

OPTIMASI FORMULA *EDIBLE FILM* BERBASIS AMILOPEKTIN PATI SINGKONG DAN KARAGENAN

OPTIMIZATION OF FORMULA *EDIBLE FILM* BASED ON AMYLOPECTIN CASSAVA STARCH AND CARRAGEENAN

Heri Purwoto^a, G Jeni Christi A^b

^a Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan dan Peternakan, LAPTIAB, BPPT

^bDepartemen Biokimia, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16880.

e-mail : heri.purwoto@bppt.go.id, gjenichristia@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan formula optimum antara amilopektin pati singkong dan karagenan sebagai bahan baku *edible film*. Program *Design Expert 7.0.0 (trial version)* dengan *Response Surface Methodology (RSM) Central Composite Design (CCD)* digunakan untuk mengoptimasi formula *edible film*. Variabel bebas yang digunakan yaitu persentase amilopektin, karagenan dan gliserin. Variabel respon yang diukur dan dioptimasi yaitu laju transmisi uap air, kuat tarik dan modulus elastisitas. Hasil optimasi dari program *Design Expert 7.0.0* merekomendasikan 15 solusi optimasi dengan nilai *desirability* tertinggi sebesar 0.821. Formula satu dipilih untuk divalidasi dengan faktor-faktor yaitu amilopektin 3.00 %, karagenan 2.00 %, dan gliserin 2.00 %. Nilai respon prediksi untuk laju transmisi uap air sebesar 16.331 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 180.657 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 139.262 kgf/cm². Nilai hasil validasi untuk laju transmisi uap air sebesar 16.1027 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 208.42 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 183.05 kgf/cm², sehingga solusi yang direkomendasikan oleh program sudah cukup baik.

Kata kunci : Amilopektin pati singkong, Karagenan, *Edible film*, Optimasi formula

Abstract

The research was conducted to obtain optimum formula between amylopectin cassava starch and carrageenan as a raw materials of edible film. Design Expert 7.0.0 (trial version) with Response Surface Methodology (RSM) Central Composite Design (CCD) was used to optimize the edible film formula. Independent variabel was used is percentage of amylopectin, carrageenan and glycerin. Response variabels was measured and optimized are water vapor transmission rate, tensile strength and modulus of elasticity. Optimization result from Design Expert Software recommends 15 optimization solutions with the highest desirability score of 0.821. Formula one was selected for validation with factors 3.00 % of amylopectin, 2.00 % of carrageenan and 2.00 % of glycerin. Prediction response value was 16.331 g/m²/24 hours of water vapor transmission rate, 180.657 kgf/cm² of tensile strength and 139.262 kgf/cm² of modulus of elasticity. Validation result value was 16.1027 g/m²/24 hour of water vapor transmission rate, 208.42 kgf/cm² of tensile strength and 183.05 kgf/cm² of modulus of elasticity, so the solution was recommended by the program is good enough.

Key word : Amylopectin cassava starch, Carrageenan, Edible film, Formula optimization

Diterima (received) : 29 Maret 2016, Direvisi (reviewed) : 04 April 2016, Disetujui (accepted) : 20 April 2016

PENDAHULUAN

Bahan pangan mudah mengalami penurunan kualitas yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, kimia, fisika, biokimia dan mikrobiologi. Salah satu cara untuk mempertahankan kualitas tersebut adalah dengan pengemasan bahan pangan secara tepat. Pengemasan merupakan proses pembungkusan bahan pangan dengan bahan pengemas yang sesuai untuk menjaga keawetan dan konsistensi mutu bahan pangan tersebut¹⁾. Kemasan yang sering digunakan untuk bahan pangan adalah plastik, akan tetapi karena sifat plastik yang *nonbiodegradable* sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan karena tidak mudah terurai oleh mikroorganisme maka dikembangkanlah sistem kemasan bahan pangan dari bahan organik yang berasal dari bahan-bahan terbarukan dan ekonomis yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang ramah lingkungan yaitu kemasan yang bersifat *biodegradable*²⁾.

Edible film merupakan kemasan yang bersifat *biodegradable*, berupa lapisan tipis dari bahan alami yang tidak beracun sehingga dapat dimakan dan diletakkan sebagai pelapis pada atau diantara komponen-komponen pangan yang berfungsi sebagai penghalang dalam mengendalikan transfer oksigen, uap air, lipid dan komponen volatil dalam bahan pangan²⁾. Komponen penyusun *edible film* dibagi menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lemak dan komposit (kombinasi dari hidrokoloid dan lemak)³⁾.

