

OPTIMASI PEMBUATAN BIODEGRADABLE FILM DARI SELULOSA LIMBAH PADAT RUMPUT LAUT *Eucheuma cottonii* DENGAN PENAMBAHAN GLISEROL, KITOSAN, CMC DAN TAPIOKA

Sri Hidayati*, Zulferiyenni dan Wisnu Satyajaya

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung
Jalan. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung Lampung35145,

Telepon. (0721) 704946, fax (0721) 721770347

Korespondensi: srihidayati.unila@gmail.com

Diterima: 25 April 2019/ Disetujui: 22 Agustus 2019

Cara sitasi: Hidayati S, Zulferiyenni, Satyajaya W. 2019. Optimasi pembuatan *biodegradable film* dari selulosa limbah padat rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan penambahan gliserol, kitosan, CMC dan tapioka. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 22(2): 340-354.

Abstrak

Selulosa dari limbah padat rumput laut *Eucheuma cottonii* merupakan salah satu limbah yang bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film*. Tujuan penelitian adalah menentukan kondisi optimum proses pembuatan *biodegradable film* dari ampas *E. cottonii* dengan perlakuan konsentrasi gliserol (0; 0,25; 0,5; 0,75; dan 1%), konsentrasi tapioka (2; 4; 6; 8; dan 10%), konsentrasi *carboxy methyl cellulose* (CMC) (1; 2; 3; 4; dan 5%) dan konsentrasi kitosan (1; 2; 3; 4; dan 5%). Rancangan percobaan menggunakan metode permukaan respon dengan 4 ulangan. Analisis yang dilakukan terdiri atas persen pemanjangan, kuat tarik, kelarutan produk dan *biodegradable film* menggunakan metode respon permukaan. *Biodegradable film* optimum pada kondisi proses menggunakan konsentrasi gliserol 0,162%, konsentrasi tapioka 3,78%, konsentrasi CMC 2,5% dan konsentrasi chitosan 1,62% dengan nilai kuat tarik 95,013 Mpa, persen pemanjangan 8,92%, dan kelarutan 80,62%.

Kata kunci : CMC, gliserol, kitosan, metode permukaan respon, tapioka

*Optimization of Biodegradable Film from Cellulosa of Seaweed Solid Waste *Eucheuma cottonii* with Addition of Glycerol, Chitosan, CMC and Tapioca*

Abstract

Cellulose from the solid waste of seaweed *Eucheuma cottonii* is one of the wastes that can be used as raw material for making *biodegradable films*. The condition for making optimum conditions for making *biodegradable film* from *E. cottonii* with treatment of glycerol concentration (0; 0,25; 0,5; 0,75; and 1%), tapioca concentration (2; 4; 6; 8; and 10%), carboxy methyl cellulose (CMC) concentration (1; 2; 3; 4 and 5%) and chitosan concentration (1; 2; 3; 4; and 5) The experimental design uses a surface response method with 4 replications. The analysis carried out consisted of elongation percent, tensile strength, solubility and biodegradable film using surface response method. The optimum value occurs in the process conditions using a concentration of glycerol of 0.162%, tapioca concentration of 3.78%, CMC concentration of 2.5% and chitosan concentration of 1.62% with tensile strength 95.013 Mpa, percent elongation of 8.92%, and solubility 80.62%.

Keywords: chitosan, CMC, glycerol, response surface method, tapioca

PENDAHULUAN

Industri pangan pada umumnya menggunakan plastik kemasan dengan bahan baku utama berbasis petroleum contohnya polietilen dan polistiren yang tidak ramah lingkungan sehingga sekarang mulai dikembangkan plastik dengan bahan baku dari produk hayati yang bersifat terbarukan dan lebih ramah lingkungan (Corradini et al. 2013). Plastik untuk kemasan berfungsi sebagai pelindung pangan kerusakan sebelum dikonsumsi (Ozcalik dan Tihminlioglu 2013). Bahan baku untuk pembuatan *biodegradable film* sebagai pengemas bisa diperoleh dari hasil pertanian maupun perairan. Bahan tersebut mengandung polisakarida seperti selulosa film untuk pengemas (Hidayati et al. 2015; Tharanathan 2003; Alves et al. 2006; Vieira et al. 2011). *Biodegradable film* memiliki kelebihan yaitu sifat yang mirip dengan plastik dan lebih mudah terurai oleh mikroorganisme lingkungan (Carvalho 2013; Masclaux et al. 2010). Bahan baku *biodegradable film* yang ketersediaannya berlimpah merupakan turunan dari rumput laut contohnya alginat, karagenan, dan agar (Fazilah et al. 2011; Song et al. 2011; Siah et al. 2015; Prajapati et al. 2015 dan Tavassoli-Kafrani et al. 2016). *Biodegradable* dari rumput laut memiliki penampakan yang transparan, tidak beracun, fleksibel, mudah diuraikan di alam dan memiliki sifat mekanis yang baik untuk aplikasi sebagai pengemasan pada industri pangan (Siah et al. 2015; Tavassoli-Kafrani et al. 2016).

Industri pembuatan karagenan dari *Eucheuma cottonii*, menghasilkan 65-70% limbah yang cenderung terbuang dan menjadi sampah organik (Wekridhany et al. 2012). *E. cottonii* memiliki kadar air 76,15%; abu 5,62%; protein 2,32%; lemak 0,11%; dan karbohidrat 15,8%. Karbohidrat terdiri atas selulosa 17,47%, hemiselulosa 21,16%, dan lignin 8,23% (Maharany et al. 2017; Zulferiyenni dan Hidayati 2016), sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku *biodegradable film*. Ampas rumput laut masih mengandung lignin sehingga perlu dilakukan pemurnian dengan menggunakan H_2O_2 sebanyak 3% agar diperoleh bahan baku dengan kadar selulosa yang tinggi (Zulferiyenni and Hidayati 2016).

Selulosa mampu membentuk hidrokoloid dalam sistem pelarut yang cocok, itu sangat baik bahan pembuatan film (Huq et al. 2012; Sudharsan et al. 2016). *Biodegradable film* yang dihasilkan umumnya masih bersifat kaku, rapuh dan belum dapat dimanfaatkan untuk pengemas, sehingga diperlukan penambahan *plasticizer* (Vieira et al. 2011; Deepa et al. 2016; Suppakul et al. 2006; Thea et al. 2009).

Plasticizer berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas dan permeabilitas terhadap uap air dan gas (Gontard et al. 1994). Beberapa jenis *plasticizer* yang dapat digunakan adalah gliserol dan sorbitol (Rindlav-Westling et al. 1998). Sorbitol dan gliserol berfungsi mengurangi ikatan hidrogen internal, yang akan meningkatkan jarak intermolekul sehingga membuat lebih fleksibel (Mchugh dan Krochta 1994). Gliserol memberikan kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan sorbitol pada *edible film* berbasis pati (Bourtoom 2008). Konsentrasi gliserol 10% dan konsentrasi karagenan 3% menghasilkan *edible film* dengan ketebalan $78,52 \pm 5,12 \mu\text{m}$, kadar air $18,84 \pm 0,18\%$, daya larut $64,95 \pm 9,65\%$, kuat tarik $4,65 \pm 1,42 \text{ MPa}$, dan pemanjangan $16,67 \pm 0,58\%$ (Rusli et al. 2017). Penambahan gliserol 1,5% pada pati garut butirat menghasilkan *edible film* dengan karakteristik lebih baik dibandingkan dengan penambahan sorbitol dan sirup glukosa (Damat 2008). Penggunaan sorbitol 9% sebagai *plasticizer* pada serat dari nata de cassava menghasilkan warna transparan berserabut putih dengan kuat tarik 11,76 MPa, persen perpanjangan 13,28%, dan kelarutan 72,08% (Hidayati et al. 2015).

