2 + 74,6430X_1X_3 + 5,3264X_2X_3 - 11,5385X_3^2$; dimana Y= kekuatan gel (g force), X_1 = jumlah konjak glukomanan (g), X_2 = jumlah minyak (g), dan X_3 = jumlah maltodekstrin (g).

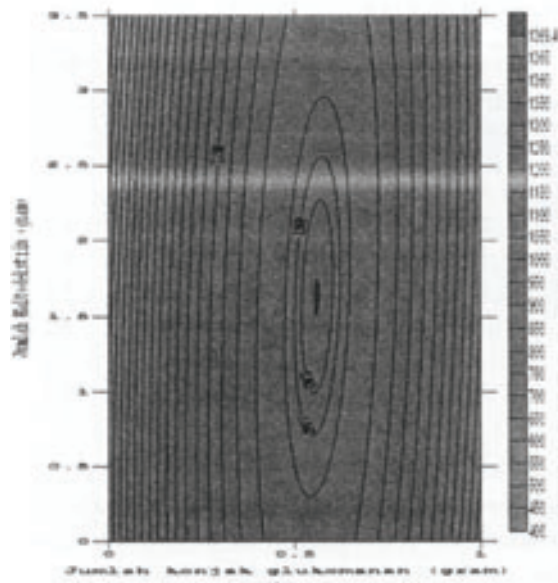
Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa model permukaan tanggap memiliki nilai $R^2 = 0,7278$, artinya persamaan regresi dapat menjelaskan sekitar 72% total variabel bebas (jumlah konjak glukomanan, jumlah minyak, dan jumlah maltodekstrin) terhadap variabel tak bebas (kekuatan gel). Hasil analisis kanonik menunjukkan bahwa kekuatan gel pada titik stasioner adalah maksimum (1369,56 g force). Kekuatan gel maksimum diperoleh dengan jumlah konjak glukomanan 0,56 gram; jumlah minyak 12,05 gram; dan jumlah maltodekstrin 1,63 gram. Visualisasi dari hasil analisis RSM dalam bentuk gambar permukaan tiga dimensi dan kontur dua dimensi kekuatan gel pada salah satu nilai ingredien yang konstan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4; sedangkan gambar *palm oil gel* dengan formula yang memiliki kekuatan gel maksimum dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3. Permukaan tiga dimensi kekuatan gel pada salah satu kondisi ingredient yang konstan : (a) konjak glukomanan yang konstan; (b) minyak yang konstan



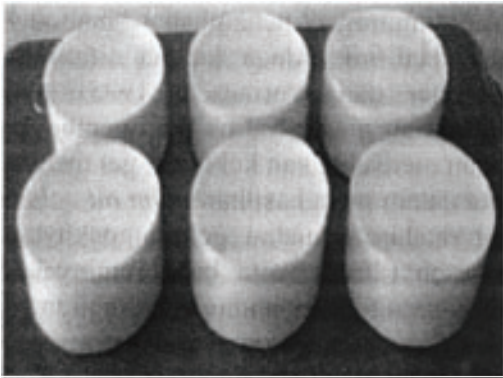
(a)



(b)

Gambar 4. Kontur dua dimensi kekuatan gel pada salah satu kondisi ingredien yang konstan :
(a) konjak glukomanan yang konstan; (b) minyak yang konstan

Jumlah optimum maltodekstrin untuk menghasilkan kekuatan gel maksimum berada diluar kisaran rentang nilai variabel yang telah ditentukan sebelumnya yaitu 2,5-7,5 gram. Di duga, hal ini disebabkan karena komposisi formula *palm oil gel* disusun berdasarkan satuan berat (gram). Apabila menggunakan desain *RSM* untuk mengestimasi formula *palm oil gel* yang memiliki kekuatan gel maksimum, maka seharusnya komposisi formula *palm oil gel* disusun berdasarkan satuan konsentrasi (%).



Gambar 5. *Palm Oil gel* dengan formula yang memiliki kekuatan gel maksimum

Penentuan kisaran nilai maltodekstrin dalam formula *palm oil gel* yang kurang tepat diduga juga disebabkan karena pada saat menetapkan kisaran nilai maltodekstrin, maka jumlah ingredien lain (konjak glukomanan dan minyak) ditetapkan konstan. Hal ini menyebabkan interaksi antar ingredien yang berpengaruh terhadap kekuatan gel tidak terdeteksi.

