

Pengaruh Penambahan Serat Kulit Kopi dan Polivinil Alkohol (PVA) terhadap Karakteristik *Biodegradable Foam* dari Pati Kulit Singkong

Effect of Addition of Coffee Peel Fiber and Polyvinyl Alcohol on Characteristics of Biodegradable Foam from Cassava Peel Starch

Febrina Sarlinda^{1*}, Amrul Hasan², Zeni Ulma³

¹ Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medik, Jurusan Teknologi Laboratorium Medik, Politeknik Kesehatan Tanjungkarang, Jl. Soekarno-Hatta No 1 Bandar Lampung

² Program Studi, DIII Sanitasi, Jurusan KEsehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Tanjungkarang, Jl. Raya Hajimena Natar No.100, Lampung Selatan.

³ Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip PO BOX 164 Jember

*Penulis korespondensi: febrinasarlinda@gmail.com

Direview: 1 September 2022

Diterima: 30 September 2022

ABSTRAK

Plastik polistirena atau *stryrofoam* sangat populer digunakan sebagai wadah pengemas makanan padahal *stryrofoam* memiliki dampak yang buruk terhadap kesehatan. Selain itu, *stryrofoam* juga tidak dapat diuraikan secara alami di lingkungan sehingga penggunaan *stryrofoam* juga menjadi masalah tersendiri bagi lingkungan. Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk menggantikan *stryrofoam* adalah *biodegradable foam* (biofoam), yaitu *foam* berbasis pati dan serat yang aman bagi kesehatan serta dapat diuraikan secara alami. Kulit singkong kaya akan pati (karbohidrat) namun memiliki kadar serat yang rendah. Sementara itu kulit kopi kaya akan serat dan minim karbohidrat. Kedua jenis limbah tersebut memiliki potensi menjadi bahan baku *biodegradable foam*. Penambahan polimer sintetik polivinil alkohol (PVA) diharapkan mampu meningkatkan kualitas mekanik *biodegradable foam*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh formulasi terbaik untuk pembuatan *biodegradable foam* berbahan pati dari kulit singkong dengan menambahkan kulit kopi dan PVA. Kualitas *biofoam* yang dievaluasi antara lain daya serap air, kuat tarik, dan tingkat *biodegradabilitas*. Karakteristik *biofoam* terbaik diperoleh pada penambahan 15% serat dan 15% PVA, yaitu daya serap air sebesar 28,87%, kuat tarik sebesar 2,70 N/mm² dan daya urai sebesar 93,66% selama 30 hari.

Kata kunci: *biodegradable foam*, kulit kopi, kulit singkong, PVA

ABSTRACT

Polystyrene plastic or *stryrofoam* is very popular to be used as a food packaging container even though *Styrofoam* has a bad impact on health. In addition, *Styrofoam* also cannot be biodegraded naturally in the environment so the use of *stryrofoam* is also a problem for the environment. One alternative to *stryrofoam* is *biodegradable foam* (biofoam) made from starch and cellulose. It is safe for health and can be broken down naturally. Cassava peel is rich in starch (carbohydrates) but has low cellulose content. Meanwhile, coffee peel is rich in cellulose and minimal in carbohydrates. Both types of waste have the potential to become *biodegradable foam* raw materials. The addition of synthetic polyvinyl alcohol (PVA) polymer is expected to improve the mechanical quality of *biodegradable foam*. This study aims to obtain the best formulation for the manufacture of *biodegradable foam* from cassava starch with the addition of coffee peel cellulose and PVA. The quality of *biofoam* evaluated includes tensile strength, water absorption, and *biodegradability*. The best *biofoam* characteristics were obtained at the addition of 15% fiber and 15% PVA, resulted in water absorption of 28.87%, the tensile strength of 2.70 N/mm², and *biodegradability* of 93.66% for 30 days.

Keywords: *biodegradable foam*, cassava peel, coffee peel, PVA

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang menghadapi darurat sampah plastik. Hasil penelitian terhadap 192 negara di dunia menunjukkan bahwa 5 negara penyumbang sampah plastik terbesar di dunia adalah China, Indonesia, Filipina, Vietnam, dan Thailand (Jambeck dkk, 2015). Salah satu jenis sampah plastik yang banyak dihasilkan dari industri makanan di Indonesia adalah *styrofoam* yang merupakan plastik polistirena. Penggunaannya yang praktis, ringan, kuat, tahan panas, dan harganya yang murah menjadi alasan semakin banyaknya penggunaan *styrofoam* sebagai wadah atau kemasan makanan. Sebagai kemasan makanan *styrofoam* umumnya hanya digunakan dalam waktu singkat terutama apabila digunakan sebagai wadah kemasan makan cepat saji. Namun demikian *styrofoam* akan bertahan lama dan tidak dapat diuraikan sehingga akan terbuang menjadi limbah dalam jumlah besar di lingkungan.

Styrofoam sesungguhnya tidak cocok untuk digunakan sebagai wadah kemasan makanan. Waktu kontak yang lama, suhu tinggi, dan kandungan lemak dalam makanan dapat menyebabkan masuknya bahan-bahan kimia pembentuk *styrofoam* ke dalam makanan. Kandungan stirena yang terdapat pada *styrofoam* dalam jangka panjang dapat mengakibatkan berbagai masalah kesehatan mulai dari gangguan ringan seperti anemia hingga penyakit kanker (Iriani, 2013). Selain mempunyai dampak yang buruk bagi kesehatan, *styrofoam* juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Berdasarkan data *Environment Protection Agency* (EPA) disebutkan bahwa pembuatan *styrofoam* menghasilkan limbah yang dikategorikan. Pada sebagai limbah berbahaya kelima terbesar di dunia. Selama proses produksinya juga menghasilkan bau yang dapat mengganggu pernapasan dan melepaskan 57 zat berbahaya ke udara (Iriani, 2013).