Bahan-bahan yang dapat mempengaruhi sifat *biodegradable film* contohnya tapioka, *carboxy methyl cellulose* (CMC), dan kitosan. Tapioka dapat digunakan sebagai bahan pengisi pada rongga-rongga *biodegradable film*, sehingga dapat memperkecil pori-pori dan menghomogenkan *biodegradable film* (Chandra 2011). Penambahan tapioka diharapkan dapat memperbaiki sifat *biodegradable film* dari bahan selulosa. Selain itu, pati atau karbohidrat berperan dalam membantu untuk mendapatkan kekentalan yang cocok untuk pembentukan film. Jika pati yang ditambahkan sedikit maka

lapisan film yang terbentuk menjadi sangat tipis dan bila terlalu kental maka lapisan film akan tebal dan sulit untuk dicetak (Ramadhan 2016). CMC digunakan untuk mengontrol kadar air, memperbaiki tekstur dan stabilitas (Li *et al.* 2008). CMC dapat meningkatkan viskositas dan kekuatan tarik namun menurunkan persen pemanjangan (Tongdeesoontorn *et al.* 2011). CMC berasal dari selulosa sebagai polisakarida linier anionik (Biswal dan Singh 2004) dan dapat mengikat dan menyerap air karena memiliki gugus hidroksil sehingga memiliki kemampuan untuk terdegradasi (Nie *et al.* 2004). Selain itu, CMC dapat meningkatkan ikatan silang ionik dan kimia untuk meningkatkan sifat mekanik produk film yang dapat terurai secara hayati (Ma *et al.* 2008; Yadav *et al.* 2014). CMC bersifat *barrier* terhadap oksigen, karbon dioksida, dan lipid sehingga sangat efektif untuk meningkatkan sifat-sifat film. Studi sebelumnya telah dilaporkan bahwa film campuran polisakarida dengan CMC dapat memiliki sifat mekanik dan penghalang yang sangat baik karena kesamaan kimia dari polisakarida, yang memungkinkan kompatibilitas yang lebih baik (Dhanapal *et al.* 2012; Hu *et al.* 2016; Qun *et al.* 2015) Kitosan digunakan untuk meningkatkan daya awet *biodegradable film* dan mempunyai sifat anti mikrobakterial (Dutta *et al.* 2009). Kitosan adalah polimer alami dari deasetilasi kitin yang terdiri β -(1-4)-D-glukopiranosida dengan rumus molekul $(C_6H_{11}NO_4)_n$ (Sugita *et al.* 2009) dengan bahan baku dari kulit, kepala, ekor udang, cangkang udang vanamei, limbah rajungan serta ampas silase kepala udang windu (Hendrawati *et al.* 2015; Suptijah *et al.* 2011; Rochima 2007; Zahiruddinet *et al.* 2008). Kitosan tidak beracun, bersifat *biodegradable*, biofungsional, biokompatibel dan memiliki karakteristik antimikroba dan anti jamur (Darmadji dan Izumimoto 1994; Jayakumar *et al.* 2007). Chistosan dapat membentuk film transparan, yang dapat memenuhi berbagai kebutuhan pengemasan (Srinivasa *et al.* 2002). Bourtoom dan Chinnan (2007) melaporkan bahwa penggunaan kitosan dapat meningkatkan kuat tarik *biodegradable film* dari pati beras.

Metode analisis statistika yang dapat digunakan untuk optimasi proses adalah *Response Surface Methodology* (RSM) (Rao *et al.* 2002; Nogales *et al.* 2005; Linder *et al.* 2005; Hidayati *et al.* 2016). Model ini dapat digunakan untuk mengembangkan model, mencari kondisi optimum dan mengevaluasi pengaruh dari beberapa faktor yang diujikan (Manivannan dan Rajasimman 2011). Beberapa aplikasi penggunaan RSM untuk optimasi produksi *edible film* dari kitosan, pisang, tepung tapioka (Singh *et al.* 2015; Malmiri *et al.* 2011; Chillo *et al.* 2008). RSM adalah kumpulan statistik dan matematika teknik yang berguna untuk mengembangkan, meningkatkan, dan mengoptimalkan proses, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor (variabel independen) dan mendapatkan model hubungan antara variabel bebas dan respon serta mendapatkan kondisi proses yang menghasilkan respon terbaik (Radojkovic *et al.* 2012). Optimalisasi dilakukan berdasarkan respon yang berbeda yaitu persen pemanjangan, kuasa tarik dan kelarutan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kondisi optimum proses pembuatan *biodegradable film* dari limbah padat *E. cottonii* dengan penambahan gliserol, tapioka, CMC dan kitosan terhadap persen pemanjangan, kuat tarik dan kelarutan produk *biodegradable film* menggunakan metode RSM.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan terdiri dari rumput laut *E. cottonii* kering, gliserol sebagai *plasticizer*, kitosan yang diekstraksi dari kulit udang (Sumber Kimia, Sukoharjo), CMC teknis (Insoclay Acidatama Indonesia), akuades, tapioka (Rose Brand), H_2O_2 35% (Merck), dan tanah andosol berwarna coklat tua tua, beremah dan mengandung bahan organik sebagai media pengurai. Alat yang digunakan adalah timbangan analitik (Shimadzu AV 220, Jepang), erlenmeyer, gelas beaker, gelas ukur (Pyrex, USA), *hot plate* (E-Scientific, USA), *testing machine* MPY (Type: PA-104-30, Ltd Tokyo, Japan), *tensile stain tester* (ZwickType KAP-TC, Jerman).

Metode Penelitian

Proses pembuatan *biodegradable film* dimulai dari proses pemisahan rumput laut dari bahan lainnya. Sampel rumput laut dimasak pada suhu 80°C selama 15 menit dengan perbandingan rumput laut dan air 1:20. Sampel diperas dengan kain saring untuk memisahkan karagenan dan ampas, dilakukan pengulangan sebanyak dua kali hingga diperoleh ampas. Ampas dicuci hingga bersih kemudian dilakukan proses pemurnian selulosa serat untuk menghilangkan sisa lignin menggunakan H₂O₂ 3%, dipanaskan selama 1 jam pada suhu 85°C dengan *waterbath shaker*. Ampas dicuci hingga pH netral, kemudian disaring dengan kain saring. Selulosa diperoleh kemudian dicuci dan dikeringkan (Zulferiyenni and Hidayati 2016). Proses pembuatan *biodegradable film* mengacu pada Indrarti dan Elsy (2008). Selulosa limbah padat rumput laut sebanyak 50 g (100%) dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL kemudian diberi perlakuan penambahan gliserol (0; 0,25; 0,5; 0,75; dan 1 % b/b), tapioka (2; 4; 6; 8; dan 10% b/b), CMC (1; 2; 3; 4; dan 5% b/b) dan kitosan (1; 2; 3; 4; dan 5% b/b). Campuran tersebut kemudian dilarutkan dengan 50 mL akuades. Larutan dipanaskan dan diaduk selama 30 menit pada suhu 70°C menggunakan *hot plate*, selanjutnya dicetak pada kaca dengan ukuran 20x20 cm dan dikeringanginkan selama 2 hari. Hasil Formulasi pembuatan *biodegradable film* terdapat pada *Table 1*.