Berdasarkan gambar visualisasi dari hasil analisis *RSM* (Gambar 3 dan Gambar 4) nampak bahwa konjak glukomanan merupakan ingredien yang paling berpengaruh dalam menghasilkan *palm oil gel* dengan kekuatan gel maksimum. Pada jumlah optimumnya (0,56 gram), penggunaan konjak glukomanan mampu meningkatkan kekuatan gel. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tako dan Nakamura (1988), Goycoolea *et al* (1995), dan Akesson (2002) bahwa penggunaan konjak glukomanan dapat meningkatkan kekuatan gel agar atau kappa karagenan karena konjak glukomanan mampu teradsorpsi pada permukaan *junction zone* agar atau kappa karagenan yang teragregasi sehingga dapat menurunkan kekakuan atau rigiditas dari gel dan meningkatkan elastisitasnya sehingga secara keseluruhan kekuatan gel meningkat. Selanjutnya, Goycoolea *et al* (1995) dan Imeson (2000) menambahkan bahwa gel dari kombinasi konjak glukomanan dengan kappa karagenan menghasilkan gel yang sangat elastis (*strong elastic gel*) dengan nilai kekuatan gel (*rupture strength*) empat kali lebih besar dibanding gel dari kappa karagenan saja. Verawaty (2008) menambahkan bahwa gel dari campuran kappa karagenan : glukomanan pada rasio 20% : 80% menghasilkan kekuatan gel sebesar 250,22 g force; dan pada rasio 60% : 40%, kekuatan gel produk meningkat signifikan yaitu sebesar 1875,26 g force.

Diatas nilai optimumnya, penambahan konjak glukomanan akan menyebabkan kekuatan gel menurun kembali. Hal ini disebabkan karena gugus asetil pada struktur konjak glukomanan akan mencegah rantai glukomanan untuk saling bertemu satu sama lain atau berikatan dengan kappa karagenan (Penroj *et al*, 2005). Hasil ini dikuatkan oleh pernyataan Takigami (2000) bahwa pada gel yang terbentuk dari 1% campuran kappa karagenan dan konjak glukomanan pada rasio 60% : 40%, maka kekuatan gelnya lebih besar (185,3 gram force) dibanding gel yang hanya dibuat dari kappa karagenan saja (24,1 gram force); dan penambahan lebih lanjut konjak glukomanan (diatas 40%) akan menyebabkan kekuatan gel menurun kembali.

Jumlah maltodekstrin tidak berpengaruh nyata dalam menghasilkan *palm oil gel* dengan kekuatan gel maksimum. Pada jumlah optimumnya (1,63 gram), pengaruh maltodekstrin terhadap kekuatan gel diduga disebabkan karena maltodekstrin mampu teradsorpsi di permukaan *junction zone* agar atau kappa karagenan yang teragregasi (Takigami, 2000); sedangkan diatas jumlah optimumnya, penambahan maltodekstrin menyebabkan kekuatan gel menurun kembali. Hal ini diduga karena sifat absorpsi maltodekstrin yang tinggi terhadap air (Wagner dan Warthesen, 1995) sehingga menyebabkan terjadinya kompetisi dalam mengikat air antara hidrokoloid pembentuk gel dengan maltodekstrin sehingga secara keseluruhan menyebabkan kekuatan gel menurun.

Jumlah minyak juga tidak berpengaruh nyata dalam menghasilkan *palm oil gel* dengan kekuatan gel maksimum. Pengaruh minyak terhadap kekuatan gel nampaknya dapat diasosiasikan dengan hasil penelitian dari Imeson (2000) yaitu bahwa minyak dapat membentuk ikatan hidrofobik dalam formula yang mengandung campuran kappa karagenan dan maltodekstrin. Ceng *et al* (2008) menambahkan bahwa minyak dapat teradsorpsi di permukaan konjak glukomanan dengan keberadaan emulsifier seperti CMC sehingga dapat meningkatkan elastisitas dan plastisitas film emulsi. Peningkatan elastisitas dan plastisitas dapat diasosiasikan dengan peningkatan kekuatan gel. Di atas nilai optimumnya, penambahan minyak menyebabkan kekuatan gel menurun kembali karena diduga minyak dalam jumlah yang tinggi akan membentuk struktur yang *porous* dalam gel (Ceng *et al*, 2008).