Banyaknya dampak negatif yang ditimbulkan dari penggunaan *styrofoam* mendorong pencarian bahan alternatif yang memiliki sifat mendekati *styrofoam*, diantaranya yaitu biofoam (*biodegradable foam*) berbahan dasar pati. Berbagai penelitian telah dikembangkan untuk menghasilkan biofoam dari sumber bahan-bahan alami yang dapat diperbarui, aman bagi kesehatan, serta dapat diuraikan secara alami di lingkungan. Salah satu bahan yang mulai dimanfaatkan untuk pengembangan biofoam adalah produk dari limbah pertanian. Bahan utama pembentuk biofoam adalah pati dan serat. Berbagai jenis produk dan limbah pertanian yang mengandung pati seperti tapioka, pati biji nangka, ampas sagu, kulit pisang, onggok, ampok, kulit singkong, ampas tahu telah mulai dimanfaatkan untuk membuat biofoam. Untuk memperkuat sifat fisik biofoam diperlukan penambahan berbagai jenis serat seperti kulit jagung, bagas, kulit nanas, daun nanas, dan tandan kosong kelapa sawit.

Propinsi Lampung merupakan wilayah agraris yang memiliki banyak komoditas pertanian dan perkebunan. Salah satu komoditas utama pertanian dan perkebunan propinsi Lampung adalah singkong dan kopi robusta. Pada tahun 2016 produksi singkong propinsi Lampung mencapai 7,74 juta ton (kementerian pertanian, 2016) dan produksi kopi robusta pada tahun 2017 sebesar 110.368 ton (direktorat jenderal perkebunan, 2017). Besarnya produksi kedua komoditas tersebut juga diikuti dengan besarnya limbah kulit yang dihasilkan.

Limbah kulit singkong mengandung pati sebesar 44-49%, serta serat 17,5-27,4% (Pratiwi, 2014). Saleh dkk (2014) melaporkan bahwa kulit singkong dengan penambahan *plastisizer* polivinil alkohol (PVA) dapat diproduksi menjadi *biofoam* melalui proses *thermopressing*. Coniwati dkk. (2018) menjelaskan bahwa penambahan ampas tebu dan serat daun nanas dapat memperbaiki sifat mekanik biofoam dari kulit singkong dengan meningkatnya nilai kuat tarik dan kuat tekan serta turunnya daya serap air. Limbah kulit kopi dengan kandungan serat kasar tinggi yaitu sebesar 18,7% memiliki potensi untuk ditambahkan pada formulasi pembuatan biofoam Coniwati dkk. (2018).

Meskipun penelitian tentang biofoam telah banyak dilakukan, namun produksi biofoam secara komersial masih terbatas. Hal ini dikarenakan kualitas biofoam yang dihasilkan seperti sifat mekaniknya yang rendah serta daya serap air yang masih tinggi. Faktor-faktor yang memengaruhi sifat-sifat tersebut diantaranya adalah jenis dan komposisi pati dan serat, kondisi operasi (suhu dan lama pencetakan), berat adonan biofoam, serta penambahan polimer sintesis seperti PVA. Menurut Averous dkk. (2001), penambahan serat selulosa hingga 15% dapat meningkatkan ketahanan terhadap air sekaligus meningkatkan kekuatan tariknya. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian (Iriani, 2013) yang menyatakan bahwa penambahan serat dapat meningkatkan sifat mekanik dari biokomposit. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh penambahan PVA dan serat kulit kopi penambahan serat kulit kopi untuk pembuatan biofoam berbahan limbah kulit singkong agar memiliki sifat mekanik tinggi dan daya serap air rendah serta cepat terurai di lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan adalah kulit singkong, kulit kopi, PVA, NaOH, dan H₂O₂. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas beker, pipet volum, neraca analitik, pH universal, Oven, dan *hammer mill*. Penelitian ini dikategorikan penelitian eksperimental dengan menggunakan analisa deskriptif dengan 3 kali ulangan. Penelitian telah dilakukan pada tahun 2019 di Laboratorium Terpadu Poltekkes Tanjungkarang. Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari kulit kopi dan singkong yang diperoleh dari daerah Pesawaran, Lampung. Subjek penelitian ini adalah persentase penambahan serat kulit kopi yang dibuat dalam 5 variasi konsentrasi (0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%) serta 3 variasi konsentrasi plasticizer PVA (10%, 15%, dan 20%) yang ditambahkan ke dalam adonan biofoam berbasis pati kulit singkong. Karakteristik dari biofoam yang dihasilkan dari masing-masing formulasi dianalisis dengan uji daya serap air, uji kuat tarik, dan uji *biodegradability*.

Pati kulit singkong sebagai bahan dasar yang digunakan pada pembuatan biofoam diperoleh melalui proses ekstraksi dari kulit singkong. Kulit singkong yang berasal limbah industri keripik singkong dikupas bagian kulit coklatnya, dicuci bersih dengan air mengalir lalu direndam selama 3x15 menit untuk menghilangkan sianida. Kulit singkong yang diperoleh dari daerah Pesawaran, Lampung, diblender bersama dengan air hingga halus kemudian diperas dan disaring menggunakan kain mori untuk memisahkan ampasnya. Endapan yang diperoleh adalah ekstrak pati yang diinginkan.

Selulosa dari kulit kopi digunakan sebagai bahan tambah isian pada formula biofoam. Kulit kopi kering dari limbah penggilingan pabrik kopi di daerah Pesawaran, Lampung, dicuci bersih kemudian dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam pada suhu 100°C. Proses delignifikasi dilakukan dengan proses basa, yaitu pelarutan dalam larutan NaOH 10% pada suhu 85°C selama 30 menit. Kulit kopi dipisahkan dari pelarut dan dicuci bersih hingga pH netral lalu dikering dalam oven bersuhu 100°C selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan *bleaching* (pemutihan) dengan merendam kulit kopi dalam larutan H₂O₂ 3%. Larutan diatur pada nilai pH 11 dan selanjutnya dipanaskan pada suhu 90°C selama 90 menit. Selanjutnya kulit kopi dicuci bersih sampai pada pH netral dan kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 24 jam. Kulit kopi kering kemudian digiling menggunakan *hammer mill* hingga lolos ayak 60 mesh (Etikaningrum, 2016). Komposisi pembuatan biofoam disajikan pada Tabel-1 dimana pada setiap variasi dilakukan pengulangan tiga kali.