Uji kekuatan tarik

Kekuatan tarik (*tensile strength*) merupakan tegangan maksimum yang ditahan suatu bahan ketika diregangkan atau ditarik, diuji mengacu pada *american standard testing method/ ASTM* (1993) dengan menggunakan *testing Machine MPY*. Lembaran *film* ukuran

2,5 x 15 cm dengan kelembaban (RH) 50% selama 48 jam. Alat instron dipasang pada *initial grip separation* 50 mm, *crosshead speed* 50 mm/menit dan *loadcell* 50 kg, dan diukur dengan menggunakan rumus:

$$\tau = F \text{ maks}/A$$

Keterangan:

τ = Kekuatan tarik (Mpa)

F maks = Gaya kuat tarik (N)

A = Luas Penampang (mm²)

Uji persen pemanjangan

Persen pemanjang merupakan perubahan panjang maksimum *film* sebelum terputus, pengujian mengacu pada ASTM (1993) dengan *testing machine*. Sampel film ukuran 2,5 x 15 cm dan dikondisikan pada kelembaban (RH) 50% selama 48 jam. Peralatan instron diset pada *crosshead speed* 50 mm/menit, *initial grip separation* 50 mm, dan *loadcell* 50 kg. Perhitungan dilakukan pada saat film pecah atau robek dan dihitung dengan rumus yaitu :

$$\text{Persen Pemanjangan} = (l1 - l0) / l0$$

Keterangan:

l0 = panjang awal

l1 = panjang setelah putus

Uji kelarutan

Uji kelarutan dilakukan mengacu pada Gontarad et al. (1992). Lembaran *film* plastik dengan ukuran 2 x 10 cm dimasukkan ke wadah yang berisi air sambil diaduk secara manual. Kelarutan dinyatakan dalam persentase film yang larut dalam air setelah direndam dalam satu minggu. Persentase kelarutan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Table 1 Formulation of making biodegradable films

Selulos <i>E. cottonii</i> (%)	Glycerol (%)	Tapioca (%)	CMC (%)	Chitosan (%)
100	0	2	1	1
100	0.25	4	2	2
100	0.5	6	3	3
100	0.75	8	4	4
100	1	10	5	5

$$\text{Persen kelarutan} = (a - (c - b)/a) \times 100\%$$

Keterangan:

a = berat sampel awal (g)

b = berat kertas saring (g)

c = berat kering kertas saring dan sampel (g)

Uji biodegradabilitas

Biodegradabilitas merupakan suatu kerentanan suatu senyawa (organik atau anorganik) terhadap perubahan bahan akibat aktivitas-aktivitas mikroorganisme. Pengujian mengacu pada Tokiwa *et al.* (1994) menggunakan tanah atau metode *soil burial test* dengan cara mengubur sampel berukuran 4 x 1 cm² ke dalam pot berisi tanah dan sampel dibiarkan terkena udara. Pengamatan dilakukan seminggu sekali sampai sampel mengalami degradasi secara sempurna atau lembaran bioplastik hilang.

Analisis Data

Penelitian menggunakan rancangan optimasi proses yaitu dengan menggunakan metode permukaan respon (*Response Surface Methode/RSM*) (Box dan Draper 1987). Percobaan pembuatan model kuadrat dengan 3 variabel bebas dilakukan dengan rancangan komposit terpusat (*central composite design*) menggunakan $\alpha = 2$. Percobaan disusun dalam bentuk 2⁴ faktorial dengan empat variabel bebas yaitu konsentrasi gliserol, tapioka, dan CMC. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Minitab* versi 15.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persen Pemanjangan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor yang berpengaruh terhadap persen pemanjangan *biodegradable film* dari limbah padat rumput laut *E cottonii* adalah konsentrasi gliserol (*Table 2*). Uji kecukupan model (*Lack of Fit*) menunjukkan bahwa model telah sesuai dengan data yang berarti model yang dibuat dapat mewakili data nilai persen pemanjangan dari *biodegradable film*. Hasil tersebut ditunjukkan dengan nilai *Lack of Fit* 0,144 yakni lebih besar dari level signifikansi 5%. Hasil kontur menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan lebih

dari 3,5% dan konsentrasi tapioka >7% dapat menurunkan persen pemanjangan (*Figure 1*).

Penambahan tapioka sebagai bahan pengisi menurunkan nilai persen pemanjangan. Tapioka dengan konsentrasi semakin tinggi mengakibatkan *biodegradable film* yang dihasilkan akan semakin getas atau rapuh, sehingga nilai persen pemanjangan menjadi rendah. Tapioka memiliki kandungan amilopektin 48,85-50,80 83% dan amilosa 30-33% (Syamsir *et al.* 2011). Amilosa menyebabkan *biodegradable film* bersifat keras dan kompak sedangkan amilopektin berpengaruh terhadap kestabilan *film* (Bangyekan *et al.* 2006). Pati memiliki gugus hidrofilik yang kuat sehingga jika berinteraksi dengan air akan membentuk *film* yang rapuh atau getas (Avella *et al.* 2005; Faria *et al.* 2012). Handito (2011) dan Rusli (2017) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi selulosa dari karagenan dapat menyebabkan film semakin tidak elastis yang mengakibatkan persen pemanjangan semakin menurun. Pemanjangan *edible film* dapat menurun dengan penambahan konsentrasi pati lebih dari 10% (Galus *et al.* 2013). Penambahan pati yang semakin meningkat diiringi dengan rasio pati:gliserol yang semakin meningkat, mengakibatkan sifat plastis *film* semakin rendah dan persen pemanjangan semakin turun (Su *et al.* 2010).

Peningkatan konsentrasi gliserol >0,8% dapat menurunkan persen pemanjangan (*Figure 1*) sedangkan konsentrasi kitosan tidak berpengaruh terhadap persen pemanjangan. Gliserol yang ditambahkan ke dalam larutan film mengakibatkan modifikasi struktur dalam jaringan pati. Matrik *film* menjadi kurang rapat sehingga fleksibilitas *film* menjadi meningkat (Bourtoom 2008). Carneiro-da-Cunha *et al.* (2009); Al-Hasandan Norziah (2012) melaporkan bahwa konsentrasi pati yang meningkat akan berdampak pada penurunan persen pemanjangan *film* yang dihasilkan. Mali *et al.* (2010) menyatakan bahwa perbedaan antara rasio amilosa dan amilopektin di dalam bahan mempengaruhi sifat mekanik produk *biodegradable film*. Nilai persen pemanjangan berkisar 63,18% sampai 79,58%. Selulosa pada rumput laut memiliki fleksibilitas yang

Table 2 Results of analysis of biodegradable film variety from *E. cottonii* seaweed pulp

Source	Percent elongation			Tensile strength			Solubility		
	Mean squares	F calculate	Significance	Mean squares	F calculate	Significance	Mean squares	F calculate	Significance
Linier	12.76	2.18	0.124 ^{ns}	793.81	1.08	0.402 ^{ns}	862.51	0.81	0.541 ^{ns}
Glycerol (A)	31.51	5.39	0.036 [*]	2441.1	3.33	0.089 ^{ns}	61.45	0.06	0.814 ^{ns}
Tapioca (B)	12.75	2.18	0.162 ^{ns}	66.87	0.09	0.767 ^{ns}	1,865.8	1.74	0.207 ^{ns}
CMC (C)	6.51	1.11	0.309 ^{ns}	56.07	0.08	0.786 ^{ns}	0.23	0	0.98 ^{ns}
Chitosan (D)	0.26	0.04	0.836 ^{ns}	611.17	0.83	0.377 ^{ns}	1,522.3	1.42	0.252 ^{ns}
Quadratic	13.2	2.27	0.111 [*]	4,396.9	6	0.005 ^{**}	2104.3	1.97	0.152 ^{ns}
Glycerol	22.78	3.9	0.068 ^{ns}	6,396.79	8.72	0.01 ^{**}	2,502.3	2.34	0.147 ^{ns}
Tapioca	11.62	1.99	0.18 ^{ns}	9,572.12	13.05	0.003 ^{**}	4324.9	3.95	0.065 ^{ns}
CMC	0.018	0	0.956 ^{ns}	2,464.59	3.36	0.088 ^{ns}	249.32	0.23	0.64 ^{ns}
Chitosan	11.62	1.99	0.18 ^{ns}	5,899.54	8.05	0.013 ^{ns}	262.3	0.24	0.528 ^{ns}
Interaction	6.64	1.14	0.393 ^{ns}	318.24	0.43	0.844 ^{ns}	1195.2	1.12	0.399 ^{ns}
A*B	3.51	0.6	0.451 ^{ns}	1216.58	1.66	0.219 ^{ns}	9.7	0.01	0.925 ^{ns}
A*C	9.76	1.67	0.217 ^{ns}	5.91	0.01	0.93 ^{ns}	1.71	0	0.96 ^{ns}
A*D	3.51	0.6	0.451 ^{ns}	44.51	0.06	0.932 ^{ns}	253.71	0.24	0.633 ^{ns}
B*C	0.39	0.07	0.8 ^{ns}	100.32	0.14	0.717 ^{ns}	674.28	0.63	0.44 ^{ns}
B*D	19.14	3.27	0.092 ^{ns}	410.16	0.56	0.467 ^{ns}	2851.87	2.66	0.123 ^{ns}
C*D	3.51	0.6	0.451 ^{ns}	131.95	0.18	0.678 ^{ns}	3380.11	3.16	0.096 ^{ns}
Lack of fit	7.25	3.09	0.144 ^{ns}	992.61	11.68	0.015 ^{**}	1167.37	1.38	0.397 ^{ns}