Penelitian mengenai *edible film* berbahan dasar pati telah banyak dilakukan, diantaranya yaitu *edible film* berbahan dasar pati sukun-kitosan²⁾, *edible film* dari pati jagung⁴⁾, *edible film* berbahan dasar pati ganyong⁵⁾, *edible film* dari pati buah lindur⁶⁾, *edible film* berbahan dasar pati talas⁷⁾, dan *edible film* berbahan dasar pati sagu dengan penambahan gliserin dan karagenan⁸⁾, akan tetapi penelitian mengenai *edible film* berbahan dasar amilopektin pati singkong dan karagenan belum ada yang melakukannya.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan formula optimum antara amilopektin dan karagenan sebagai bahan baku *edible film* untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik dan ketahanan air yang tinggi. Optimasi formula *edible film* dilakukan menggunakan program *Design Expert 7.0.0 (trial version) Response Surface Methodology (RSM) Central Composite Design (CCD)*. Variabel bebas yang digunakan yaitu

persentase amilopektin, karagenan dan gliserin, sedangkan variabel respon yang akan diukur dan dioptimasi meliputi laju transmisi uap air, kuat tarik dan modulus elastisitas.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi amilopektin pati singkong, karagenan (Brataco), Gliserin (Brataco) dan air demineralisasi. Alat-alat yang digunakan yaitu neraca analitik (Kern ABS 220-4N), *hotplate* (Thermo Scientific Cimarec), *WVTR Tester, Universal Testing Machine*, cetakan film.

Rancangan Formulasi dan Respon

Pembuatan rancangan formulasi dan respon dilakukan dengan program *Design Expert 7.0.0*. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu persentase amilopektin, karagenan dan gliserin. Penentuan batas minimum dan maksimum persentase variabel bebas diperoleh dari kajian penelitian sebelumnya dan *trial error* (Tabel 1). Nilai batas minimum dan maksimum tersebut dimasukkan ke dalam program untuk dilakukan pengacakan kombinasi sehingga didapatkan rancangan formula yang akan dianalisis (Tabel 2). Respon yang akan diukur dan dioptimasi meliputi laju transmisi uap air, kuat tarik dan modulus elastisitas.

Tabel 1.
Kisaran Nilai Variabel Bebas

Komponen	Variabel faktor (%)	Nilai max	Nilai min
A	Amilopektin	3	1
B	Karagenan	2	1
C	Gliserin	3	2

Formulasi

Formulasi merupakan tahapan pembuatan film sesuai dengan formula yang diberikan oleh program (Tabel 2). Proses pembuatan film dimulai dari gelatinasi amilopektin (70 °C) dan karagenan (60 °C). Amilopektin tergelatinasi berturut-turut ditambahkan dengan gliserin dan karagenan tergelatinasi dan dipanaskan hingga suhu 90 °C ± 5 °C. Setelah suhu pencampuran tercapai kemudian dilakukan pencetakan film. Film dikeringkan pada suhu 20 °C – 25 °C dengan kelembapan 40 – 45 % selama 48 jam. Film kering disimpan dengan aluminium foil dalam wadah tertutup berisi *silica gel* sebelum dilakukan analisa. Analisa film meliputi pengukuran laju transmisi uap air, kuat tarik dan modulus elastisitas.

Pengukuran Respon Laju Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air diukur

Tabel 2.
Rancangan Formulasi Bahan Baku *Edible film* Menggunakan Program *Design Expert 7.0.0*

Formula	Faktor (%)		
	Amp ¹	Kar ²	Gly ³
1	3.00	1.00	2.00
2	3.00	2.00	2.00
3	1.00	2.00	2.00
4	2.00	1.50	3.34
5	2.00	1.50	2.50
6	2.00	1.50	2.50
7	2.00	1.50	1.66
8	3.00	1.00	3.00
9	1.00	1.00	3.00
10	2.00	2.34	2.50
11	3.68	1.50	2.50
12	3.00	2.00	3.00
13	0.32	1.50	2.50
14	2.00	1.50	2.50
15	2.00	0.66	2.50
16	2.00	1.50	2.50
17	1.00	1.00	2.00
18	2.00	1.50	2.50
19	2.00	1.50	2.50
20	1.00	2.00	3.00

Keterangan : ¹Amp: amilopektin, ²Kar: karagenan, ³Gly: gliserin

menggunakan *Water Vapor Transmission Rate Tester* dengan metode standar ASTM E-96.

Pengukuran Respon Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas

Kuat Tarik dan modulus elastisitas diukur menggunakan *Universal Testing Machine* dengan metode standar ASTM D-882.

Analisis Respon

Setiap variabel respon dianalisis satu persatu menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Model yang digunakan untuk analisis variabel adalah model yang menghasilkan nilai signifikan pada ANOVA dan non signifikan pada *lack of fit*.

Optimasi dan Validasi

Pada tahap optimasi, masing-masing respon ditentukan tujuan optimasinya dalam program *Design Expert 7.0.0* (Tabel 3). Program kemudian melakukan optimasi sesuai dengan data variabel dan data hasil pengukuran respon yang dimasukkan (Tabel 4). Keluaran dari tahap optimasi berupa rekomendasi formula baru yang optimal menurut program (Tabel 6). Setelah

didapatkan hasil optimasi, kemudian dilakukan validasi hasil optimasi terpilih.