Pembuatan biofoam diawali dengan mencampurkan PVA dengan air panas suhu 90°C sejumlah ketentuan pada Tabel 1 sambil diaduk cepat agar PVA mengembang sempurna dan menjadi seperti adonan lem. Ke dalam larutan PVA ditambahkan pati, serat, dan Mg stearat sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga homogen. Seberat 50 gram campuran bahan dimasukkan ke dalam mesin pencetak biofoam thermopress berbentuk mangkok dengan diameter 16 cm tinggi 3 cm. Kondisi operasi suhu 150°C selama 3 menit. Biofoam didinginkan minimal selama 24 jam sebelum dilakukan uji karakteristik.

Uji daya serap air dilakukan dengan memotong biofoam ukuran 5 x 5 cm dan dipanaskan di dalam selama 24 jam pada suhu 80°C. Dilakukan penimbangan pada sampel lalu dicelupkan selama 1 menit ke dalam air dan sisa air yang masih menempel pada permukaan dikeringkan menggunakan tisu. Selanjutnya dilakukan penimbangan kembali terhadap sampel dan kemudian dihitung pertambahan berat sampel (Iriani, 2013).

$$\text{Daya serap air (\%)} = \frac{\text{berat sampel setelah dicelupkan} - \text{berat sampel awal}}{\text{berat sampel awa}} \times 100\% \quad (1)$$

Uji tarik dilakukan dengan memotong sampel 1 x 7 cm kemudian disimpan pada suhu ruang dengan kelembaban relatif standar (23°C, 52%) selama kurang lebih 24 jam. Pengujian dilakukan dengan cara menjepit kedua ujung sampel dengan mesin penguji. Selanjutnya dilakukan penarikan sampel hingga putus, kemudian dicatat gaya tarik maksimum (F) serta panjang setelah putus. Ketahanan Tarik dihitung dengan persamaan (2) (Kaisangri, dkk. 2012).

$$\text{Ketahanan tarik (N/mm}^2\text{)} = \frac{\text{Gaya Maksimal (F)}}{\text{Luas permukaan (A)}} \quad (2)$$

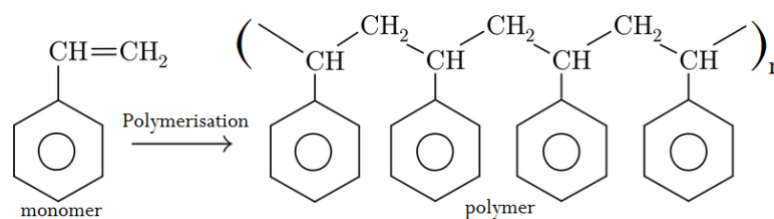
Tabel-1 Komposisi pembuatan biofoam

Penambahan serat Dalam campuran pati serat	Berat adonan padat 50 gram				Air (mL)
	Pati (gram)	Serat (gram)	PVA (gram)	Mg Stearat (gram)	
Perbandingan PVA dan Mg Stearat 10%: 5%					
0%	42,5	0	5	2,5	40
5%	40,375	2,125	5	2,5	40
10%	38,25	4,25	5	2,5	40
15%	36,125	6,375	5	2,5	40
0%	42,5	0	5	2,5	40
Perbandingan PVA dan Mg Stearat 15%: 5%					
0%	40	0	7,5	2,5	80
5%	38	2	7,5	2,5	80
10%	36	4	7,5	2,5	80
15%	34	6	7,5	2,5	80
20%	32	8	7,5	2,5	80
Perbandingan PVA dan Mg Stearat 20%: 5%					
0%	37,5	0	10	2,5	80
5%	35,625	1,875	7,5	2,5	80
10%	33,75	3,75	7,5	2,5	80
15%	31,875	5,625	7,5	2,5	80
20%	30	7,5	7,5	2,5	80

Sampel untuk uji *biodegradability* disiapkan dengan memotong bagian dari piring biofoam seukuran 3 cm x 3 cm. Sampel kemudian dipendam di dalam pot berdiameter 10 cm dengan tinggi 15 cm. Didalam pot sudah diisi dengan tanah kompos dari komposter rumah tangga yang sedang aktif. Ke dalam tanah kompos ditambahkan larutan glukosa 30% sebanyak 10 mL sebagai sumber energi bagi mikroorganisme pengurai. Proses penguraian dilakukan secara anaerob pada suhu ruang selama 30 hari. Tingkat *biodegradability* diperoleh dengan menimbang kehilangan berat akibat penguraian biofoam oleh organisme di dalam tanah (Iriani, 2013).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Styrofoam atau polistirena *foam* terbentuk dari 90-95% *polystyrene* dan 5-10% gas seperti n-butana atau n-pentana serta CFC (Freon) sebagai *blowing agent*. Bahan tambahan seperti *dioktil ptalat* (DOP), *butyl hidroksi toluene*, atau *n-butyl stearate* digunakan sebagai *plasticizer agent*. Struktur polimerisasi polistirena disajikan pada Gambar-1.



Gambar-1 Polimerisasi *Styrofoam* (Polistirena) (sumber : Wikimedia)

Hasil uji karakteristik terhadap *biodegradable foam* dari berbagai formulasi diperoleh sebagai berikut :

3.1. Daya serap Air

Hasil uji menunjukkan bahwa pada penggunaan PVA 10% dan 15%, daya serap air menurun signifikan setelah ditambahkan serat. Rata-rata daya serap air pada formulasi biofoam dengan penggunaan PVA 10% tanpa penambahan serat sebesar 44,43% menurun menjadi 29,62% setelah ditambah 5% serat. Rata-rata daya serap air pada formulasi biofoam dengan penggunaan PVA sebesar 15% tanpa penambahan serat sebesar 39,43% menurun menjadi 28,13%.