Note: ns = non significant; * = (p>95%); ** = (p>99%)

tinggi sehingga berpengaruh terhadap persen pemanjangan, namun pengaruhnya kurang maksimal karena gliserol sebagai *plasticizer* yang dapat memberikan sifat elastis pada plastik jumlah kandungannya sama sehingga memberi efek yang sama untuk setiap film plastik (Sulistyo dan Ismiyati 2012). Nilai persen pemanjangan tersebut lebih dari 50% dan dikategorikan dalam kategori sangat baik menurut *Japanese Industrial Standard* (2013) dan dapat diaplikasikan untuk kemasan primer produk pangan.

Kuat tarik

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor yang berpengaruh terhadap kuat tarik *biodegradable film* dari limbah padat rumput laut *E. cottonii* adalah konsentrasi gliserol. Interaksi antara keempat faktor perlakuan tidak berbeda nyata. Hasil

kontur menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CMC >3,5% dan kitosan >3,5% dapat menurunkan kuat tarik *biodegradable film* (Figure 2). Hal ini disebabkan oleh adanya pembentukan ikatan hidrogen intermolekuler antara NH⁴⁺ dari kitosan dan OH⁻ dari CMC (Hasegawa *et al.* 1992).

Peningkatan konsentrasi gliserol >0,6%, dan CMC >3,5% juga dapat menurunkan kuat tarik *biodegradable film* (Figure 2). Peningkatan gliserol dapat menurunkan nilai kuat tarik dan modulus *Young* karena gliserol bersifat mengurangi ikatan hidrogen internal molekul sehingga melemahkan gaya tarik intermolekul rantai polimer yang berdekatan, hal tersebut menyebabkan daya regang berkurang dan kekakuan menurun sehingga terjadi penurunan kekuatan tarik (Lai 1997; Cheng *et al.* 2006; Suppakul *et al.* 2006; Sobral *et al.* 2001; Gao *et al.* 2017). Peningkatan

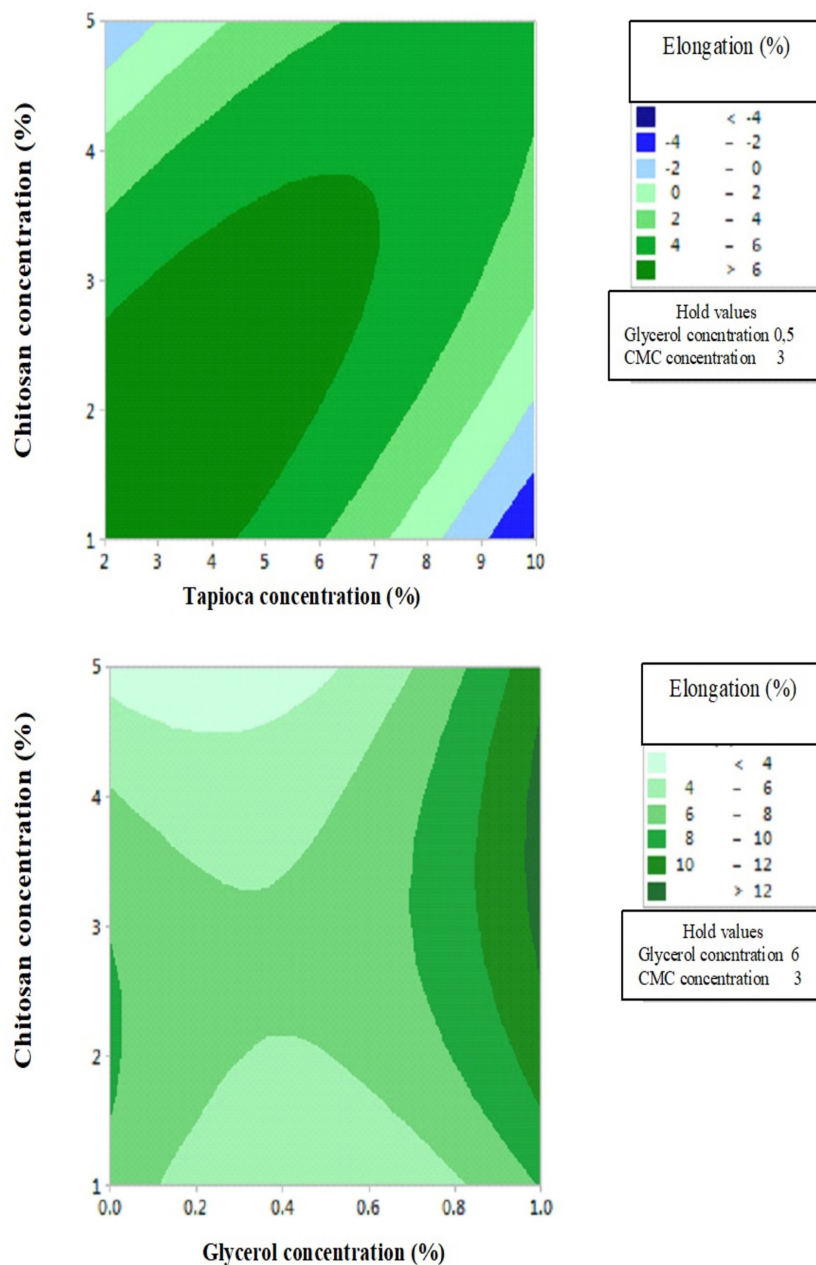


Figure 1 The contours influence the concentration of chitosan, the concentration of glycerol and tapioca to the percent elongation.

konsentrasi *plasticizer* meningkatkan kadar air film karena sifatnya yang higroskopis sehingga berkontribusi pada pengurangan kekuatan antara makromolekul yang berdekatan (Sobral *et al.* 2001). Pengurangan sifat mekanik akibat pengaruh *plasticizer* dilaporkan oleh beberapa peneliti (Cuq *et al.* 1997; Gontard *et al.* 1993; McHugh dan Krochta 1994).

Peningkatan konsentrasi tapioka >7% dengan konsentrasi gliserol >0,7% dapat

menurunkan kuat tarik *biodegradable film* (Figure 2). Peningkatan pati jagung (Ghanbarzade 2010) dan pati kacang (Ma *et al.* 2008) dapat meningkatkan nilai kuat tarik produk *biodegradable film*. Peningkatan pati sampai konsentrasi 2% menyebabkan matriks yang terbentuk semakin banyak dan struktur matriks film semakin kokoh sehingga kekuatan yang diberikan untuk menyangga beban dari luar semakin besar dan mempunyai ketahanan terhadap