SIMPULAN

Formula *palm oil gel* yang terdiri dari 1,308% agar; 0,82% kappa karagenan; 0,488% konjak glukomanan; 84,58% air; 10,51% minyak; 1,42% maltodekstrin; dan 0,87% tween 80 menghasilkan produk dengan kekuatan gel maksimum yaitu sebesar 1329,9 g force dan kadar P-karoten sebesar 7000 µg/100g.

Desain penelitian dalam penetapan formula *palm oil gel* yang memiliki kekuatan gel maksimum perlu disusun dengan lebih baik untuk dapat mengetahui detail kesalahan terkait dengan nilai optimum salah satu ingredien (maltodekstrin) yang berada diluar kisaran nilai yang telah ditetapkan. Verifikasi formula *palm oil gel* yang memiliki kekuatan gel maksimum yang diperoleh dari hasil penelitian ini juga perlu dilakukan untuk mengetahui ketepatan dari prediksi formula yang telah diperoleh dengan mengadopsi desain *RSM*.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 1999. *Official Method of AO AC International Sixteenth Edition, 5th Revision, Volume II*. Maryland : Association of Official Analytical Chemist. Armisen R, Galatas F. 2000. Agar. Di dalam GO Phillips dan PA Williams (editor).
- Handbook of Hydrocolloids*. New York : CRC Press. Astuti, SD. 2010. Formulasi dan Karakterisasi Gel Minyak Sawit (*Palm Oil Gel*) Kaya Karotenoid sebagai Ingredien Pangan Fungsional [tesis]. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Barbosa MIMJ, Borsarelli CD, Mercadante AZ. 2005. Light stability of spray-dried bixin encapsulated with different edible polysaccharide preparations. *J Food Research International* 8 : 989-994. Cheng LH, AA Karim, CC Seow. 2008. Characterisation of composite films made of konjac glucomannan (KGM), carboxymethyl cellulose (CMC) and lipid. *J Food Chemistry*, 107 : 411-418. Cochran WG dan Cox GM. 1957. *Experimental Design*. 2^{ed} Eds. Canada : John Wiley and Sons, Inc
- Fennema OR. 1996. *Food Chemistry*. Ed ke-3. New York : Marcel Dekker Inc. Goycoolea FM, Richardson RK, Morris ER, Gidley MJ. 1995. Effect of locust bean gum and konjac glucomannan on the conformation and rheology of agarose and kappa-carrageenan. *J Biopolymers*, 36 : 643-658. Imeson AP. 2000. *Carrageenan*. Di dalam GO Phillips dan PA Williams (editor).
- Handbook of Hydrocolloids*. New York : CRC Press. Ketaren S. 2008. *Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta : UI-Press.
- Penroj P, JR Mitchell, SE Hill, W. Ganjanagunchorn. 2005. Effect of konjac glucomannan deacetylation on the properties of gels formed from mixtures of kappa carrageenan and konjac glucomannan. *J Carbohydrate Polymers*, 59 : 367-376.

- Philips GO dan Williams PA, editor. *Handbook of Hydrocolloids*, him. 379-395. Boca Raton : CRC Press.
- Sundram K. 2007. Palm Oil: Chemistry and Nutrition Update. Malaysia : MPOB Takigami S.
2000. *Konjact mannan*. Di dalam : Philips GO dan Williams PA (editor).
Handbook of Hydrocolloids, him. 379-395. Boca Raton : CRC Press. Tako M, Nakamura S.
1988. Synergistic interaction between agarose and D-galacto-D-mannan in aqueous media. *J Agricultural and Biological Chemistry*, 52 : 1071-1072.
- Verawaty. 2008. Pemetaan Tekstur dan Karakterisasi Gel Hasil Kombinasi Karagenan dan Konjak [skripsi]. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Wagner LR dan Warthesen JJ. 1995. Stability of spray-dried encapsulated carrot carotenes. *J Food Science*, 60 : 1048-1053.