Sejalan dengan Coniwati dkk. (2018) yang melakukan penambahan serat daun nenas dan ampas tebu, bahwa serat tidak hanya dapat memperbaiki sifat mekanik biofoam namun juga menurunkan daya serap air. Penambahan serat pada biofoam berbasis pati singkong juga menunjukkan penurunan indeks penyerapan air dengan peningkatan kadar serat kertas Kraft (Kaisangsri, dkk. 2012). Hal ini disebabkan karena meningkatnya kandungan serat berpengaruh pada peningkatan kristalinitas dari biofoam yang dihasilkan. Selulosa yang merupakan kandungan utama serat, mempunyai daerah kristalin yang lebih besar dibandingkan pati. Selain itu selulosa juga memiliki struktur mikrofibril yang lebih rapat sehingga dapat menghambat proses penyerapan air (Iriani, 2013).

Tabel-2 menunjukkan bahwa penambahan serat lebih banyak, yaitu 10%, 15%, hingga 20% tidak berpengaruh nyata pada perubahan daya serap air. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Etikaningrum dkk (2016) yang menyatakan bahwa penambahan konsentrasi serat TKKS yang lebih tinggi tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan daya serap air.

Tabel -2. Uji Daya Serap Air

Serat	Daya Serap Air (%)		
	PVA 10%	PVA 15%	PVA 20%
0%	44,43 ±4,49	39,43±5,67	55,30±1,91
5%	29,62±4,52	28,13±1,81	60,68±6,64
10%	27,62±5,46	27,88±1,41	65,76±3,34
15%	30,02±4,22	28,87±4,71	38,65±4,73
20%	32,48±2,64	32,57±1,31	53,17±7,30

Pada jumlah penambahan serat yang sama, penggunaan PVA sebesar 10% dan 15 % tidak memperlihatkan adanya perbedaan daya serap terhadap air yang signifikan. Pada sampel dengan komposisi PVA 20% terjadi kenaikan daya serap air yang besar dari 2 kelompok sebelumnya tanpa ataupun dengan penambahan serat, yaitu mencapai 65,76% pada penambahan serat 10%. Hal ini disebabkan karena PVA juga bersifat hidrofil sehingga air yang terpapar pada biofoam tidak hanya terikat pada pati tapi juga pada PVA. Selain itu penambahan PVA yang semakin banyak juga menandakan banyaknya air yang digunakan dalam formula adonan biofoam. Hal ini disebabkan karena penambahan PVA membutuhkan penambahan air pula untuk melarutkannya agar dapat tercampur homogen dalam formula adonan biofoam.

Fungsi air di dalam adonan *biofoam* adalah sebagai *blowing agent* untuk meningkatkan renggangan pada adonan *biofoam* sehingga dapat dihasilkan struktur berongga. Apabila adonan terlalu encer akan mengakibatkan renggangan yang berlebihan sehingga secara morfologis struktur *biofoam* akan mempunyai dinding yang tipis dan lebih berongga (Rahmatunnisa, 2016). Banyaknya rongga pada struktur biofoam menunjukkan bahwa porositasnya semakin tinggi sehingga menyebabkan tingginya daya serap air.

Formulasi terbaik yang menghasilkan daya serap air terendah adalah formulai dengan penambahan 10% serat 10% PVA yaitu sebesar 27,62% serta formulasi 10% serat 15% PVA, yaitu sebesar 27,88%. penelitian-penelitian sebelumnya yang juga menggunakan pati singkong dimana penambahan serat dapat menurunkan daya serap air hingga dibawah angka 10%. Hal ini disebabkan karena masing-masing selulosa memiliki jenis ikatan yang berbeda. Beberapa penelitian lain menggunakan serat yang ikatannya telah dimodifikasi sehingga dapat meningkatkan sifat fungsional biofoam.

3.2. Kuat Tarik

Tabel-3 menunjukkan bahwa pada formulasi tanpa penambahan serat (serat 0%) memiliki kuat tarik yang rendah. Meningkatnya kuat tarik dipengaruhi oleh bertambahnya konsentrasi PVA yang digunakan. Hal ini terjadi karena PVA memiliki sifat plastis sehingga mampu menahan daya tarik yang lebih besar. Adanya gugus

hidroksil yang dimiliki oleh PVA yang akan menghasilkan komposit yang kuat karena akan membentuk ikatan hidrogen ketika dicampurkan dengan pati sehingga sinergi antara pati-PVA. Semakin banyak ikatan hidrogen maka ikatan kimia pada komposit akan semakin kuat dan dibutuhkan energi yang lebih besar sehingga dapat memutuskan ikatan tersebut (Nurfitasari, 2018)

Penambahan serat untuk bahan pengisi pada formula biofoam secara teoritis akan meningkatkan nilai kuat tarik (Coniwati dkk, 2018). Hasil yang sama diperoleh pada kelompok PVA 15% dimana peningkatan nilai kuat tarik seiring dengan penambahan serat hingga 20%. Nilai kuat tarik terbaik diperoleh pada formula PVA 15% dan serat 15% yaitu 2,71 N/mm² serta formulasi PVA 15% dan serat 20% yaitu 2,70 N/mm².

Nilai kuat tarik yang fluktuatif pada penambahan PVA 10% dan 20% kemungkinan disebabkan karena distribusi antar komponen penyusun formula biofoam yang tidak merata. Distribusi antar komponen ini dipengaruhi oleh teknik pencampuran adonan, lamanya pengadukan, serta adanya tambahan compatibilizer (Iriani, 2013). Akan tetapi secara umum masih dapat terlihat bahwa penambahan serat akan meningkatkan nilai kuat tarik.

Dalam penelitian ini distribusi antar komponen yang tidak merata dapat diamati secara fisik pada produk biofoam yang dihasilkan. Serat kulit kopi yang dicampurkan cenderung menyebar ke arah pada saat pati mengalami *blowing* dalam termopressing mesin. Serat yang menyebar ke sisi luar adalah serat yang memiliki ukuran partikel yang lebih besar. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa ukuran serat yang lolos ayak 60 mesh masih belum cukup halus sehingga tidak dapat membentuk campuran yang kompak dengan bahan dasar pati, PVA dan Mg stearat.