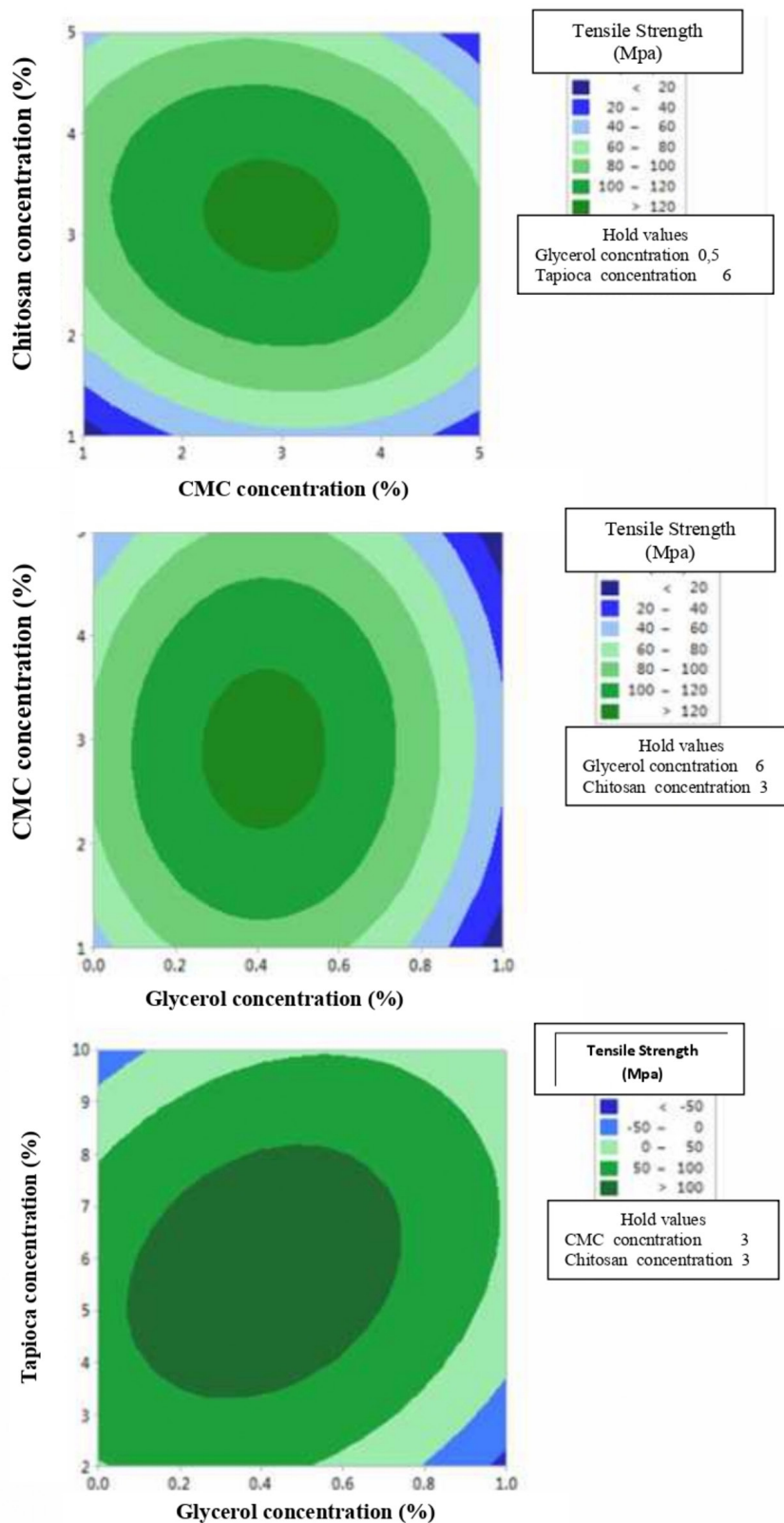


Figure 2 Contours of the effect of chitosan concentration, glycerol concentration, CMC and tapioca on tensile strength.

kerusakan akibat peregangan dan tekanan (Warkoyo *et al.* 2014). Peningkatan kualitas fisik disebabkan karena adanya kandungan amilosa yang menyebabkan ikatan antar polimer semakin kuat dan mengakibatkan kuat tarik yang dihasilkan juga semakin besar (Chiumarelli dan Hubinger 2012). Amilosa dan amilopektin secara fisik membentuk ikatan silang intermolekul dan intramolekul untuk membentuk jaringan makromolekul yang lebih besar pada pembuatan gel (Maizura *et al.* 2007). Ikatan-ikatan silang berkontribusi pada kekuatan dan daya peregangan yang tinggi pada *film* yang dihasilkan (Rindlay-Wastling *et al.* 1998). Amilopektin yang memiliki rantai cabang lebih panjang memiliki kecenderungan yang kuat untuk membentuk gel. Bahan amilopektin amorf yang fleksibel dan lunak tetapi menunjukkan peningkatan kekakuan dan penurunan perpanjangan karena kristalisasi.

Hasil yang sama dilaporkan oleh Petersson dan Stading (2005) yang menunjukkan bahwa kenaikan perbandingan pati kentang dengan asetil dari 0,3 menjadi 0,6 diiringi dengan kenaikan kuat tarik *edible film* dari 29,9 MPa menjadi 39,5 MPa. Hasil penelitian Alves *et al.* (2007) pada *film* berbasis pati ubi kayu menunjukkan bahwa kadar amilosa berpengaruh nyata terhadap sifat mekanik *film* yang dihasilkan. Penambahan tapioka lebih banyak mengakibatkan *biodegradable film* yang dihasilkan akan mudah robek dan getas sehingga dapat menurunkan kuat tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik yang dihasilkan berkisar 13,7-124,2 Mpa. Nilai kuat tarik *edible film* yang telah memenuhi standar minimal nilai kuat tarik *edible film* berdasarkan *Japanese Industrial Standard* (2013) yaitu 3,92 MPa

Kelarutan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi gliserol, konsentrasi tapioka, konsentrasi CMS dan konsentrasi kitosan tidak berpengaruh terhadap kelarutan *biodegradable film* dari limbah padat rumput laut *E. cottonii* (Table 2). Hasil penelitian Juliyarsi *et al.* (2011) menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh nyata antara CMC

dan gliserol terhadap produk *biodegradable film* dari *whey milk*. Hasil analisis kontur menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi gliserol >0,3% dan kitosan >4% dapat menurunkan kelarutan dari *biodegradable film* (Figure 3).

Kelarutan dalam air merupakan salah satu parameter penting dari *film* berbasis pati yang memberikan indikasi afinitas air *film* (Bourbon *et al.* 2011), terutama jika diaplikasikan pada produk untuk menghalangi kelembaban dan terkait dengan umur simpan (Bertuzzi *et al.* 2007). Singh *et al.* (2015) menyatakan bahwa kitosan mempengaruhi kelarutan secara signifikan. Gliserol tidak mempengaruhi kelarutan tetapi terjadi kecenderungan peningkatan konsentrasi gliserol menyebabkan kelarutan *biodegradable* masih tinggi walau secara statistik tidak berbeda nyata. Hal ini disebabkan oleh tiga gugus hidroksil hidrofilik yang ada dalam gliserol yang bertanggung jawab untuk kelarutannya dalam air (Chillo *et al.* 2008). Bourtoom (2008) melaporkan bahwa peningkatan kelarutan *film* dengan meningkatnya konsentrasi *plasticizer* disebabkan oleh sifat *plasticizer hydrophilic* yang dapat meningkatkan kelarutan *film* dalam air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelarutan yang dihasilkan berkisar antara 54,4–98,4%. Daya larut *edible film* yang dihasilkan dari karaginan berkisar $60,51 \pm 8,92$ sampai $74,20 \pm 5,33\%$ (Rusli *et al.* 2017), dengan bahan baku protein berkisar 40,75-47,67% (Blanco-Pascual *et al.* 2013), kitosan berkisar 42,05-47,11% (Bourbon *et al.* 2011) dan komposit tepung pisang dan karaginan berkisar 40,90-64,21% (Pitak dan Rakshit 2011).