Tabel 3.
Komponen Respon yang Dioptimasi, Target dan Batasan pada Tahapan Optimasi Formula

Komponen Respon	Target	Batas bawah	Batas atas
Amilopektin (%)	Dalam batasan	1	3
Karagenan (%)	Dalam batasan	1	2
Gliserin (%)	Dalam batasan	1	3
Laju transmisi uap air (g/m ² /24 jam)	Minimal	-	-
Kuat tarik (kgf/cm ²)	Maksimal	-	-
Modulus elastisitas (kgf/cm ²)	Maksimal	-	-

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Optimasi Formula Edible Film

Hasil pengukuran respon laju transmisi uap air, kuat tarik dan modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.
Hasil Pengukuran Respon

Formula	Respon		
	LTUA ³	KT ⁵	ME ⁶
1	18.1061	153.69	119.61
2	16.1027	208.42	183.05
3	23.2170	174.78	121.51
4	25.9803	99.37	68.66
5	26.1903	107.95	76.46
6	25.2045	114.02	82.81
7	19.5452	136.70	109.05
8	24.4989	72.23	52.03
9	29.8706	57.79	42.84
10	22.1656	145.10	97.90
11	17.1795	131.60	98.23
12	20.8967	133.89	87.58
13	29.6094	126.70	88.18
14	23.0269	113.47	76.09
15	29.5287	63.66	42.29
16	23.1304	113.10	74.51
17	29.6651	98.79	72.99
18	23.0357	123.94	82.02
19	25.8290	111.28	77.26
20	27.7189	142.89	93.24

Keterangan : ³LTUA: laju transmisi uap air, ⁴KT: kuat tarik, ⁵ME: modulus elastisitas

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa kisaran nilai respon laju transmisi uap air berkisar antara 16.1027 g/m²/24 jam-29.8706 g/m²/24 jam, dengan nilai respon kuat tarik antara 57.79 kgf/cm² – 208.42 kgf/cm² dan nilai respon modulus elastisitas berkisar antara 42.84 kgf/cm² – 183.05 kgf/cm². Hasil analisis ragam (ANOVA) (Tabel 5), menunjukkan bahwa model yang terpilih untuk respon laju transmisi uap air, kuat tarik an modulus elastisitas adalah linier, karena nilai R²-nya lebih besar dibandingkan model yang lain yaitu 0.8940 untuk laju transmisi uap air, 0.8060 untuk kuat tarik dan 0.7340 untuk modulus elastisitas. Selain itu, model ini signifikan dengan nilai p lebih kecil dari 0.05 (<0.0001) untuk laju transmisi uap air, lebih kecil dari 0.05 (<0.0001) untuk kuat tarik dan lebih kecil dari 0.05 (0.0001) untuk modulus elastisitas. Hasil ANOVA juga menunjukkan bahwa persentase amilopektin, karagenan dan gliserin berpengaruh nyata terhadap respon laju transmisi uap air dengan nilai *lack of fit* yang tidak signifikan yaitu lebih besar dari 0.05 (0.5472). Nilai *lack*

of fit yang tidak signifikan menunjukkan adanya kesuaian data respon laju transmisi uap air dengan model yang dihasilkan dan merupakan syarat suatu model dapat dikatakan baik. Sedangkan untuk respon kuat tarik dan modulus elastisitas, persentase amilopektin, karagenan dan gliserin tidak memberikan pengaruh nyata karena nilai *lack of fit* yang dihasilkan signifikan yaitu lebih kecil dari 0.05(0.0043) untuk kuat tarik dan lebih kecil dari 0.05 (0.0004) untuk modulus elastisitas yang berarti tidak adanya kesuaian data respon yang dihasilkan dengan model yang didapat.

Program merekomendasikan solusi optimasi sebanyak 15 formula optimasi (Tabel 6). Dari ke 15 solusi optimasi, diambil satu formula untuk divalidasi yaitu formula satu. Berdasarkan Tabel 7, nilai prediksi dari program pada formula satu untuk laju transmisi uap air sebesar 16.331 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 180.657 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 139.262 kgf/cm². Hasil validasi pada formula satu untuk laju

Tabel 5.
Analisis Model Untuk Respon Laju Transmisi Uap Air, Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas

Respon	Model	Matematika	Signifikan (p<0.05)	Lack of fit (p<0.05)	R ²
Laju transmisi uap air	Linier	Y=-3.79090A-3.89381B+3.91257C	<0.0001	0.5472	0.8940
Kuat tarik	Linier	Y=7.48494A+60.69410B-42.71281C	<0.0001	0.0043	0.8060
Modulus elastisitas	Linier	Y=9.41593A+42.67959B-42.38130C	0.0001	0.0004	0.7340

transmisi uap air sebesar 16.1027 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 208.42 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 183.05 kgf/cm². Nilai interval prediksi (PI) untuk laju transmisi uap air terendah yaitu 12.77 g/m²/24 jam dan tertinggi sebesar 19.89 g/m²/24 jam, untuk kuat tarik terendah yaitu 139.68 kgf/cm² dan tertinggi sebesar 221.64 kgf/cm², sedangkan PI untuk modulus elastisitas terendah sebesar 97.39 kgf/cm² dan tertinggi sebesar 181.13 kgf/cm².