Tabel-3. Uji Kuat Tarik

Serat	Kuat Tarik (N/mm ²)		
	PVA 10%	PVA 15%	PVA 20%
0%	0,86 ±0,06	1,00 ±0,60	1,86 ±0,87
5%	1,34 ±0,65	1,97 ±0,89	1,60 ±0,47
10%	2,30 ±1,46	2,16 ±1,23	1,74 ±0,70
15%	1,62 ±0,63	2,70 ±0,99	2,13 ±0,95
20%	2,28 ±0,90	2,71 ±0,62	1,98 ±1,46

3.3. Biodegradability

Hasil uji biodegradability menggunakan bakteri dari komposter rumah tangga secara anaerob menunjukkan bahwa penambahan PVA menurunkan tingkat biodegradability biofoam. Hal ini sejalan dengan Iriani (2013) yang menggunakan metode penguraian dengan menggunakan kapang *Aspergillus niger* bahwa PVA sedikit menurunkan daya urai biodegradable foam. Hal ini terjadi karena meskipun PVA bersifat biodegradable, akan tetapi PVA adalah polimer sintetik yang dihasilkan dari minyak bumi.

Tabel-4. Uji Biodegradability

Serat	Biodegradability (%)		
	PVA 10%	PVA 15%	PVA 20%
0%	90,86±12,93	89,72±14,54	90,38±13,61
5%	100±0	94,22±8,18	90,96±12,78
10%	100±0	83,48±11,69	87,96±17,03
15%	92,53±10,57	93,66±8,96	83,94±22,71
20%	93,02±9,87	78,04±15,96	74,23±18,24

Menurut Coniwati dkk (2018) menyebutkan bahwa penambahan serat akan meningkatkan daya urai dari biodegradable foam. Akan tetapi pada penelitian ini diperoleh hasil yang fluktuatif untuk semua variasi penambahan serat. Serupa dengan hasil uji kuat tarik, hal ini kemungkinan terjadi sebagai akibat dari tidak meratanya distribusi antar komponen pada saat pembuatan biofoam.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi PVA 10% dengan konsentrasi serat 5% dan 10% menunjukkan persentase penguraian 100% selama 30 hari. Persentase biodegradability terendah diperoleh pada

formulasi PVA 20% dan serat 20%, yaitu sebesar 74,23%. Berdasarkan standar Internasional (ASTM 5336) dibutuhkan waktu 60 hari agar film plastik PLA dari Jepang dan PCL dari Inggris dapat terdegradasi (biodegradasi) secara keseluruhan (100%) (Hendrawati dkk, 2015). Dengan meningkatnya daya urai menunjukkan bahwa penambahan serat selain berfungsi meningkatkan sifat mekanis juga berkontribusi besar pada kelestarian lingkungan mengingat sifatnya yang tidak mengandung bahan berbahaya, mudah didaur ulang serta murah. Menurut Lestari (2013) terdapat banyak mikroorganisme pengurai serat lignoselulosa di alam, baik yang berasal dari golongan bakteri seperti *Streptomyces* sp. maupun golongan kapang *Actinomycetes*. Hal ini menjadi alasan mengapa biofoam dengan kandungan serat tinggi lebih mudah terurai secara alami di alam.

3.4. Optimasi dengan *Response Surface Method*

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan data menggunakan *Response Surface method* (RSM), merupakan teknik pengolahan data untuk menentukan titik optimum dari penelitian. Hasil optimasi desain eksperimen dari penelitian ini diolah menggunakan program minitab 17. Untuk menghasilkan titik optimum dengan menggunakan RSM, sebuah penelitian setidaknya harus memiliki dua variabel bebas dan satu variabel terikat. Pada penelitian ini variabel bebas 1 disimbolkan dengan X1 yang merupakan konsentrasi serat. Variabel bebas 2 disimbolkan dengan X2 yang merupakan konsentrasi PVA. Pada setiap variabel bebas masing-masing harus memiliki tiga titik variasi yaitu batas minimum yang dikodekan dengan simbol (-1), titik tengah yang dikodekan dengan dengan simbol (0), dan batas maksimum yang dikodekan dengan simbol (+1) seperti yang disajikan pada Tabel-5, dimana desain eksperimennya berjumlah 9.

Tabel-5. Kode interval

Variabel	Batas minimum (-)	Titik tengah (0)	Batas maksimum (+)
X1	0.05	0.15	0.20
X2	0.10	0.15	0.20

Keterangan:

X1 : Variabel bebas 1

X2 : Variabel bebas 2

3.4.1. Uji Kuat Tarik Biofoam

Hasil uji kuat tarik sampel untuk variabel terikat disimbolkan dengan Y. Hasil optimasi yang dilakukan dengan menggunakan minitab 17 diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$Y = -4.81 + 11.80 X1 + 81.6 X2 - 11.5 X1 * X1 - 253.8 X2 * X2 - 28.8 X1 * X2 \quad (3)$$

Tabel-6. Desain eksperimen *response surface method*
 (respons kuat tarik)

X1	X2	Y
0.05	0.10	1.3366
0.05	0.15	1.9660
0.05	0.20	1.6037
0.15	0.10	1.6244
0.15	0.15	2.7027
0.15	0.20	2.1309
0.20	0.10	2.2795
0.20	0.15	2.7131
0.20	0.20	1.9819

Keterangan:

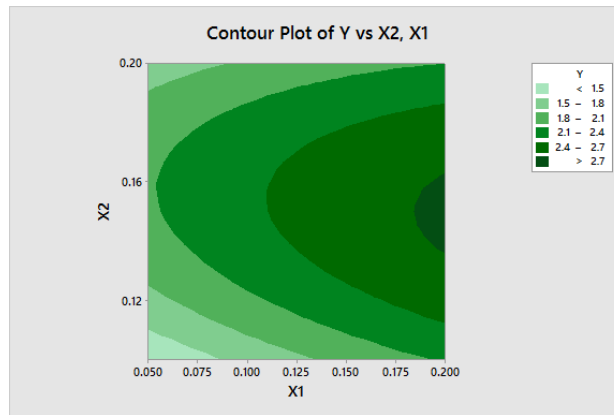
X1 : Konsentrasi Serat

X2 : Konsentrasi PVA

Y : Hasil kuat tarik

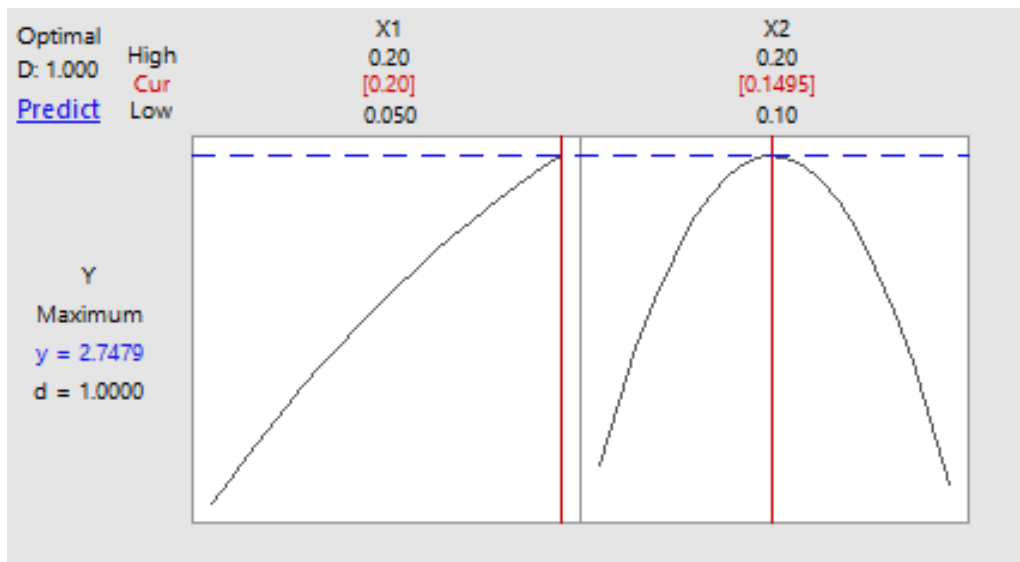
Nilai R^2 sebesar 91,9%, dimana nilai ini menunjukkan bahwa keragaman data kuat tarik sampel dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi serat dan konsentrasi PVA. Desain eksperimen *response surface method* untuk mengetahui kondisi optimum pengaruh serat dan PVA terhadap kuat tarik disajikan pada Tabel-6.

Berdasarkan *contour plot respon* permukaan yang disajikan pada Gambar-1. dapat dinyatakan bahwa *stationary point* dari hubungan antara variabel X_1 dan X_2 terhadap Y (response) adalah pada kisaran 0,2 (20%) untuk variabel X_1 dan untuk variabel X_2 pada kisaran 0,14 (14%).



Gambar-1. *Contour Plot* hubungan antara variabel terikat (Y) dengan variabel bebas (X_1) dan (X_2) pada response kuat tarik

Untuk lebih mengakurasi penentuan titik optimum pada penelitian ini (pada response kuat tarik) maka dapat dilihat pada data *response optimizer*. Berdasarkan Gambar-2. diketahui bahwa X_1 (konsentrasi serat) optimum pada konsentrasi 0,2 (20%). Variabel X_2 (konsentrasi PVA) optimum pada konsentrasi 0,1495 (14,95%). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentersasi serat dan PVA berpengaruh terhadap peningkatan kuat tarik sampel foam pada penelitian ini.



Gambar-2. *Response optimizer* pada *response* kuat tarik

3.4.2. Uji Daya Serap Air Biofoam

Response kedua dari penelitian ini adalah pengaruh daya serap air sampel biofoam. Variabel bebas pada *response* daya serap air sama dengan variabel bebas pada respons kuat tarik yaitu X_1 adalah konsentrasi serat dan X_2 adalah konsentrasi PVA. Desain eksperimen berjumlah 9 data yang ditunjukkan pada Tabel-6.

Tabel-6. Desain eksperimen *response surface method*
 (*respons* daya serap air)

X1	X2	Y
0.05	0.10	29.62
0.05	0.15	28.13
0.05	0.20	60.68
0.15	0.10	30.02
0.15	0.15	28.87
0.15	0.20	38.65
0.20	0.10	32.48
0.20	0.15	32.57
0.20	0.20	53.17

Keterangan:

X1 : Konsentrasi Serat

X2 : Konsentrasi PVA

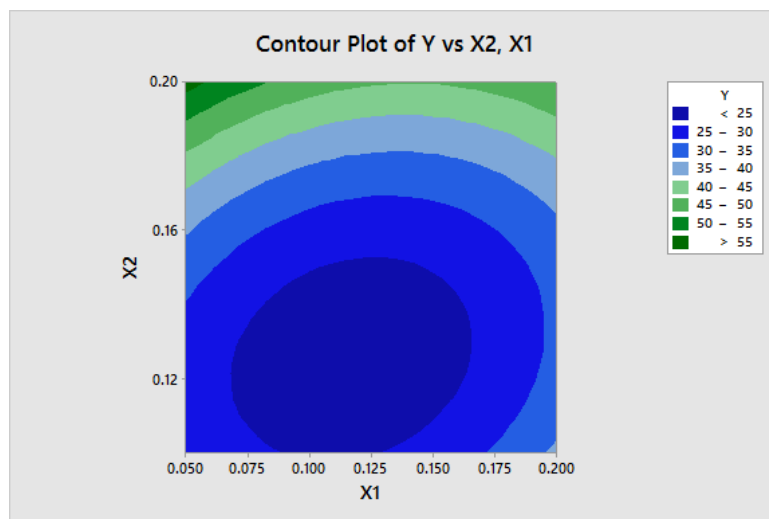
Y : Daya serap air

Hasil optimasi yang dilakukan dengan menggunakan minitab 17 diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$Y = 95.8 - 209 X1 - 987 X2 + 1383 X1*X1 + 4365 X2*X2 - 913 X1*X2 \quad (4)$$