Biodegradabilitas

Biodegradabilitas adalah kemampuan daya tahan produk *biodegradable film* terhadap mikroba pengurai, kelembaban tanah dan faktor kimia yang terdapat didalam tanah. Proses dekomposisi biokimia molekul organik oleh mikroorganisme dikenal sebagai biodegradasi, yang mengkonversi C, N, S, dan P (kandungan senyawa organik) menjadi produk anorganik (Robertson 2013). Uji biodegradabilitas *film* menggunakan metode

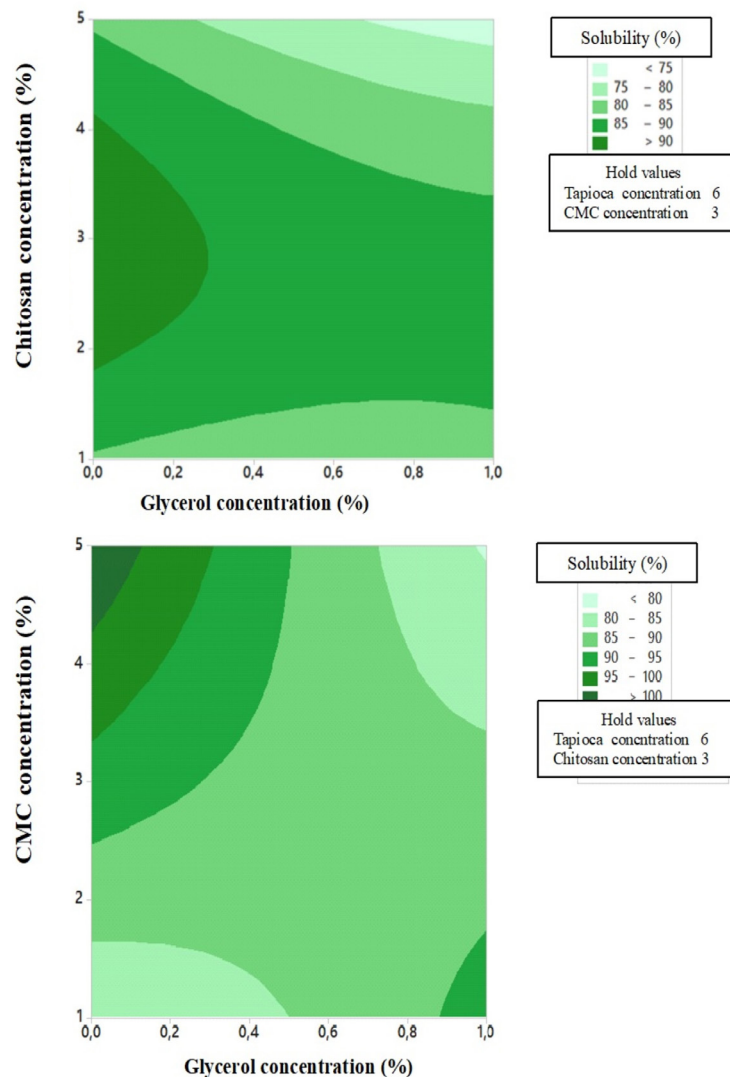


Figure 3 Contours of the effect of chitosan concentration, glycerol and CMC concentration on solubility.

soil burial test (Tokiwa *et al.* 1994) yaitu dengan menanamkan lembaran *biodegradable film* ke dalam pot yang berisi tanah dan diamati sampai lembaran tersebut hilang karena terdegradasi oleh mikroba. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *biodegradable film* terurai secara sempurna pada minggu ketiga.

Biodegradable film dengan bahan baku dari selulosa maupun pati mudah terurai hal itu disebabkan karena bahan baku yang digunakan mudah berinteraksi dengan air dan mikroorganisme serta sensitif terhadap pengaruh fisikokimia (Tan *et al.* 2016). Kristalinitas pada selulosa berkurang akibat adanya tambahan gliserol, CMC dan kitosan mampu mempercepat proses biodegradasi

biodegradable film. Pratomo dan Rohaeti (2011) memperlihatkan bahwa pada proses biodegradasi *biodegradable* dari *nata de cassava* terjadi pemutusan ikatan pada ikatan β -1,4-glikosidik sehingga molekul selulosa terurai kembali menjadi molekul glukosa secara bertahap. Degradasi polimer digunakan untuk menyatakan perubahan fisik akibat reaksi kimia yang mencakup pemutusan ikatan dalam tulang punggung dari makro molekul. Reaksi degradasi kimia dalam polimer linier menyebabkan turunnya reaksi degradasi kimia dalam polimer linier menyebabkan turunnya berat molekul atau pemendekan panjang rantai (Surdia 2000).

KESIMPULAN

Berdasarkan olah data menggunakan minitab untuk mengetahui titik optimal maka diperoleh kesimpulan bahwa hasil penelitian menghasilkan nilai optimum yang terjadi pada kondisi proses dengan menggunakan konsentrasi gliserol sebanyak 0,162%, konsentrasi tapioka 3,78%, konsentrasi CMC 2,5% dan konsentrasi kitosan 1,62% dengan nilai kuat tarik 95,013 Mpa, persen pemanjangan 8,92%, dan kelarutan 80,62%.

DAFTAR PUSTAKA

- [ASTM] American Standard Testing Methods. 2013. Standard practice conditioning plastics and electrical insulating materials for testing. Philadelphia (US): American National Standards Institute.
- Al-Hasan AA, Norziah MH. 2012. Starch gelatin edible films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. *Food Hydrocolloids*. 26: 108-117.
- Alves V, Costa N, Hilliou L, Laratonda F, Goncalves M, Sereno A, Coelho I. 2006. Design of biodegradable composite film food packaging. *Desalination*. 199(1-3): 331-333.
- Alves VD, Mali S, Beleia A, Grossmann MVE. 2007. Effect of glycerol and amylase enrichment on cassava starch film properties. *Journal of Food Engineering*. 78: 941-946.
- Avella M, De Vlieger JJ, Errico ME, Fischer S, Vacc AP, Volpe MG. 2005. Biodegradable starch/clay nano composite films for food packaging applications. *Food Chemistry*. 93(3): 467-474.
- Bangyekan C, Aht-Ong D, Shirkulkit K. 2006. Preparation and properties evaluation of kitosan-coated cassava starch films. *Carbohydrate Polymers*. 63: 61-71.
- Bertuzzi MA, Castro Vidurre EF, Armada M, Gottifredi JC. 2007. Water vapor permeability of edible starch based films. *Journal of Food Engineering*. 80:972-978.
- Biswal DR, Singh RP. 2004. Characterisation of carboxymethyl cellulose and polyacrylamide graft copolymer. *Carbohydr Polym*. 57:379-387.
- Blanco-Pascual N, Fernandez-Martin F, Montero MP. 2013. Effect of different protein extracts from *Dosidicus gigas* muscle co-products on edible films development. *Food Hydrocolloids*. 33(1): 118-131.
- Bourbon AI, Pinheiro AC, Cerqueira MA, Rocha CMR, Avides MC, Quintas MAC, Vicente AA. 2011. Physico-chemical characterization of kitosan-based edible films incorporating bioactive compounds of different molecular weight. *Journal of Food Engineering*. 106(2): 111-118.
- Box GEP, Diaper NR. 1987. Empirical Model Building and Respon Surfaces. New York (US): John Willy and Son
- Bourtoom T. 2008. Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film. *Songklanakarin Journal Science Technology*. 30(1): 149-165.
- Bourtoom T, Chinnan MS. 2008. Preparation and properties of rice starch-kitosan blend biodegradable film. *Food science and Technology*. 41: 1633-1641.
- Carneiro-da-Cunha MG, Cerqueira MA, Souza BWS, Souza MP, Teixeira JA, Vicente AA. 2009. Physical properties of edible coatings and films made with a polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. *Journal of Food Engineering*. 95: 379-385.
- Carvalho AJF. 2013. Starch: Major sources, properties and applications as thermoplastic materials. Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics. Boston (US): William Andrew Publishing.
- Chandra R, Rustgi R. 1998. Biodegradable polymers. *Progress in Polymer Science*. 23:1273-1335.
- Cheng LH, Abdkarim A, Norziah MH, Fazilah A, Seow CC. 2006. Modification of the microstructural and physical properties of konjac glucomannan-based films by alkali and sodium carboxymethylcellulose. *Journal of Food Science*. 2(2): 62-71.
- Chillo S, Flores S, Mastromatteo M, Conte A, Gerschenson L, Del Nobile MA. 2008. Influence of glycerol and kitosan on tapioca starch-based edible film properties. *Journal of Food Engineering*. 88: 159-168.
- Chiumarelli M, Hubinger MD. 2012. Stability,

- solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch-carnauba wax edible coatings to preserve freshcut apples. *Food Hydrocolloids*. 28: 59-67.
- Corradini C, Alfieri I, Cavazza A, Lantano C, Lorenzi A, Zucchetto N, Montenero A. 2013. Antimicrobial films containing lysozyme for active packaging obtained by sol-gel technique. *Journal of Food Engineering*. 119(3): 580–587.
- Cuq B, Gontard N, Aymard C, Guilbert S. 1997. Relative humidity and temperature effects on mechanical and watervapor barrier properties of myofibrillar protein-based films. *Polymer Gels and Networks*. 5(1):1-15.
- Damat. 1989. Isolation of lignin from cooking solution by pulp factory using H_2SO_4 and HCl. Bogor (ID): Department of Agricultural Industrial Technology, Faculty of Agricultural Technology, Bogor Agricultural University.
- Darmadji P, Izumimoto M. 1994. Effect of kitosan in meat preservation. *Meat Science*. 38(2):243–254.
- Deepa B, Abraham E, Pothan LA, Cordeiro N, Faria M, Thomas S. 2016. Biodegradable nanocomposite films based on sodium alginate and cellulose nanofibrils. *Materials*. 9(5): 1-11.
- Dhanapal A, Sasikala P, Rajamani L, Kavitha V, Yazhini GM, Banu MS. 2012. Edible films from polysaccharides. *Food Science and Quality Management*. 3: 9-17.
- Dutta PK, Tripathi S, Mehrotra GK, Dutta J. 2009. Perspectives for kitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*. 114(4): 1173-1182.
- Faria FO, Vercelheze AES, Mali S. 2012. Physical properties of *biodegradable films* based on cassava starch, polyvinyl alcohol and montmorillonite. *Química Nova*. 35(3): 487-492.
- Fazilah A, Maizura M, Abd Karim A, Bhupinder K, Rajeev B, Uthumporn U, Chew SH. 2011. Physical and mechanical properties of sago starch – alginate films incorporated with calcium chloride. *International Food Research Journal*. 18(3): 1027- 1033.
- Gao E, Pollet, Averous E. 2017. Properties of glycerol-plasticized alginate films obtained by thermo-mechanical mixing. *Food Hydrocolloids*. 63:414-420.
- Gennadios A, Weller CL, Testin RF: 1993. Property modification of edible wheat gluten films. *Transaction American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 36:465-470.
- Ghanbarzadeh B, Almasi H, Entezami AA: 2010. Physical properties of edible modified starch/carboxymethyl cellulose films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11: 697-702.
- Gontard N, Guilbert S, Cuq JL. 1993. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten Film. *Journal of Food Science*. 58: 206-211.
- Gontard N, Guilbert S. 1994. Bio packaging: technology and properties of edible biodegradable material of agricultural origin. Food packaging and preservation. London (UK): Mthlouthi, M. Ed; Blakie Academic and Professional.
- Gontard N, Guilbert S, Cuq JL. 1992. Edible wheat gluten films: influence of main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*. 57: 190–195.
- Handito D. 2011. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap sifat fisik dan mekanik *edible film*. *Agroteksos*. 21(2-3): 151-157.
- Hendrawati, Sumarni S, Nurhasni. 2015. Penggunaan kitosan sebagai koagulan alami dalam perbaikan kualitas air danau. *Jurnal Kimia VALENSI*. 1(1): 1-11.
- Hidayati S, Zuidar AS, Ardiani A. 2015. Aplikasi sorbitol pada produksi *biodegradable film* dari nata de cassava. *Reaktor*. 15(3): 195-203.
- Hidayati S, Zuidar AS, Fahreza A. 2016. Optimasi produksi pulp formacell dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan metode permukaan respon. *Reaktor*. 16(4): 161-171.
- Hu D, Wang H, Wang L. 2016. Physical properties and antibacterial activity of quaternized kitosan/carboxy methyl cellulose blend films. *LWT-Food Science and Technology*. 65: 398–405.

- Huq T, Salmieri S, Khan A, Khan RA, Tien CL, Riedl B, Fraschini C, Bouchard J, Uribe-Calderon J, Kamal MR, Lacroix M. 2012. Nanocrystalline cellulose (NCC) reinforced alginate based biodegradable nano-composite film. *Carbohydrate Polymers*. 90: 1757-1763.
- Indrarti I, Elsy R. 2008. Bioselulosa sebagai *Biodegradable film*. Yogyakarta (ID): Prosiding Teknologi Proses. Seminar Nasional Pangan.
- Jayakumar R, Nwe NT, Tokura S, Tamura H. 2007. Sulfated chitin and kitosan as novel biomaterials. *International Journal of Biological Macromolecules*. 40: 175-181.
- [JIS] Japanese Industrial Standart. 2013. Japanese standards association. Japan (JP): Japanese Industrial Standar Committee Secretariat.
- Juliyarsi I, Melia S, Sukma A. 2011. The quality of edible film by using glycerol as plasticizer. *Pakistan Journal of Nutrition*. 10(9): 884-887.
- Lai HM, Padua GW, Wei LS. 1997. Properties and micro structure of zein sheets plasticized with palmitic and stearic acids. *Cereal Chemistry*. 74(1): 83-90.
- Li Y, Shoemaker CF, Ma J, Shen X, Zhong F. 2008. Paste viscosity of rice starches of different amylose content and carboxymethylcellulose formed by dry heating and the physical properties of their films. *Food Chemistry*. 109: 616-623.
- Linder M, Kochanowski NI, Parmentier. 2005. Response surface optimisation of lipase-catalysed esterification of glycerol and n-3 polyunsaturated fatty acids from salmon oil. *Process Biochemistry*. 40: 273-279.
- Maharany F, Nurjanah, Suwandi R, Anwar E, Hidayat T. 2017. Kandungan senyawa bioaktif rumput laut *Padina australis* dan *Euclima cottonii* sebagai bahan baku krim tabir surya. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 10-17.
- Ma X, Chang PR, Yu J. 2008. Properties of biodegradable thermoplastic pea starch/carboxymethyl cellulose and pea starch/microcrystalline cellulose composites. *Carbohydrate Polymers*. 72:369-375.
- Mali S, Grossmann MVE, Yamashita F. 2010. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. *Semina: Ciências Agrárias*. 31(1):137-156.
- Malmiri JH, Osman A, Tan CP, Abdul-Rahman R. 2011. Development of an edible coating based on kitosan-glycerol to delay 'Berangan' banana (*Musa sapientum* cv. Berangan) ripening process. *International Food Research Journal*. 18(3): 989-997.
- Maizura M, Fazilah A, Norziah MH, Karim AA. 2008. Antibacterial activity of modified sago starch-alginate based edible film incorporated with lemongrass (*Cymbopogon citratus*). *Oil International Food Research Journal*. 15(2): 233-236.
- Manivannan P, Rajasimman M. 2011. Optimization of process parameters for the osmotic dehydration of beetroot in sugar solution. *Journal of Food Process Engineering*. 34(3): 804-825.
- Masclaux C, Gouanvé F, Espuche E. 2010. Experimental and modelling studies of transport in starch nanocomposite films as affected by relative humidity. *Journal of Membrane Science*. 363(1-2): 221-231.
- McHugh TH, Krochta JM. 1994. Sorbitol vs glycerol plasticized whey protein edible film: Integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 42(4): 841-845.
- Nie H, Liu M, Zhan, Guo M. 2004. Factors on the preparation of carboxymethylcellulose hydrogel and its degradation behaviour in soil. *Carbohydr Polym*. 58: 185-189.
- Nogales JMR, Roura E, Contreas E. 2005. Biosynthesis of ethyl butyrate using immobilized lipase: A Statistic Approach. *Process Biochemistry*. 40: 63-68.
- Ozcalik O, Tihminlioglu F. 2013. Barrier properties of corn zein nanocomposite coated polypropylene films for food packaging applications. *Journal of Food Engineering*. 114(4): 505-513.
- Petersson M, Stading M. 2005. Water vapour permeability and mechanical properties of mixed starch-monoacylglyceride films and effect of film forming conditions. *Food Hydrocolloids*. 19: 123-132.
- Pitak N, Rakshit SK. 2011. Physical and antimicrobial properties of banana flour/kitosan *biodegradable* and self