Pembahasan

Analisis Respon Laju Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air adalah jumlah uap air yang hilang persatuan waktu dibagi dengan luas area *edible film*. Tidak semua produk pangan tahan terhadap uap air, ada beberapa yang sensitif sehingga aplikasi

edible film diharapkan dapat mencegah migrasi uap air pada permukaan produk pangan. Untuk mencegah migrasi uap air maka laju transmisi uap air *edible film* haruslah serendah mungkin⁹⁾.

Persamaan RSM untuk optimasi bahan baku terhadap respon laju transmisi uap air adalah sebagai berikut:

$$Y= -3.79090A-3.89381B+3.91257C \quad (1)$$

Keterangan:
A: Amilopektin
B: Karagenan
C: Gliserin

Persamaan (1) menunjukkan bahwa respon laju transmisi uap air akan menurun dengan bertambahnya persentase amilopektin dan karagenan. Penurunan nilai

laju transmisi uap air ini diduga terjadi karena ikatan polimer yang semakin kuat dengan peningkatan persentase amilopektin dan karagenan. Meningkatnya gaya ikat antar

polimer dapat menyebabkan turunnya nilai laju transmisi uap air dimana pembentukan ikatan hidrogen dapat mengakibatkan

Tabel 6.
Formula yang Dihasilkan dalam Tahap Optimasi

No	¹ Amp (%)	² Kar (%)	³ Gly (%)	⁴ LTUA (g/m ² /24 jam)	⁵ KT (kgf/cm ²)	⁶ ME (kgf/cm ²)	<i>Desirability</i>
1	3.00	2.00	2.00	16.331	180.657	139.262	0.821
2	2.97	2.00	2.00	16.4282	180.465	139.02	0.818
3	2.97	2.00	2.00	16.4677	180.35	138.888	0.816
4	3.00	1.98	2.00	16.3896	179.744	138.62	0.816
5	2.94	2.00	2.00	16.558	180.208	138.698	0.813
6	3.00	2.00	2.03	16.4308	179.567	138.18	0.813
7	3.00	1.97	2.00	16.4453	178.876	138.009	0.811
8	3.00	2.00	2.04	16.4787	179.045	137.662	0.810
9	3.00	2.00	2.05	16.5405	178.372	136.994	0.805
10	3.00	2.00	2.10	16.7224	176.365	135.022	0.791
11	3.00	2.00	2.11	16.7609	175.965	134.606	0.788
12	3.00	2.00	2.13	16.8211	175.307	133.953	0.784
13	3.00	2.00	2.17	17.0052	173.297	131.959	0.770
14	3.00	2.00	2.34	17.6775	165.958	124.677	0.719
15	3.00	2.00	2.40	17.9118	163.399	122.138	0.702

Keterangan : ¹Amp: amilopektin (%), ²Kar: karagenan (%), ³Gly: gliserin (%), ⁴LTUA: laju transmisi uap air (g/m²/24 jam), ⁵KT: kuat tarik (kgf/cm²), ⁶ME: modulus elastisitas (kgf/cm²)

peningkatan jumlah matriks film yang terbentuk sehingga menurunkan nilai laju transmisi uap airnya. Peningkatan persentase gliserin dapat menaikkan nilai laju transmisi uap air karena gliserin yang bersifat hidrofilik dapat mengurangi kerapatan molekul dan menyebabkan pembentukan ruang bebas pada matriks film sehingga memudahkan difusi uap air⁹⁾.

Grafik kontur permukaan pada Gambar 1, menunjukkan kombinasi antar komponen yang dapat saling memengaruhi nilai respon laju transmisi uap air. Warna-warna yang berbeda pada grafik kontur permukaan menunjukkan nilai laju transmisi uap air. Warna biru menunjukkan nilai respon laju transmisi uap air terendah, yaitu 16.1027 g/m²/24 jam. Warna merah menunjukkan respon laju transmisi uap air tertinggi, yaitu 29.8706 g/m²/24 jam.

Hasil validasi solusi optimasi didapatkan nilai laju transmisi uap air sebesar 16.1027 g/m²/24jam. Bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Jacob et al. (2014) dimana laju transmisi uap air terendah yang didapatkan yaitu sebesar 231,23 g/m²/24 jam, maka nilai laju transmisi uap air yang dihasilkan pada penelitian ini lebih rendah.

Analisis Respon Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan regangan maksimal yang dapat diterima oleh film sebelum film tersebut putus. Kuat tarik berhubungan dengan kekuatan film untuk menahan kerusakan fisik saat pengemasan. Semakin tinggi nilai kuat tarik diharapkan dapat menahan kerusakan fisik saat pengemasan sehingga dapat meminimalkan kerusakan dari produk⁹⁾.