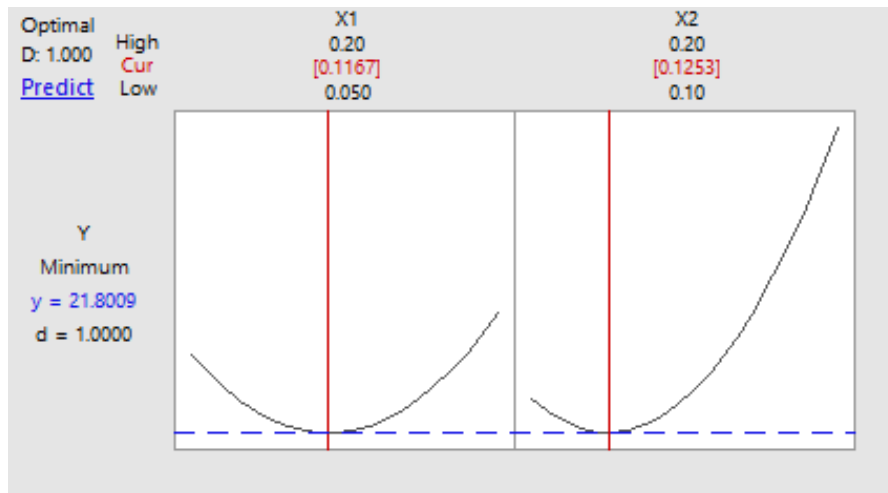
Nilai R^2 sebesar 89,1%, dimana nilai ini menunjukkan bahwa keragaman data daya serap air pada sampel dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi serat dan konsentrasi PVA. Sedangkan 10,9% sisanya dapat dijelaskan oleh variabel lain yang tidak masuk dalam model.

Berdasarkan *contour plot response* permukaan yang disajikan pada Gambar-3. dapat dinyatakan bahwa *stationary point* dari hubungan antara variabel X1 dan X2 terhadap Y (*reponse*) adalah pada kisaran 0,1 (10%) untuk variabel X1 dan untuk variabel X2 pada kisaran 0,12 (12%).



Gambar-3. Countour Plot hubungan antara varibel terikat (Y) dengan variabel bebas (X1) dan (X2) pada response daya serap air

Untuk lebih mengakurasikan penentuan titik optimum pada *response* daya serap air maka dapat dilihat pada data *response optimizer*. Berdasarkan Gambar-4 diketahui bahwa X1 (konsentrasi serat) optimum pada konsentrasi 0,1167 (11.67%). Variabel X2 (konsentrasi PVA) optimum pada konsentrasi 0,1253 (12,53%). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsententrasi serat dan PVA berpengaruh menurunkan daya serap air sampel *foam* pada penelitian ini.



Gambar-4. Response Optimizer pada response daya serap air

3.4.3. Uji Biodegradability Biofoam

Response ketiga dari penelitian ini adalah pengaruh *biodegradability* sampel biofoam. Variabel bebas pada *response* yaitu X1 adalah konsentrasi serat dan X2 adalah konsentrasi PVA sama dengan variabel bebas pada *response* kuat tarik dan response daya serap air. Desain eksperimen adanya pengaruh komposisi serat dan PVA terhadap *biodegradability* ditunjukkan pada Tabel-7.

Tabel-7. Desain eksperimen *response surface method* (*respons biodegradability*)

X1	X2	Y
0.05	0.10	100.00
0.05	0.15	94.22
0.05	0.20	90.96
0.15	0.10	92.53
0.15	0.15	93.66
0.15	0.20	83.94
0.20	0.10	93.02
0.20	0.15	78.04
0.20	0.20	74.24

Keterangan:

X1 : Konsentrasi Serat

X2 : Konsentrasi PVA

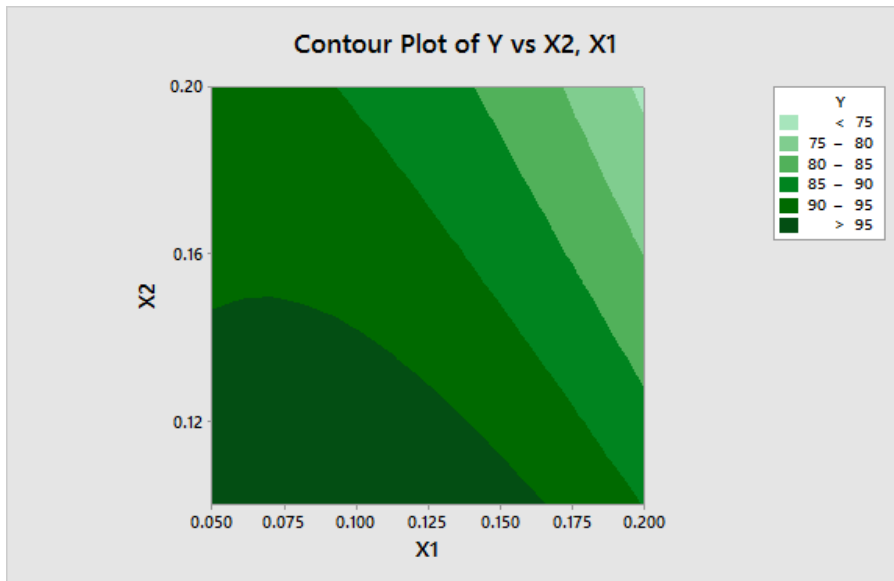
Y : Biodegradability

Hasil optimasi yang dilakukan dengan menggunakan minitab 17 diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$Y = 103.0 + 186 X1 - 105 X2 - 769 X1 * X1 + 190 X2 * X2 - 550 X1 * X2 \quad (5)$$