- sealing films used for preserving Fresh-cut vegetables. *LWT-Food Science and Technology*. 44(10): 2310-2315.
- Prajapati VD, Maheriya PM, Jani GK, Solanki HK. 2014. Carrageenan: A natural seaweed polysaccharide and its applications. *Carbohydrate Polymers*. 105: 97-112
- Pratomo H, Rohaeti E. 2011. Bioplastik nata de cassava sebagai bahan *edible film* ramah lingkungan. *Jurnal Penelitian Saintek*. 16(2): 172-190.
- Oun AA, Rhim J-W. 2015. Preparation and characterization of sodium carboxymethyl cellulose/cotton linter cellulose nanofibril composite films. *Carbohydrate Polymers*, 127: 101-109.
- Radojkovic M, Zekovic Z, Jokic S, Vidovic S. 2012. Determination of optimal extraction parameters of mulberry leaves using Response Surface Methodology (RSM). *Romanian Biotechnological Letters*. 17(3): 7295-7308.
- Ramadhan S. 2016. Kajian konsentrsi tepung ketan (*Oryza Sativa Glutinous*) dan gliserol terhadap karakteristik *edible film* tepung ketan. Bandung (ID): Departement of Food Science, Faculty of Engineering, Pasundan University.
- Rao RB, Manohar K, Sambiah, Lokesh BR. 2002. Enzymatic acidolysis in hexane to produce N-3 or N-6 FA-enriched structured lipids from coconut oil: optimization of reactions by Response Surface Methodology. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 70(9): 885-890.
- Rindlav-Westling A, Stading M, Hermansson AM, Gatenholm P. 1998. Structure, mechanical and barrier properties of amylose and amylopectin films. *Carbohydrate Polymers*. 36: 217-224.
- Rochima E. 2007. Karakterisasi kitin dan kitosan asal limbah rajungan Cirebon Jawa Barat. *Buletin Teknologi Hasil Perairan*. 10(1): 9-22.
- Robertson GL. 2013. Food packaging: principles and practice. French (FR): Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Rusli A, Metusalach, Salengke, Tahir MM. 2017. Karakterisasi *edible film* karagenan dengan pemlastis gliserol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(2): 219-229.
- Siah WM, Aminah A, Ishak A. 2015. Edible films from seaweed (*Kappaphycus alvarezii*). *International Food Research Journal*. 22(6): 2230-2236.
- Singh TP, Chatli MK, Sahoo J. 2014. Development of kitosan based edible films: process optimization using response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*. 52(5): 2530-2543.
- Sobral PJA, Menegalli FC, Hubinger MD, Roques MA. 2001. Mechanical, water vapor marrier and thermal properties of gelatin based edible films. *Food Hydrocolloid*. 15(6): 423-432.
- Song Y, Liu L, Shen H, You J, Luo Y. 2011. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different antioxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*. 22: 608-615.
- Srinivasa PC. 2004. Process development of biodegradable kitosan based films and their suitability for food packaging. Ph.D. Thesis, CFTRI, Mysore
- Sudharsan K, Mohan CC, Babu PAS, Archana G, Sabina K, Sivarajan M, Sukumar M. 2016. Production and characterization of cellulose reinforced starch (CRT) films. *International Journal of Biological acromolecules*. 83: 385-395.
- Sugita P, Wukirsari T, Sjahriza A, Wahyono D. 2009. *Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan*. Bogor (ID): IPB Pr.
- Su JF, Huang Z, Yuan XY, Wang XY, Li M. 2010. Structure and properties of carboxymethyl cellulose/ soy protein isolate blend edible films crosslinked by Maillard reactions. *Carbohydrate Polymers*. 79(1): 145-153.
- Sulityo HW, Ismiyati. 2012. Pengaruh formulasi pati singkong-selulosa terhadap sifat mekanik dan hidrofobisitas pada pembuatan bioplastik. *KONVERSI*. 1(2): 23-30.
- Suppakul P, Chalernsook B, Ratisuthawat B, Prapasitthi S, Munchukangwan K. 2006. Plasticizer and relative humidity effects

- on mechanical properties of cassava flour films. Japan (JP): The 15th IAPRI World Conference on Packaging: 433-437.
- Suptijah P, Jacob AM, Rachmania D. 2011. Karakterisasi nano kitosan cangkang udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) dengan metode gelasi ionik. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 14(2):78-84.
- Surdia NM. 2000. Degradasi polimer. *Majalah Polimer Indonesia*. 3 (1): 20-21.
- Syamsir E, Hariyadi P, Fardiaz D, Andarwulan N, Kusnandar F. 2011. Karakterisasi tapioka dari lima varietas ubi kayu (*Manihot utilisima crantz*) asal lampung. *Jurnal Agrotek*. 5(1): 93-105
- Tan Z, Yongjian Y, Hongying W, Wanlai Z, Yuanru Y, Chaoyun W. 2016. Physical and degradable properties of mulching films prepared from natural fibers and biodegradable polymers. *Journal of Applied Sciences*. 6(147):1-11.
- Tavassoli KE, Shekarchizadeh H, Masoudpour BM. 2016. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate Polymers*. 137: 360–374.
- Tharanathan RN. 2003. Biodegradable film and composite coatings: past, present and future. *Food Science and Technology*. 14(3): 71-78.
- Thea DP, Debeaufort F, Voilley A, Luu D. 2009. Biopolymer interactions affects the functional properties of edible film based on agar, cassava starch, and arabinoxylan blends. *Journal of Food Engineering*. 90(4): 548-558.
- Tokiwa Y, Ando T, Suzuki T. 1994. Degradation of polycaprolactone by fungus. *Journal of Fermentation Technology*. 54: 603-608.
- Tongdeesoontorn W, Mauer LJ, Wongruong S, Sriburi P, Rachtanapun. 2012. Physical. Mechanical and physical properties of cassava starch-gelatin composite films. *International Journal of Polymeric Materials*. 61(10): 778–792.
- Vieira MGA, da Silva MA, dos Santos LO, Beppu MM. 2011. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*. 47(3): 254–263.
- Warkoyo, Rahardjo B, Marseno DW, Karyadi JNW. 2014. Sifat fisik, mekanik dan *barrier edible film* berbasis pati umbi kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) yang iinkorporasi dengan kalium sorbat. *AGRITECH*. 34(1): 72-81.
- Wekridhany A, Darni Y, Agustina D. 2012. Pengaruh rasio selulosa/ NaOH pada tahap alkalinisasi terhadap peningkatan produksi natrium karboksimetil selulosa (Na-CMC) dari residu rumput laut *Eucheuma Spinossum*. *Prosiding Seminar Nasional Sains Mipa dan Aplikasi*. 3(3): 407-411.
- Yadav M, Rhee KY, Park SJ. 2014. Synthesis and characterization of graphene oxide/carboxymethylcellulose/alginate composite blend films. *Carbohydrate Polymer*. 110: 18-25.
- Zahiruddin W, Ariesta A, Salamah E. 2008. Karakteristik mutu dan kelautan kitosan dari ampas silase kelapa udang windu (*Penaeus monodon*). *Buletin Teknologi Hasil Perairan*. 11(2):140-151.
- Zulferiyenni, Hidayati S. 2016. Sifat Kimia Limbah Padat Rumput Laut Hasil Pemurnian Menggunakan H₂O₂ dan NaOH. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung*. 141-148.