Persamaan RSM untuk optimasi bahan baku terhadap respon kuat tarik adalah sebagai berikut:

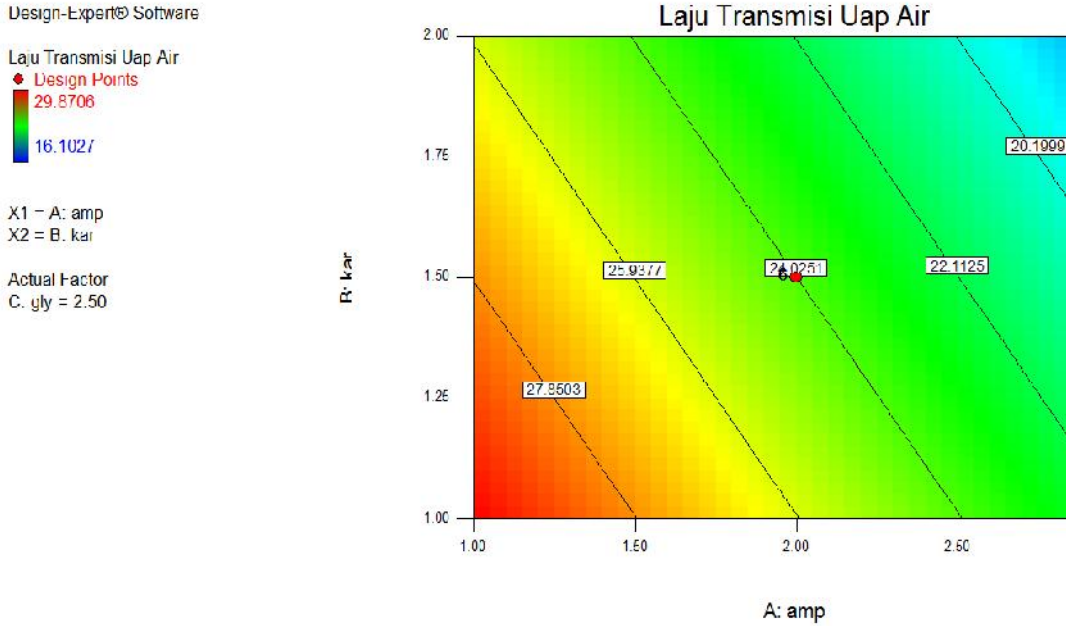
$$Y = 7.48494A + 60.69410B - 42.71281C \quad (2)$$

Keterangan:
A: Amilopektin
B: Karagenan
C: Gliserin

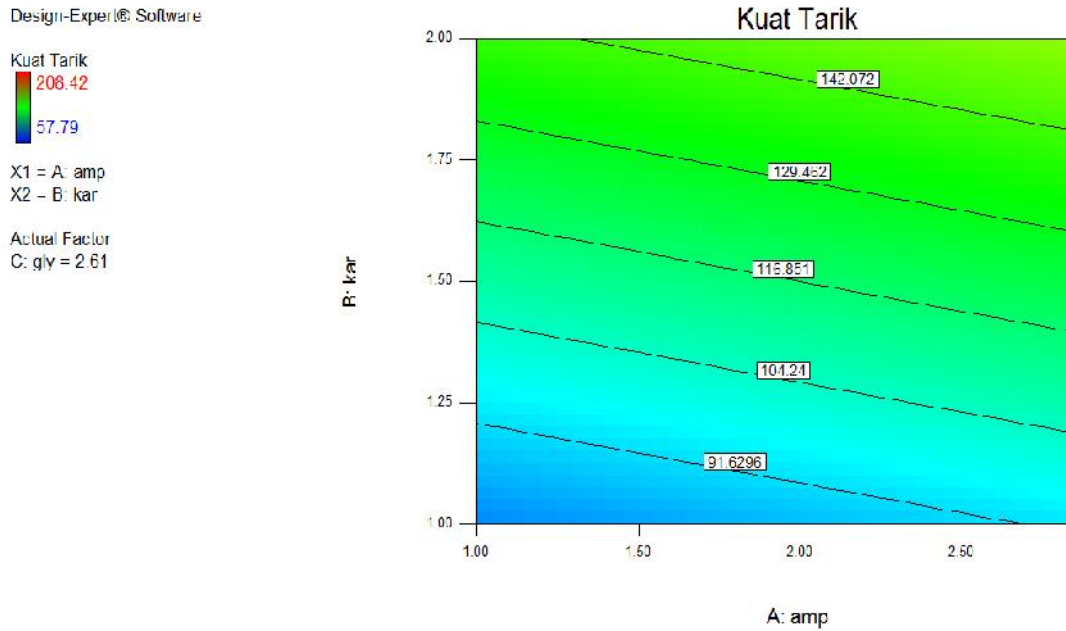
Persamaan (2) menunjukkan bahwa respon kuat tarik akan meningkat berbanding lurus dengan persentase amilopektin dan karagenan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Peningkatan nilai kuat tarik menunjukkan bahwa *edible film* yang dibuat bersifat tidak rapuh. Nilai kuat tarik berbanding lurus dengan jumlah karagenan yang ditambahkan, semakin banyak karagenan yang ditambahkan maka akan memberikan struktur yang kokoh pada matriks film dan menjadikan kekuatan tarik

intramolekul semakin kuat sehingga gaya yang dibutuhkan untuk memutuskan *edible film* semakin besar, hal inilah yang menyebabkan meningkatnya nilai kuat Tarik

^{10,11)}. Respon kuat tarik akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan persentase gliserin. Peningkatan persentase



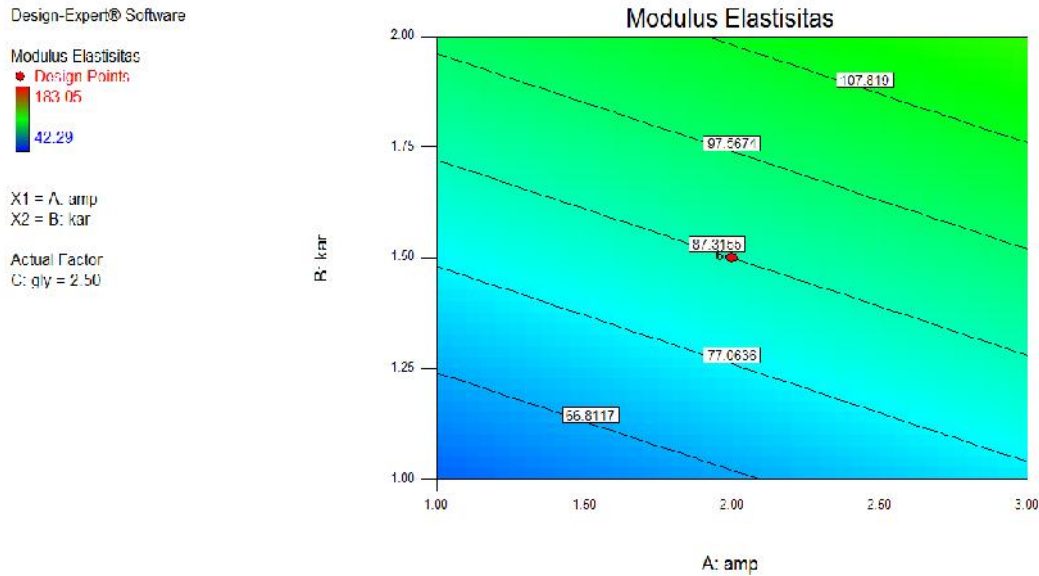
Gambar 1
 Kontur respon permukaan hasil uji respon laju transmisi uap air



Gambar 2
 Kontur respon permukaan hasil uji respon kuat tarik

gliserin dapat menyebabkan menurunnya gaya intramolekuler sehingga menurunkan nilai kuat tarik. Penambahan gliserin akan mempermudah pergerakan molekul polimer karena gliserin akan larut dalam tiap rantai polimer menyebabkan polimer yang terbentuk akan semakin lunak dan nilai kuat tariknya akan semakin rendah. Grafik kontur permukaan pada Gambar 2, menggambarkan hubungan antara variabel

persentase amilopektin, karagenan dan gliserin dalam bentuk dua dimensi. Perbedaan warna yang terdapat pada grafik, menunjukkan nilai respon kuat tarik. Warna biru menunjukkan nilai respon kuat tarik terendah yaitu 42.29 kgf/cm² sampai warna merah yang menunjukkan nilai respon kuat tarik tertinggi yaitu 183.05 kgf/cm².



Gambar 3
Kontur respon permukaan hasil uji respon modulus elastisitas

Hasil validasi solusi optimasi didapatkan nilai kuat tarik sebesar 208.42 kgf/cm². Bila dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Jacob *et al.* (2014) dimana nilai kuat tarik tertinggi yang didapatkan yaitu sebesar 168.33 kgf/cm², maka nilai kuat tarik yang dihasilkan pada penelitian ini lebih tinggi.

Analisis Respon Modulus Elastisitas

Pengukuran modulus elastisitas dilakukan untuk mengetahui kekakuan bahan yang dihasilkan¹²⁾. Modulus elastisitas menggambarkan kemampuan film dalam mempertahankan elastisitasnya. Nilai modulus elastisitas akan meningkat seiring dengan peningkatan persentase amilopektin dan karagenan serta penurunan persentase gliserin. Semakin banyak persentase karagenan yang ditambahkan maka nilai modulus elastisitasnya akan semakin besar.

Persamaan RSM untuk optimasi bahan baku terhadap respon modulus elastisitas adalah sebagai berikut:

$$Y = 9.41593A + 42.67959B - 42.38130C \quad (3)$$

Keterangan:
A: Amilopektin
B: Karagenan
C: Gliserin

Persamaan (3) menunjukkan bahwa respon modulus elastisitas akan meningkat berbanding lurus dengan persentase amilopektin dan karagenan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Semakin banyak persentase karagenan yang ditambahkan maka nilai modulus elastisitasnya akan semakin besar. Respon modulus elastisitas akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan persentase gliserin.

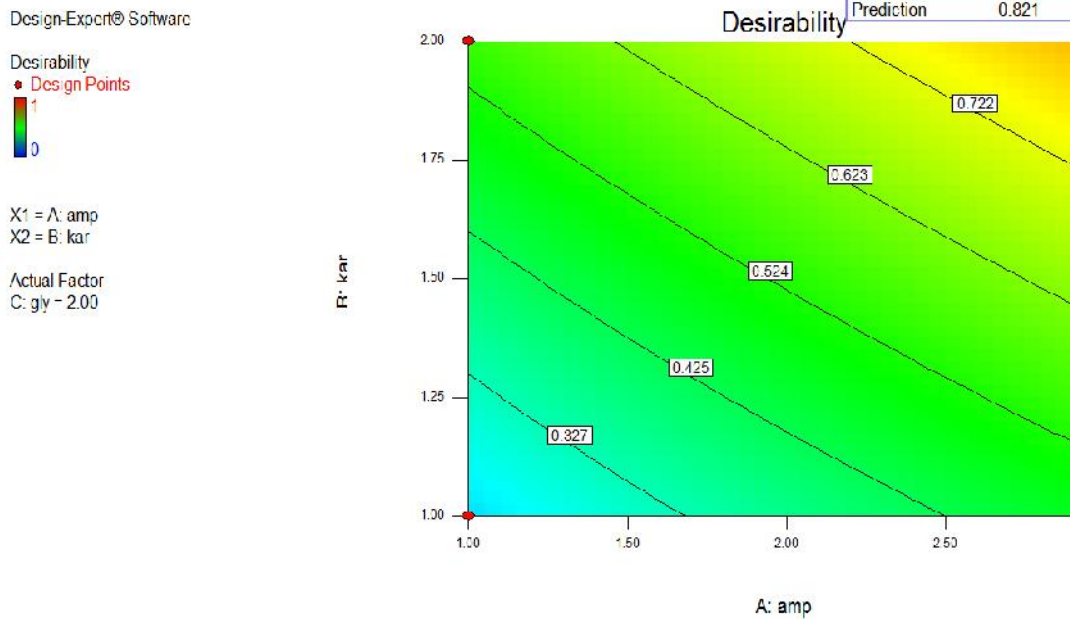
Grafik kontur permukaan pada Gambar 3, Perbedaan warna yang terdapat pada grafik, menunjukkan nilai respon modulus elastisitas. Warna biru menunjukkan nilai respon modulus elastisitas terendah yaitu 42.29 kgf/cm² sampai warna merah yang menunjukkan nilai respon modulus elastisitas tertinggi yaitu 183.05 kgf/cm².

Hasil validasi solusi optimasi didapatkan nilai kuat tarik sebesar 208.42 kgf/cm². Bila

dibandingkan dengan hasil penelitian Arika dan Suyatno (2015), dimana nilai modulus elastisitas (modulus young) tertinggi yang didapatkan yaitu sebesar 1,8705 Mpa atau setara dengan 3,569 kgf/cm², maka nilai modulus elastisitas yang dihasilkan pada penelitian ini jauh lebih besar.

Hasil Optimasi dan Validasi

Optimasi dilakukan setelah didapatkan model matematika dari masing-masing respon¹³⁾. Tujuan dilakukannya optimasi adalah untuk mendapatkan kombinasi model yang terbaik sehingga menghasilkan respon yang sesuai dengan yang diinginkan. Nilai



Gambar 4
Kontur nilai *desirability* formula optimum

Tabel 7.
Prediksi dan Hasil Verifikasi Nilai Respon Solusi Optimum Hasil Optimasi dengan Program *Design Expert 7.0.0*

Respon	Validasi	Prediksi	95 % Interval Prediksi	
			Rendah	Tinggi
Laju transmisi uap air (g/m ² /24 jam)	16.1027	16.331	12.77	19.89
Kuat tarik (kgf/cm ²)	208.42	180.657	139.68	221.64
Modulus elastisitas (kgf/cm ²)	183.05	139.262	97.39	181.13

optimasi terbaik ditunjukkan dengan nilai *desirability* yang mendekati satu sampai satu. Kisaran nilai *desirability* adalah 0 – 1. Tabel 3 menunjukkan komponen-komponen yang dioptimasi, target serta batasan minimum dan maksimumnya. Berdasarkan proses optimasi, program *Design Expert 7.0.0* memberikan 15 solusi optimasi yang dapat dilihat pada Tabel 6. Solusi optimasi dengan persentase amilopektin 3 %, karagenan 2 % dan gliserin 2 % direkomendasikan sebagai solusi formula yang optimal karena memiliki nilai *desirability* tertinggi yaitu 0.821. Nilai *desirability* yang mendekati satu dapat

disimpulkan bahwa formula dengan persentase amilopektin 3 %, karagenan 2 % dan gliserin 2 % akan menghasilkan *edible film* yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan target optimasi sebesar 82.1 % dan diprediksi menghasilkan *edible film* dengan laju transmisi uap air sebesar 16.331 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 180.657 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 139.262 kgf/cm².

Gambar 4, menjelaskan hasil optimasi dalam bentuk kontur (2D). Kontur merupakan bentuk gambaran dua dimensi dari respon yang disajikan dengan menggunakan model prediksi untuk nilai respon laju transmisi uap

air, kuat tarik dan modulus elastisitas. Titik-titik pada grafik kontur menunjukkan kombinasi dari persentase amilopektin, karagenan dan gliserin dalam jumlah yang berbeda yang menghasilkan nilai *desirability* tertentu yang sama¹³). Titik prediksi pada gambar tersebut menunjukkan kombinasi antara persentase amilopektin 3 %, karagenan 2 % dan gliserin 2 % yang menghasilkan nilai *desirability* sebesar 0.821.

Pada hasil verifikasi formula optimum yang direkomendasikan oleh program *Design Expert 7.0.0* dengan *RSM-Central Composite Design*, diperoleh *edible film* dengan laju transmisi uap air sebesar 16.331 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 180.657 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 139.262 kgf/cm². Jika dibandingkan dengan nilai yang diprediksikan (Tabel 7), maka nilai hasil verifikasi berada pada kisaran 95 % interval prediksi rendah dan 95 % interval prediksi tinggi. Hal ini dapat diartikan bahwa formula terilih dari solusi optimasi yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* sudah cukup baik.

SIMPULAN

Dari hasil optimasi didapatkan 15 solusi optimasi dengan satu formula yang divalidasi yaitu formula satu. Faktor-faktor pada solusi terpilih yaitu amilopektin 3.00 %, karagenan 2.00 % dan gliserin 2.00 %. Nilai validasi respon solusi terpilih yaitu laju transmisi uap air sebesar 16.1027 g/m²/24 jam, kuat tarik sebesar 208.42 kgf/cm² dan modulus elastisitas sebesar 183.05 kgf/cm², sehingga solusi yang direkomendasikan oleh program *Design Expert* sudah cukup baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Laboratoria Pengembangan Teknologi Industri Agro dan Biomedika (LAPTIAB), Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi (BPPT) yang telah membiayai dan memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Djarumbeasiswaplus.org, <http://www.djarumbeasiswaplus.org/artikel/content/22/Pemanfaatan-Pati-Singkong-sebagai-Bahan-Baku-Edible-Film/#>, diakses Desember 2015.
2. Setiani, W., Sudiarti, T., Rahmidar, L., *Preparasi dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan*, Valensi, No. 2, 2013, p100.
3. Rodrigues M, J. Osés, K. Ziani, J.I. Mate, *Combined Effect of Plasticizer and Surfactants on The Physical Properties of Starch Based Edible Film*, Food Research International, vol. 39, Elsevier, 2006.
4. Kusmawati D.H., Putri W.D.R., *Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film Pati Jagung yang Diinkorporasi dengan Perasan Temu Hitam*, Jurnal Pangan dan Agroindustri, No. 1, 2013, p90.
5. Santoso B., Pratama F., Hamzah B., Pambayun R., *Pengembangan Edible Film dengan Menggunakan Pati Ganyong Termodifikasi Ikatan Silang*, Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, No. 2, 2011, p105.
6. Jacob A.M., Nugraha R., Utari S.P.S.D., *Pembuatan Edible Film dari Pati Buah Lindur dengan Penambahan Gliserin dan Karagenan*, Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, No. 1, 2014, p14.
7. Pangesti A.D., Rahim A., Hutomo G.S., *Karakteristik Fisik, Mekanik dan Sensoris Edible Film dari Pati Talas pada Berbagai Konsentrasi Asam Palmitat*, e-J Agrotekbis, No. 6, 2014, p604.
8. Anggraeni F.D., *Karakterisasi Edible Film Berbahan Dasar Pati Sagu Dengan Penambahan Gliserin dan Karagenan*, Universitas Gajah Mada [Tesis], 2011.
9. Murdinah, Darmawan M., Fransiska D., *Karakteristik Edible Film dari Komposit Alginat, Gluten dan Lilin Lebah (Beeswax)*, Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, No. 1, 2007, p19.
10. Ariska R.E., Suyatno, *Pengaruh Konsentrasi Karagenan Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik edible Film dari Pati Bonggol Pisang dan Karagenan dengan Plasticizer Gliserin*, Prosiding Seminar Nasional Kimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya, 2015, p34.
11. Amaliya R.R., Putri W.D.R., *Karakterisasi Edible Film dari Pati Jagung Dengan Penambahan Filtrat Kunyit Putih Sebagai Antibakteri*, Jurnal Pangan dan Agroindustri, No. 3, 2014, p43.
12. Febianti F., Agline H.T., Fadilah, *Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik Edible Film Berbahan Dasar Umbi Suweg (Amarphophalus campanulatus) dengan Pewarna dan Rasa Secang*, Prosiding SENATEK

- 2015 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Purwokerto, 2015, p87.
13. Nurmiah S., Syarief R., Sukarno, Peranginangin R., Nurtama B., *Aplikasi Response Surface Methodology pada Optimalisasi Kondisi Proses Pengolahan Alkali Treated Cottonii (ATC)*, Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, No. 1, 2013, p9.