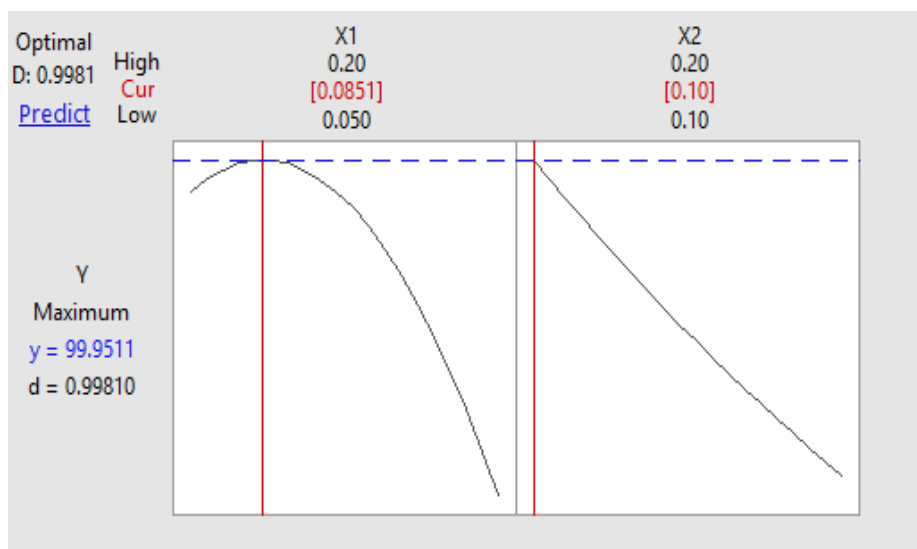
Nilai R^2 sebesar 90,01%, dimana nilai ini menunjukkan bahwa keragaman data biodegradability sampel dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi serat dan konsentrasi PVA. Sedangkan 9,89% sisanya dapat dijelaskan oleh variabel lain yang tidak masuk dalam model.

Berdasarkan *contour plot response* permukaan yang disajikan pada Gambar-5 dapat dinyatakan bahwa *stationary point* dari hubungan antara variabel X1 dan X2 terhadap Y (reponse) adalah pada kisaran 0,08 (8%) untuk variabel X1 dan untuk variabel X2 pada kisaran 0,1 (10%).



Gambar-5. Countour Plot hubungan antara variabel terikat (Y) dengan variabel bebas (X1) dan (X2) pada *response biodegradability*

Untuk lebih mengakurasikan penentuan titik optimum pada *response* daya serap air maka dapat dilihat pada data *response optimizer*. Berdasarkan Gambar-6 diketahui bahwa X1 (konsentrasi serat) optimum pada konsentrasi 0,0851 (8,51%). Variabel X2 (konsentrasi PVA) optimum pada konsentrasi 0,10 (10%). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentersasi serat dan PVA dapat meningkatkan sifat *biodegradability* sampel foam.



Gambar-6. Response Optimizer pada *response biodegradability*

4. KESIMPULAN

Daya serap air dari biofoam akan berkurang dengan penambahan serat 5%, sedangkan penambahan serat lebih banyak tidak berpengaruh signifikan. Daya serap air dari biofoam tidak berpengaruh signifikan dengan penambahan PVA sampai dengan 10% akan tetapi pada penambahan PVA 20% terjadi peningkatan daya serap air yang besar. Kuat tarik dari biofoam tanpa penambahan serat akan meningkat dengan penambahan PVA hingga 15%. Dengan adanya penambahan serat, kuat tarik biofoam akan meningkat pada penambahan PVA hingga 10%. Daya urai biofoam menurun dengan penambahan PVA, sedangkan penambahan serat tidak

berpengaruh signifikan terhadap daya urai biofoam. Karakteristik biofoam terbaik diperoleh pada formulasi biofoam dengan penambahan 15% serat dan 15% PVA, yaitu daya serap air sebesar 28,87%, kuat tarik sebesar 2,70 N/mm² dan daya urai sebesar 93,66% selama 30 hari.

SARAN

Dari hasil penelitian ini diperlukan beberapa perbaikan ke depan untuk memperbaiki kualitas biofoam yaitu perlu dipelajari lebih lanjut teknik pencampuran komponen yang baik sehingga semua komponen dalam adonan terdistribusi merata (homogen). Untuk mengurangi daya serap air maka perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai bahan atau teknik yang dapat mengurangi daya serap air biofoam. Selain itu perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mempelajari kinetika reaksi penguraian biofoam sehingga diperoleh waktu penguraian tercepat dari biofoam yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Benezet JC, Davidovic AS, Bergeret A, Ferry L, Crespy A. 2011. Mechanical and physical properties of expanded starch, reinforced by natural fibres. *Ind Crops Prod.* 37 (1): 435-440.
- Coniwati, P, Mu'in R, Saputra HW, Robinsyah MA. 2018. *Pengaruh Konsentrasi Naoh Serta Rasio Serat Daun Nanas Dan Ampas Tebu Pada Pembuatan Biofoam.* Jurnal Teknik Kimia No. 1, Vol. 24
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017 (Kopi).* Jakarta
- Etikaningrum. 2017. *Pengembangan Berbagai Modifikasi Serat Tandan Kosong Sawit Pada Pembuatan Biofoam.* Tesis. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Iriani., Evi S., 2013. *Pengembangan Produk Biodegradable Foam Berbahan Baku Campuran Tapioka dan Ampok.* Tesis. Bogor: Fakultas Teknik Kimia, Institut Pertanian Bogor,.
- Jambeck J. R., Geyer R., Wilcox C., Siegler T. R., Perryman M., Andrady A., Narayan R., & law K. L. 2015. *Plastic waste inputs from land into the ocean.* Science. vol 347 Issue 6223
- Kaisangsri, N., Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N. (2012) 'Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan', *Industrial Crops and Products*, 37(1), pp. 542–546.
- Lestari, Erviani. 2013. *Potensi jamur pelapuk kayu isolat lokal makassar dalam mendekomposisi komponen lignoselulosa jerami padi oryza sativa l.* Skripsi. Makasar : Jurusan Biologi Universitas Hasanudin.
- Nurfitasari., Irma., 2018. *Pengaruh penambahan Kitosan dan Gelatin Terhadap Kualitas Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati dan Biji Nangka (Artocharpos heterophyllus).* Skripsi. Makasar : UIN Alaudin Makasar.
- Pratiwi, Putri. 2014. *Variasi Konsentrasi Gliserin Dari Minyak Jelantah Dalam Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Baku Kulit Singkong.* Other Thesis. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Saleh E. R.M., & Rodianawati, I. 2014. *Penentuan kondisi terbaik pembuatan biofoam dari limbah pertanian lokal Maluku Utara.* Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah: Jakarta
- Ratnasari E. 2014. *Pencirian Bioplastik tepung singkong dengan penambahan natrium alginate, selulosa dan limonene.* skripsi. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB